

การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และสังคม



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

กรกฎาคม 2561

การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และสังคม



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

กรกฎาคม 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และสังคม



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
กรกฎาคม 2561

จันทร์แสง ประเสริฐศรี. (2561). การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และสังคม. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
อาจารย์ที่ปรึกษาปรินูญานิพนธ์ : อาจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค.

การวิจัยครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) เปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ
สังคม ก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชบพิธ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 ภาคเรียนที่ 2
ปีการศึกษา 2560 จำนวน 67 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 35 คน และกลุ่มควบคุม 32 คน ซึ่งได้มาจากการ
สุ่มแบบสองขั้นตอน ใช้ระยะเวลาในการทดลองจำนวน 5 สัปดาห์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบ
ผสมผสานแบบรองรับภายใน รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก ดำเนินการ
เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
ได้แก่ แบบสังเกต ใบงาน และแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20
- .88 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .20 - .60 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ .910
วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยายและการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม ผล การวิจัย
พบว่า 1) คะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนทั้งในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทาง
วิทยาศาสตร์รายด้านของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
ระดับ .05 2) คะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนทั้งในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทาง
วิทยาศาสตร์รายด้านของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบ
เสาะหาความรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของ
นักเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีพฤติกรรมการเรียนรู้ดีกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC LITERACY AMONG MATHYOMSUKSA SIX STUDENTS
USING INQUIRY - BASED LEARNING INTEGRATED WITH SCIENCE, TECHNOLOGY
AND SOCIETY APPROACH



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Research and Development on Human Potential
at Srinakharinwirot University
July 2018

Janseang Prasertsri. (2018). *Development of Scientific Literacy among Mathayomsuksa Six Students Using Inquiry- based Learning Integrated with Science, Technology and Society Approach*. Master's thesis. M.Ed. (Research and Development on Human Potential). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.

Adviser : Dr. Panida Sakuntanak.

The purposes of this research were as follows: 1) to compare the scientific literacy of students who learned using the inquiry-based learning integrated with science, technology and society approach the pre-teaching and post-teaching session; and 2) to compare the scientific literacy post-test scores between students who learned using inquiry-based learning with those acquired through inquiry-based learning integrated with the approach of science, technology and society approach. With regard to the samples, the Grade-12 students (N=67) were divided into two groups between the experimental group (N=35) and the control group (N=32) from Wat Rajabopit School under the supervision of the Secondary Educational Service Area in Office one in the second semester of the 2018 academic year. This study employed a two - stage random sampling. This research took five weeks to collect the data. This research used mixed method, particularly in the One-Phase Embedded Design Experimental Model by Quantitative Dominant. The data was collected using quasi-experimental research and research tools consisting of an observation form, a worksheet and a scientific literacy test ($p = .20 - .88$, $r = .20 - .60$, and reliability = .910) that were used to collect the quantitative data and analyzed by descriptive statistics, Hotelling's T^2 , and MANOVA.

The results revealed that following: 1) the average score on the scientific literacy post-test, classified by scientific competency of students who learned with inquiry-based learning integrated with science, technology and society was higher than the pre-test significance at .05; 2) the average score on scientific literacy post-tests was classified by scientific competency of students who used with inquiry-based learning to integrated science, technology and society at a higher level than students who learned with inquiry-based learning with a significance at .05; 3) the results of the observation of learning behavior, students who learned using the inquiry-based learning to integrate with science, technology and society with their learning behavior at a higher rate than students who learned using inquiry-based learning.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนารัฐวิทย์ศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

หาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

ของ

จันทร์แสง ประเสริฐศรี

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คนบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2561

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ที่ปรึกษา

..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรากร ทรัพย์วิระปกรณ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยเนื่องจากความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษาแนะนำ เสนอแนวคิดและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่มาโดยตลอดในการทำ ปริญญานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์และมีคุณค่ายิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ทรัพย์วิระปกรณ์ อาจารย์ ดร. วิไลลักษณ์ ดังกา เป็นอย่างสูงที่ให้ความกรุณาเป็นประธานและกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ โดยให้ความกรุณาตรวจสอบ ปรับปรุง และให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และผู้วิจัยขอกราบระลึกพระคุณครูอาจารย์ภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษาทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตา ตุลย์เมธากการ และอาจารย์ ดร. รักชนก โคโต ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดีและผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ประภากร เหล่าพาณิชย์ และอาจารย์สายสุณี แก้วเทศ ที่ได้กรุณาเป็นผู้ตรวจสอบ พร้อมทั้งเป็นผู้ช่วยประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ และให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนวัดราชบพิตร และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโทแขนงวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา พี่ๆ น้องๆ ที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกและบูชาพระคุณแต่บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และให้การอบรมสั่งสอนแก่ผู้วิจัยตลอดมา

จันทร์แสง ประเสริฐศรี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมาย	6
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตของการวิจัย	6
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	6
ตัวแปรที่ศึกษา	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
สมมติฐานในการวิจัย	12
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้วิทยาศาสตร์(Scientific Literacy).....	13
ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์	14
ระดับการรู้วิทยาศาสตร์	18
ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์	20
การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์	22
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น	34
ประวัติและความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	34
ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	36
ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	38
ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	43
บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	47
ประเภทของวิธีการสืบเสาะหาความรู้	49
เทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	50
ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม(STS Approach)	54
ประวัติและความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	54
ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	56
ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม..	59
การใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในการจัดการเรียนรู้.....	61
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	62
เทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	69
บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	71
ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	73
การวิจัยเชิงผสมผสานทางการศึกษาแบบแผนรองรับภายใน	76
ความหมายของการวิจัยเชิงผสมผสาน	76
ลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงผสมผสาน	78
การกำหนดสัญลักษณ์	79
ข้อดีและข้อจำกัด	80
แบบแผนเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน	82
หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ .	90
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้วิทยาศาสตร์	96
บทที่	
3 วิธีดำเนินงานวิจัย	101
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	101
แบบแผนการวิจัย	101

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ	103
วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล	114
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	115
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	116
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	116
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	116
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	127
สรุปผล	127
อภิปรายผล	129
ข้อเสนอแนะ	134
บรรณานุกรม	136
ภาคผนวก	144
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ.....	145
ภาคผนวก ข คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	147
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง.....	153
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	179
ประวัติย่อผู้วิจัย	194

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ระดับบริบทสำหรับการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์	25
2 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	27
3 เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์	29
4 แสดงโครงสร้างความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์	31
5 เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิมและการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะ .	42
6 การเปรียบเทียบลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมและการจัดการเรียนรู้ตาม แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	60
7 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น	69
8 แสดงการเปรียบเทียบการสอนแบบ STS approach และการสอนแบบดั้งเดิม	74
9 รูปแบบของการวิจัยเชิงผสมผสาน	78
10 สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดช่วงชั้นและสาระการเรียนรู้แกนกลางรายวิชา ชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	94
11 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง มนุษย์กับ ความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม	95
12 โครงสร้างการกำหนดเนื้อหาและเวลาเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้	104
13 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้	105
14 โครงสร้างแบบทดสอบการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ตามกรอบโครงสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015	109
15 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะ ทางวิทยาศาสตร์รายด้านก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง	117
16 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะ ทางวิทยาศาสตร์รายด้านก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม	118
17 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่าง นักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม	119

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18 การทดสอบความสัมพันธ์ของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง	119
19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายด้านของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ Hotelling's T^2	120
20 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายด้านของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน	121
21 การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายสมรรถนะหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	122
22 การทดสอบความสัมพันธ์ของของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายสมรรถนะหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	123
23 การทดสอบความแปรปรวนของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายสมรรถนะหลังการจัดการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	123
24 ผลการวิเคราะห์คะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายด้านของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สถิติ MANOVA	124
25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item – objective congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์	148
26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item – objective congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์	149
27 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์	151

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	11
2 เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์	15
3 องค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์	24
4 แผนภูมิแสดงสัญลักษณ์การวิจัยแบบรองรับภายใน	81
5 แผนภูมิแสดงแบบแผนรองรับภายใน:รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก	82
6 แผนภูมิแสดงแบบแผนรองรับภายใน : รูปแบบการทดลอง 2 ระยะวิธีการเชิง คุณภาพเป็นหลัก	83
7 แผนภูมิแสดงแบบแผนรองรับภายใน : รูปแบบการทดลอง 2 ระยะวิธีการเชิง ปริมาณเป็นหลัก	85
8 แผนภูมิแสดงแบบแผนรองรับภายใน : รูปแบบสหสัมพันธ์	86
9 แบบแผนการวิจัย แบบสองกลุ่มมีกลุ่มเปรียบเทียบไม่สมมูลวัดก่อนและวัดหลังการ ทดลอง(Pretest-posttest nonequivalent control comparison group design) .	97
10 การวิจัยแบบผสมผสานแบบรองรับภายใน: รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการ เชิงปริมาณเป็นหลัก (One-Phase Embedded Design : Experimental Model By Quantitative Dominant)	98
11 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบSTS และการสืบเสาะหาความรู้ (5Es)	102
12 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์	106

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เป้าหมายการจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ของหลายประเทศในปัจจุบัน คือ การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งรวมถึงการมีความรู้ความสามารถในมิติต่างๆทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความรู้ความสามารถทางสติปัญญา กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553: 61; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. 2556: 2-3) เมื่อโลกมีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น อนาคตของเราที่จะเติบโตขึ้นขึ้นอยู่กับความรู้ในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Nelson. 1999: 14) จะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วขึ้นขึ้นอยู่กับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและกระแสของโลกาภิวัตน์(Lui. 2009: 301)ซึ่งมีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานของการพัฒนาและการแข่งขันเชิงเศรษฐกิจหรือที่เรียกว่าเศรษฐกิจที่ใช้ความรู้เป็นฐาน (Knowledge-base-Economy) (กระทรวงศึกษาธิการ. 2553: 6; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 49) ซึ่งทำให้ประชาชนในทุกวันนี้ได้รับข้อมูลข่าวสารจำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว ข้อมูลบางอย่างไม่มีความน่าเชื่อถือ ข้อมูลบางอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เทียม ดังนั้นประชาชนทุกคนต้องสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับสุขภาพ สิ่งแวดล้อมและความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับสังคม การรู้วิทยาศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญที่ช่วยให้บุคคลตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม (Saribas. 2015: 81)

โลกเรายุคสมัยด้วยผลผลิตจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์จึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นที่แต่ละบุคคลต้องการข้อมูลข่าวสารทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยการตัดสินใจที่จำเป็นเพื่อการบริโภคเป็นประจำ ทุกคนปรารถนาเข้าไปมีส่วนร่วมในการสนทนาอย่างผู้มีปัญญา และสามารถตอบโต้ประเด็นปัญหาที่สืบเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเข้าไปแสวงหาความตื่นตัวและเติมเต็มความปรารถนาจากการเรียนรู้ตลอดจนเสริมสร้างความเข้าใจในธรรมชาติ นอกจากนี้ การรู้วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อสถานประกอบการที่ต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะที่ต้องเตรียมการล่วงหน้ามาอย่างดี ต้องการกำลังคนที่สามารถในการเรียนรู้ สามารถหาเหตุผล มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ รู้จักการตัดสินใจและแก้ปัญหาต่างๆได้ ทำงานเป็นทีม รู้จักใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ เล็งเห็นคุณค่าของการเรียนรู้ตลอดชีวิตเพื่อเพิ่ม

ผลผลิตอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดแรงงานที่มีฝีมือในสังคมประชาธิปไตยนั้น จะต้องเป็นบุคคลที่มีความสามารถเท่าเทียมกัน (มังกร ทองสุขดี. 2544: 9 -10)

จากความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ดังกล่าว ทำให้การจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ได้กำหนดเป้าหมายให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การที่จะไปถึงเป้าหมายดังกล่าว จึงกำหนดให้จุดมุ่งหมาย(Aims) ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ซึ่งนอกเหนือจากให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานวิทยาศาสตร์แล้ว ยังเน้นให้มีทักษะและความรู้ที่สำคัญในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และให้เกิดเจตคติและคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์(Scientific traits) และเข้าใจถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์ต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 11) หลักการที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียึดถือในการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่ต้นนั้น ได้ทำให้สอดคล้องกับปรัชญาวิทยาศาสตร์ที่ว่า “วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของการหาความรู้ (Science as a process of enquiry) การเรียนการสอนจึงเน้นกระบวนการเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทของการหาความรู้โดยตรง (Active role) ตามกระบวนการของวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน ออกแบบการเก็บข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน การสรุป และสร้างแนวคิดหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนได้ซึมซับวิธีการทำงาน และวิธีคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ ปลุกฝังให้นักเรียนเป็นผู้อยากรู้อยากเห็นทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ ในการนี้ผู้เรียนจะได้ทั้งความรู้วิทยาศาสตร์ และความรู้และทักษะในกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ รวมทั้งได้พัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 5)

อย่างไรก็ตาม จากผลการประเมินคุณภาพการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์กลับไม่เป็นที่ไปตามเป้าหมายที่กำหนด จะเห็นได้จากผลการประเมินต่างๆ อาทิ ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทั้งประเทศร้อยละ 33.40 จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และจากผลการทดสอบความถนัดทั่วไป(GAT)และความถนัดทางวิทยาศาสตร์(PAT2) ครั้งที่ 1 ปีการศึกษา 2558 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 131.97 และ 86.72 ครั้งที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 142.72 และ104.72 จากคะแนนเต็ม 300 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่า ร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. 2558: ออนไลน์) นอกจากนี้ ผลการประเมินความสามารถทางวิชาการวิทยาศาสตร์ภายใต้โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assesment หรือ PISA) ซึ่งดำเนินงานโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ(Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมของประชาชนวัย 15 ปี ว่ามีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการ

เปลี่ยนแปลงมาน้อยเพียงไร โดยจะประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ประกอบด้วย การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการ PISA ตั้งแต่การประเมินรอบแรกเมื่อ ปี ค.ศ. 2000 จนกระทั่งครั้งล่าสุด คือ ค.ศ. 2015 ซึ่งเป็นการประเมินรอบที่ 3 ทั้งนี้ OECD ได้ดำเนินการประเมินผลนักเรียนทุกๆ 3 ปี เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลง พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ PISA 2009 ได้คะแนนเฉลี่ย 425 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553: 10) คะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ PISA 2012 ได้คะแนนเฉลี่ย 444 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2556: 18) และมีคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ PISA 2015 ได้คะแนนเฉลี่ย 421 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD แนวโน้มคะแนนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยโดยรวมลดต่ำลง จาก PISA 2012 ถึง PISA 2015 คะแนนวิทยาศาสตร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (23 คะแนน) และคะแนนลดลงจนเท่ากับการประเมินรอบแรก PISA 2006 ที่วิทยาศาสตร์เป็นวิชาหลัก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559: 5-6)

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ พบว่าวิธีการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวถึงกันมากได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม หรือ STS Approach และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมและบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตสอดคล้องกับความมุ่งหวังของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น

การจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยการใช้ทักษะกระบวนการต่างๆ เพื่อสำรวจ ทดลอง ด้วยวิธีการที่หลากหลายเพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสะท้อนลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่เด่นชัดตลอดประวัติศาสตร์ของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์คือการสืบเสาะให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนแบบสืบเสาะมีประโยชน์คือ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาและกระบวนการแสวงหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น เน้นการคิดอย่างมีเหตุผล ผู้เรียนจะเกิด

แรงจูงใจในการแสวงหาความรู้จากภายในมากกว่าจากภายนอก ซึ่งจะทำให้ความรู้และแนวคิดของผู้เรียนมีความคงทนและสามารถถ่ายโยงความรู้ได้ดี นอกจากนี้ผู้เรียนจะสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้ (สุทธิดา จำรัส. 2556: 5-7) นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ศึกษาในปัจจุบันได้ยอมรับว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่ความสำเร็จของการรู้วิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดของการสืบเสาะหาความรู้ เพราะเป็นวิธีการที่มีความสอดคล้องกับวิธีการศึกษาค้นคว้า ศึกษาและเกิดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปสู่ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. 2556: 33) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการการสืบเสาะหาความรู้จัดเป็นการเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้ (Learning Potential) และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ปาริฉัตร พวงมณี. 2550: 23)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวปฏิรูปการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเป็นพลเมืองที่รู้วิทยาศาสตร์และตระหนักถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดนี้มีมุมมองว่าเนื้อหาวิทยาศาสตร์มีมากกว่าแนวคิดที่ต้องการให้นักเรียนสอบผ่าน แต่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง จากการตั้งคำถามที่สนใจในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งใช้ประสบการณ์ของนักเรียนในการนำเข้าสู่บทเรียนและดำเนินกิจกรรม มีการใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ทั้งในโรงเรียนและในท้องถิ่น จัดกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการต่างๆ มีการขยายขอบเขตของการเรียนรู้ออกไปนอกห้องเรียน นอกห้องเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงบทบาทในฐานะพลเมืองของประเทศ (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2558: 94-95) การบูรณาการแนวคิดระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม แม้กระทั่งประเด็นทางสิ่งแวดล้อมกับสังคม มีความหมายต่อการพัฒนาความรู้และนวัตกรรมที่จำเป็น และส่งเสริมให้วิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการผลักดันให้เกิดการสร้างองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ตอบสนองต่อความต้องการของคนในสังคม การเรียนการสอนแบบนี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีลักษณะอันพึงประสงค์ต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 (ประสาธน์ เนื่องเฉลิม. 2558: 212)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการบูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม สามารถส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นักเรียนจะได้เรียนรู้ทั้งทักษะกระบวนการและเนื้อหา ตลอดจนนำความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตประจำวัน แต่ยังขาดการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาสังคม ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ

สังคม เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เชื่อมโยงเนื้อหาความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับชีวิตจริงโดยการนำประเด็นปัญหาในสังคมให้นักเรียนหาวิธีการแก้ไข ซึ่งนักเรียนจะต้องสืบค้นข้อมูล ลงมือปฏิบัติ เก็บรวบรวมข้อมูล และสรุปความรู้ที่ได้ กระบวนการดังกล่าวทำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม สามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตรจริงกับสถานการณ์อื่นนอกเหนือจากบทเรียน สามารถแสดงความคิดเห็นทั้งในทางสนับสนุนและโต้แย้งอย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์

เนื้อหาวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้นักเรียนเรียนเรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม เนื้อหาสอดคล้องกับสถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานทั่วโลกที่กำลังอยู่ในภาวะวิกฤต สิ่งแวดล้อมประสบกับปัญหามลภาวะเป็นพิษ ปัญหาโลกร้อนจากอุณหภูมิสูงขึ้น การสูญเสียโอโซน การทำลายป่าไม้เมืองร้อน ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศที่เป็นผลสืบเนื่องมาตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทั้งจากน้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติเพื่อใช้ในการอุตสาหกรรมและการพัฒนาด้านต่างๆ จนทำให้ชั้นบรรยากาศหนาขึ้น จนเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา ก่อให้เกิดผลกระทบต่อวิถีชีวิตของมนุษย์ และนับวันจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองในสหรัฐอเมริกาและจีน รวมกันเกือบร้อยละ 50 ของประเทศอื่นๆที่ส่งผลกระทบไปทั่วโลก ขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆก็มีการใช้พลังงานไปในทิศทางที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำนองเดียวกัน สภาพพื้นที่ป่าลดลงจากการตัดไม้ทำลายป่า นอกจากนั้น ยังพบภาวะของชุมชนเมืองที่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษทั้งทางน้ำ ทางอากาศ และขยะ สำหรับประเทศไทย บทบาทของการอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่การศึกษาต้องเข้าไปมีบทบาทในการให้ความรู้ และแม้ว่าจะไม่สามารถหยุดยั้งการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมได้ แต่การศึกษาสามารถปลูกฝังและก่อให้เกิดการเรียนรู้ ปกป้อง และพัฒนาสิ่งแวดล้อม ให้มนุษย์สามารถดำรงอยู่ร่วมกันกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีคุณภาพและยั่งยืน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552: 27-29)

จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้มีการศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของการจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

ความสำคัญของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเกิดจากการบูรณาการระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้กับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถใช้เป็นเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบอื่นๆ ที่ส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไป
2. ครูผู้สอนสามารถใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ในหัวข้ออื่นๆ ต่อไป
3. ครู ผู้บริหาร และสถานศึกษา สามารถนำสารสนเทศที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในสาขาอื่นและระดับชั้นอื่นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน คณิตศาสตร์ – วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนวัดราชพิพิธ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 4 ห้องเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 105 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน คณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนวัดราชพิพิธ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งได้โดยการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (two - stage random sampling) แบ่งเป็นกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 5 เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์ – วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนรู้ มี 2 วิธี คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ตัวแปรตาม ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ประกอบด้วยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ในการดำรงชีวิตได้อย่างเหมาะสม และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically)

1.1 การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) หมายถึง ความสามารถในการนำเสนอและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยการเลือกองค์ความรู้และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม สามารถพยากรณ์ และเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้

1.2 การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายและประเมินการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์และเสนอแนวทางในการระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยการระบุประเด็นคำถาม วิธีการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ

1.3 การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ สนับสนุน และได้แย้งด้วยวิธีการที่หลากหลาย และสร้างข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลโดยการแปลความหมายข้อมูล วิเคราะห์ ลงข้อสรุปและข้อสันนิษฐานอย่างเหมาะสมโดยอ้างอิงประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งต่างๆ

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนค้นหาคำตอบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ สืบเสาะหาความรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยดำเนินการสอนตามลำดับขั้นตอนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีขั้นตอนการสอน 5 ขั้น ได้แก่

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) หมายถึง ชี้นำเข้าสู่บทเรียน นักเรียนถูกกระตุ้นด้วยคำถามหรือสถานการณ์ ภาพหรือสื่อดิจิทัล การสาธิต หรือแหล่งเรียนรู้ที่นักเรียนสนใจ จดจ่ออยู่กับสิ่งที่เรียน ว่ามีอะไรบ้างที่รู้แล้ว และสงสัยอยากรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้นอีก ความสงสัยใคร่รู้ของนักเรียนจะหลั่งไหลออกมาเป็นคำถามมากมายที่จะนำไปสู่กิจกรรมลำดับถัดไป

2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่เน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมสำรวจตรวจสอบด้วยกระบวนการต่างๆเพื่อนำไปสู่คำตอบหรือคำอธิบายของคำถามที่สนใจ อยากรู้ ได้แก่ การสังเกต สำรวจ ทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล ประจักษ์พยานที่เกี่ยวข้องอย่างแม่นยำและครบถ้วน

2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลและประจักษ์พยานต่างๆที่รวบรวมได้จากการสำรวจตรวจสอบ ร่วมกันวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ของข้อมูล แปลความหมายและลงข้อสรุป แล้วสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลนั้นด้วยคำพูดของนักเรียน

2.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาคำอธิบายกับความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้อื่นๆเพื่อปรับปรุงคำอธิบายเดิมให้เป็นแนวคิดหลักวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ตามระดับขั้นของนักเรียน

2.5 ขั้นประเมินผล (evaluation) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่ครูจะพยายามท้าทายให้นักเรียนคิดถึงการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆหรือยกตัวอย่างการใช้ความรู้นั้นในชีวิตประจำวัน ในการประกอบอาชีพหรือในกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้ นักเรียนอาจจะมีคำถามใหม่ที่สงสัยอยากรู้เป็นการนำไปสู่การเรียนรู้ในหัวข้อต่อไปอีก อย่างไรก็ตามการประเมินผลควรทำทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ ตลอดกระบวนการตั้งแต่แรก จนถึงขั้นสุดท้ายที่สิ้นสุดบทเรียน

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เริ่มต้นด้วยการนำประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มากำหนดประเด็นปัญหา ตั้งคำถาม หาคำตอบ และวิธีแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายนำความรู้มาอภิปราย ลงความคิดเห็น สรุปและตัดสินใจร่วมกัน โดยดำเนินการสอนตามลำดับขั้นตอนตามรูปแบบของคารริน มีขั้นตอนการสอน 5 ขั้น ได้แก่

3.1 ขั้นสืบค้น (Search) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนระดมสมองช่วยกันเลือกหัวข้อและระบุคำถามที่จะศึกษา จำนวน 1-2 คำถาม โดยหัวข้อหรือคำถามนั้นอาจมาจากหนังสือเรียน การทดลอง การสาธิต กิจกรรม การทัศนศึกษา รายการทีวี เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชุมชนหรือจากแหล่งอื่นๆ

3.2 ขั้นแก้ปัญหา (Solve) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เดิมและดำเนินการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิธีการทางวิจัยเพื่อนำมาสู่การตอบคำถามหรือแก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนสามารถอธิบายทำการทดลอง หรือใช้วิธีการที่มีความสัมพันธ์กัน

3.3 ขั้นสร้างสรรค์ (Create) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล จัดกระทำข้อมูลโดยใช้กราฟรูปแบบต่างๆ หรืออาจใช้แผนภาพ

3.4 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาแก่กลุ่มเพื่อนโดยอาจนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น การบรรยาย การเขียนรายงาน การใช้โปสเตอร์ เพลง วิดีทัศน์ บทกลอน บทประพันธ์อื่นๆ

3.5 ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนนำความรู้หรือผลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือนำเสนอข้อค้นพบแก่ผู้เกี่ยวข้องโดยการเขียนจดหมายถึงบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นเพื่อแก้ไขปัญหาต่อไป

4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมโดยใช้ประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายหรือแก้ปัญหานั้น โดยอาศัยแนวคิดและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ การลงมือปฏิบัติร่วมกันตั้งแต่การกำหนดปัญหา การวางแผน สรุปและตัดสินใจร่วมกัน ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 5 ขั้นตอน ได้แก่

4.1 ขั้นสร้างความสนใจ(engagement) ร่วมกับขั้นสืบค้น (Search) หมายถึง ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนด้วยประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนตั้งคำถาม กำหนดปัญหาจะหาคำตอบร่วมกันจากประเด็นดังกล่าว

4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) ร่วมกับขั้นแก้ปัญห (Solve) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนร่วมกันวางแผนวิธีการหาคำตอบและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดซึ่งอาศัยแนวคิดและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้และรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาอธิบายหรือแก้ปัญหานั้น

4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป(explanation)ร่วมกับขั้นสร้างสรรค์ (Create) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการลงมือปฏิบัติสืบเสาะหาความรู้มาอภิปรายและสรุปร่วมกันเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่หรือนำมาอธิบายปรากฏการณ์หรือวิธีแก้ปัญหานั้นๆ โดยการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ความเรียง ตาราง แผนภูมิ แผนที่ความคิด

4.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration)ร่วมกับขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนได้เชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการสรุปไปยังสถานการณ์อื่นโดยการอธิบายแลกเปลี่ยนความคิด ได้แย้งบนพื้นฐานของข้อมูลและประจักษ์พยานที่มี

4.5 ขั้นประเมินผล (evaluation)ร่วมกับขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) หมายถึง ขั้นตอนการสอนที่นักเรียนนำองค์ความรู้หรือข้อสรุปของกลุ่มไปใช้ในสถานการณ์จริง และสำรวจตรวจสอบผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยการตั้งคำถาม ตรวจสอบงาน ทดสอบ และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ซึ่งหมายถึง ความสามารถของบุคคลในการใช้ความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริง เพื่อทำความเข้าใจและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในสังคม ทั้งในระดับบุคคล สังคม และระดับโลก (สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554: 38) การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์มักยึดกรอบการประเมินของ PISA ซึ่งประเมินจากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (OECD. 2015: 25)

ชวนพิศ คณพัฒน์ (2559: 16) ได้ศึกษาค้นคว้าแนวทางการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งสรุปได้ว่าในการจัดการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์(Scientific Inquiry) และจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ซึ่งสอดคล้องกับ จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2556: 40) ที่กล่าวว่าจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการรู้

วิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาส่วนใหญ่กล่าวถึงได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Approach) และควรจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่กล่าวว่ามนุษย์มีความสามารถในการสร้างความรู้ผ่านการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรเน้นการค้นพบ การสำรวจ และเพิ่มขยายความคิด ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์เป็นพื้นฐานทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง(constructivism)ของไวทกอสกีโดยมีประเด็นสำคัญคือ ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง(construct)ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (cognitive apparatus) ของตน ซึ่งเป็นผลของความพยายามทางความคิด ผู้เรียนจะสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนช่วยปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนโดยการจัดสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุล (ทิสนา แชมณี. 2554: 90)

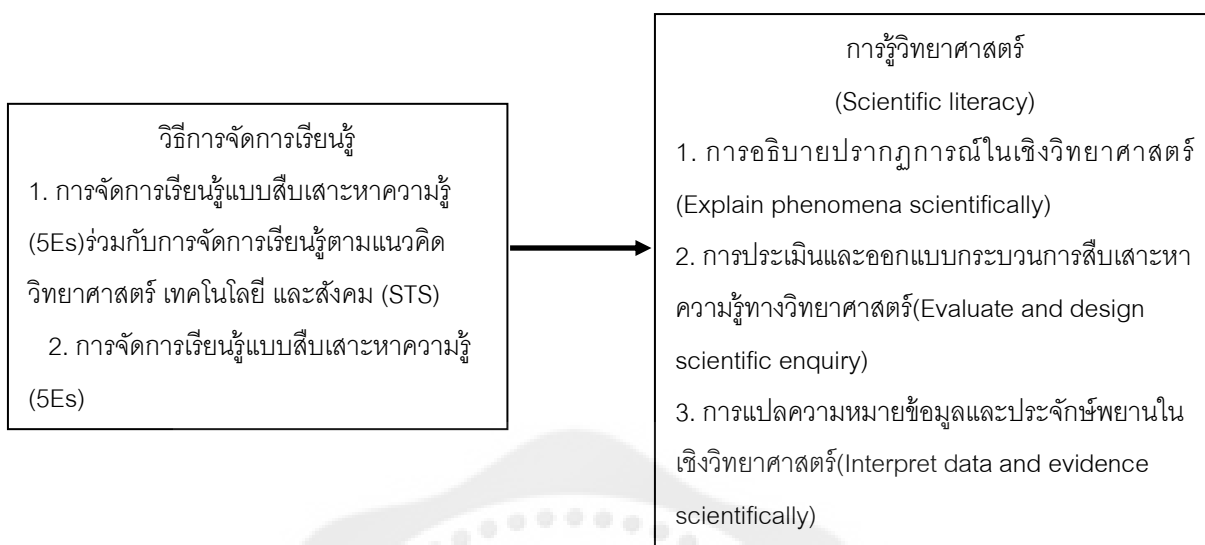
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ล้วนเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ในกระบวนการเรียนการสอนแบบ 5Es นักเรียนจะได้ปฏิบัติตัวเช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหาวิชาและทักษะในการสืบเสาะหาความรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อแก้ปัญหาต่างๆไปซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดเจตคติเชิงบวกต่อวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สุนันทา กองตาพันธุ์. 2556: 120)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมเป็นการขยายรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเน้นความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในกระบวนการเรียนการสอนผู้เรียนได้ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การอภิปราย การประเมินทางเลือก การสรุปร่วมกัน และนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ลักษณะการจัดการเรียนการสอนแบบนี้ช่วยพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (ศิวัะ ปินะสา. 2556: 141-142; นิธิรัตน์ อาโยวงษ์. 2555: 170-174; วรณงาม มาระครอง. 2553: 93-94)

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้บูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม น่าจะส่งผลต่อการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดีกว่าการใช้วิธีการจัดการเรียนรู้เพียงวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัย ดังภาพประกอบ 1

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

- 1.1 ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์
- 1.2 ระดับการรู้วิทยาศาสตร์
- 1.3 ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์
- 1.4 การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (Inquiry Approach)

- 2.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
- 2.2 ความหมายของของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
- 2.3 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
- 2.4 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
- 2.5 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
- 2.6 ประโยชน์ของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
- 2.7 เทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
- 2.8 ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science Technology and Society approach : STS approach)

- 3.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
- 3.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
- 3.3 ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
- 3.4 การใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ในการจัดการเรียนรู้
- 3.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
- 3.6 เทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

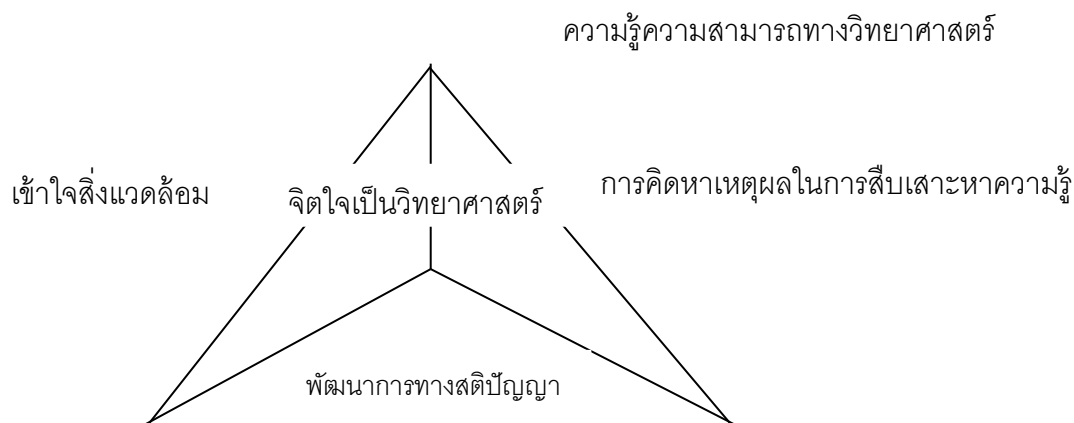
- 3.7 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
- 3.8 ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
- 4. การวิจัยเชิงผสมผสานทางการศึกษาแบบแผนแบบรองรับภายใน(Embedded Design)
 - 4.1 ความหมายของการวิจัยเชิงผสมผสาน
 - 4.2 ลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงผสมผสาน
 - 4.3 การกำหนดสัญลักษณ์ของการวิจัยเชิงผสมผสาน
 - 4.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการวิจัยเชิงผสมผสาน
 - 4.5 แบบแผนเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน(Embedded Design)
- 5. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551
 - สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

ตั้งแต่ครั้งแรกที่มีการใช้คำว่า การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ในช่วงทศวรรษ 1950 นักวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวนมากและผู้กำหนดนโยบายต้องสร้างกรอบแนวคิดใหม่เกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะกำหนดขอบเขตในการให้คำจำกัดความ ซึ่งยังขาดความชัดเจน การรู้วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่เน้นในมาตรฐานของหลักสูตรในหลายๆประเทศและเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาเปรียบเทียบในระดับนานาชาติเกี่ยวกับความสำเร็จของนักเรียน รวมทั้งองค์กรเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจ (OECD) ที่ดำเนินโครงการประเมินผลนักเรียนในระดับนานาชาติหรือ PISA (Dillon. 2009: 201)

1.1 ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

ภพ เลหาไพบุลย์ (2537: 88-90) ใช้คำว่า ความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) และกล่าวว่า ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นผู้ที่มีพัฒนาการทางสติปัญญา มีความเข้าใจในสิ่งแวดล้อม ใช้กระบวนการคิดหาเหตุผลในการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อที่จะเข้าใจสิ่งแวดล้อม มีจิตใจเป็นวิทยาศาสตร์ ลักษณะ 4 ประการนี้มีความสัมพันธ์กันเปรียบเทียบเป็นรูปกรวยสามเหลี่ยม โดยมีลักษณะ 4 ประการนี้อยู่ที่ฐานและด้านทั้งสามเป็นรูปสามเหลี่ยม และความรู้ความสามารถอยู่ตรงยอด ดังภาพที่ 1



ภาพประกอบ 2 เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์

ที่มา: ภพ เลหาไพบูลย์. (2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ หน้า 88.

หากพิจารณาความสัมพันธ์ทั้งสามด้านจะเห็นได้ว่ากระบวนการคิดหาเหตุผลในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นทำให้เข้าใจสิ่งแวดล้อม และผู้มีจิตเป็นวิทยาศาสตร์ย่อมใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การคิดหาเหตุผลเพื่อที่จะทำความเข้าใจสิ่งแวดล้อม

ลัดดาวัลย์ แสงสำลี (2540: 8) ใช้คำว่า การรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and Technological Literacy - STL) และกล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่ได้หมายถึงเพียงแค่การสะสมองค์ความรู้ แต่ยังหมายถึงการมีทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนทั้งความสามารถในการประยุกต์ใช้สิ่งเหล่านี้ให้เป็นประโยชน์ในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ณัฐติยาภรณ์ หยกอุบล (2550: 198) ใช้คำว่า ความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) และกล่าวว่า ความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเป็นผู้มีสติปัญญาดี มีคุณค่า มีเจตคติ และมีทักษะในการสืบเสาะหาความรู้

กิตติภูมิ มีประดิษฐ์ (2550: 18) ได้ใช้คำว่า ความแตกฉานทางวิทยาศาสตร์ และให้ความหมายของความแตกฉานทางวิทยาศาสตร์ว่า ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาต่างๆ อย่างชัดเจน โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสามารถตัดสินใจอย่างเฉลียวฉลาดในการอธิบายสิ่งนั้น บุคคลที่มีความแตกฉานทางวิทยาศาสตร์คือบุคคลที่มีภูมิปัญญา ค่านิยม เจตคติและทักษะในการสืบเสาะ เพื่อสร้างเสริมพัฒนาการของตนเองในฐานะที่เป็นมนุษย์ที่มีเหตุผลหรือสัตว์ประเสริฐ

วิไลวรรณ แสนพาน (2554: 182) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) หมายถึง การรู้กระบวนการ (Process) การรู้แนวคิดและเนื้อหาสาระ (Concept and Content) และรู้จักใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะสามารถเข้าใจเรื่องราวที่เกิดขึ้นในสังคมในสื่อมวลชน และตัดสินใจประเด็นของโลกที่เกี่ยวข้องกับตัวเองทั้งในปัจจุบันและอนาคต

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2555: 7) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) หมายถึง ความสามารถของบุคคล ในการสะท้อนความสามารถในการเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เข้ากับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการสร้างวาทกรรมที่มีเหตุผลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งจำเป็นต้องใช้สมรรถนะและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในบริบทของโรคและสุขภาพ ทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพทางสิ่งแวดล้อม พืชภัย และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีล้ำยุค

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 405) ได้ให้ความหมายการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลัก หลักการพื้นฐานและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตและสื่อสารสู่ผู้อื่น

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2556: 20) ได้สรุปความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์และลักษณะของบุคคลที่แสดงออกถึงการรู้วิทยาศาสตร์ไว้เป็นกรอบกว้างๆ ได้ 6 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความเข้าใจความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
2. ด้านความเข้าใจกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบและข้อจำกัดต่างๆของวิทยาศาสตร์ และการมีทักษะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. ความสามารถในการใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำเนินชีวิตและตัดสินใจประเด็นของสังคม
4. ด้านความเข้าใจเกี่ยวกับสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ กับส่วนอื่นๆได้แก่ เทคโนโลยี สังคม สิ่งแวดล้อม และความเป็นมนุษย์ ซึ่งมีความเข้าใจถึงผลกระทบที่มีต่อกันและกัน
5. ด้านจิตวิญญาณและความเป็นวิทยาศาสตร์ เช่น เจตคติ ค่านิยม จิตวิทยาศาสตร์ และจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์
6. ด้านกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ต่างๆที่มีในสังคม

นันทวัน นันทวนิช (2557: 40) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถของบุคคลที่จะเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไตร่ตรอง

สมาคมการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council:NRC. 1996: 22) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่แต่ละบุคคลต้องการสำหรับการตัดสินใจ มีส่วนร่วมในชุมชนและวัฒนธรรมตลอดจนมีความสามารถในการผลิตทางด้านเศรษฐกิจ

โออีซีดี (OECD. 2003) ได้นิยามการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง การรู้ใน 3 ด้าน คือ 1) รู้แนวคิด(Concept) ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็น 2) รู้กระบวนการ (Process) ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) รู้จักใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดประโยชน์ต่อชีวิต

โออีซีดี (OECD. 2006, 2009, 2012) ได้นิยามการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อการระบุนิยามทางวิทยาศาสตร์ การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการหาข้อสรุป และการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะทำความเข้าใจและช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของโลกและการเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ผ่านกิจกรรมมนุษย์

โออีซีดี (OECD. 2015) การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่จะเชื่อมโยงสิ่งต่างๆให้เข้ากับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไตร่ตรอง ซึ่งบุคคลที่มีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์นั้นต้องสามารถทำสิ่งต่อไปนี้หรือเรียกว่ามีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ

1. การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically)
2. การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry)
3. การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically)

โฮลด์บรูคและแรนนิกมา (Holbrook; and Rannikmae. 2009: 281) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมายถึง การพัฒนาความสามารถในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ ทั้งในการดำรงชีวิต การแก้ปัญหา การตัดสินใจ รวมทั้งเพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต

เซน (Liu. 2009: 302; citing Shen. 1975) ได้เสนอรูปแบบการรู้วิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) การรู้วิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติ (practical science literacy) หมายถึง การมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆในชีวิตได้ 2)การรู้วิทยาศาสตร์เชิงพลเมือง(civic science literacy) ที่แสดงถึงสิ่งที่เป็นพื้นฐานสำคัญของการสร้างนโยบายสาธารณะชน นั่นคือ

เป้าหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ คือ ประชาชนต้องมีการตระหนักรู้ต่อวิทยาศาสตร์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น มีการตัดสินใจโดยใช้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ 3) การรู้วิทยาศาสตร์เชิงวัฒนธรรม (cultural science literacy) เป็นสิ่งที่เกิดจากการกระตุ้นให้รู้ถึงความต้องการบางอย่างเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และมรดกทางวัฒนธรรมอย่างหนึ่ง ซึ่งการรู้วิทยาศาสตร์ทั้งสามด้านนี้จะแตกต่างกันไปตามความแตกต่างของแต่ละบุคคล

ยูเนสโก (UNESCO.1993: 22) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ผู้ซึ่งสามารถตั้งคำถาม ค้นหา หรือระบุดำเนินการของคำถามที่มาจากความรู้ยากเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน สามารถบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ อานบพความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในหนังสือพิมพ์ด้วยความเข้าใจ ร่วมสนทนาเกี่ยวกับความเที่ยงตรงของข้อสรุปในสังคม ประเมินคุณภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของแหล่งข้อมูลและวิธีการที่ใช้สร้างความรู้นั้น

จากการศึกษาความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตได้อย่างเหมาะสม และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินได้จากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically)

1.2 ระดับของการรู้วิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ในประชาชนโดยทั่วไปและการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียน และเสนอมุมมองเกี่ยวกับระดับการรู้วิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

ชามอส (Lui. 2009: 302; citing Shamos. 1995) กำหนดระดับการรู้วิทยาศาสตร์ ไว้ 3 ระดับ คือ 1) ระดับวัฒนธรรม คือ ความสามารถในการเข้าใจที่มาของข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อการสื่อสาร 2) ระดับปฏิบัติงาน คือ มีความรู้และเข้าใจคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถเปลี่ยนไปเป็น คำพูด ภาษา และเขียนคำศัพท์เหล่านั้นโดยใช้ภาษาทั่วไปได้ และ 3) ระดับการรู้วิทยาศาสตร์แท้จริง คือ เข้าใจกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดโดยภาพรวมและเข้าใจแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ และมีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ไบบี (Bybee. 1997: 66-67) ได้เสนอระดับการรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไว้ 5 ระดับ คือ

1. ไม่มีการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific illiteracy) คือผู้เรียนไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์หรือให้เหตุผลเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถอธิบาย ให้เหตุผลหรือข้อคิดเห็นต่อคำถามถูกต้องสมบูรณ์

2. การรู้วิทยาศาสตร์ระดับปกติ (Norminal Scientific and Technological literacy) คือผู้เรียนสามารถระบุสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั่วไปได้ แต่ข้อมูลที่ระบุมีความคลาดเคลื่อนหรือมีแนวคิดไม่ถูกต้อง ผู้เรียนใช้คำศัพท์อธิบายแบบง่ายๆ ใช้คำศัพท์บอกความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือคำศัพท์ที่เป็นที่ยอมรับได้เพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่ได้แสดงถึงความเข้าใจในคำศัพท์อย่างแท้จริง

3. การรู้วิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติงาน (Functional Scientific and Technology literacy) คือ ผู้เรียนสามารถใช้คำศัพท์ที่ถูกต้องและเหมาะสมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถอ่านและเขียนบทความโดยใช้คำศัพท์ง่ายๆทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถเชื่อมโยงไปสู่แนวคิดหรือความรู้ในระดับที่ใหญ่กว่า แต่ความเข้าใจยังอยู่ในลักษณะที่จำเพาะและเป็นการเข้าใจในลักษณะของการจดจำคำศัพท์

4. การรู้วิทยาศาสตร์ระดับแนวคิดและกระบวนการ (Conceptual and Procedural Scientific and technological literacy) คือ ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดของเรื่องหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องอื่นๆ ในส่วนที่เป็นวิธีการหรือการกระบวนการของการสืบเสาะ ผู้เรียนมีความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถหาแนวทางในการอธิบายใหม่หรือพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆซึ่งในระดับนี้ผู้เรียนต้องเข้าใจโครงสร้างของวิชาและกระบวนการในการพัฒนาความรู้และทักษะใหม่ๆได้

5. การรู้วิทยาศาสตร์ระดับหลากหลายมิติ (Multidimentional Scientific and Technological literacy) คือ ผู้เรียนมีความเข้าใจโครงสร้างของแนวคิดสำคัญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสมบูรณ์ เข้าใจหลักปรัชญา ประวัติศาสตร์ และมิติทางสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งผู้เรียนต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะสร้างการเชื่อมโยงสาขาต่างๆทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

มาวบี (Mawby. 2012: 85) ได้เสนอแนะการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า ครูต้องวางแผนอย่างระมัดระวังในการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน แนวคิดทั่วไปที่อาจช่วยพัฒนาระดับการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน สามารถวางแผนเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

ระดับที่ 1 นักเรียนใช้ประสบการณ์ของตนเองในการบอกข้อเท็จจริงและบอกชื่อได้

ระดับที่ 2 นักเรียนพิจารณาความแตกต่างของวัตถุและบรรยายด้วยคำศัพท์ง่ายๆได้

ระดับที่ 3 นักเรียนพิจารณาลักษณะที่เหมือนกัน จัดกลุ่มและจัดประเภทสิ่งของด้วยวิธีที่หลากหลาย บรรยายรายละเอียดของสิ่งของเหล่านั้น เชื่อมโยงเหตุและผล โดยใช้คำว่า ด้วยเหตุที่ เพื่ออธิบายอย่างง่ายๆ โดยยังไม่จำเป็นต้องใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับที่ 4 นักเรียนใช้ขอบเขตเกี่ยวกับความถูกต้องของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อบรรยาย และอธิบายแนวคิดให้สมบูรณ์มากขึ้น

ระดับที่ 5 นักเรียนไม่เพียงแต่ใช้คำศัพท์เพื่ออธิบายว่าทำไม แต่เพื่อที่จะทำความเข้าใจในบริบทอื่นและสร้างความเชื่อมโยงได้

ระดับที่ 6 นักเรียนใช้แนวคิดเพื่อสร้างความรู้ใหม่และใช้รูปแบบเพื่อที่จะอธิบายแนวคิดนี้จากการศึกษาระดับการรู้วิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า ระดับการรู้วิทยาศาสตร์ คือ ระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆ และระดับความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและการดำรงชีวิต

1.3 ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์

มังกร ทองสุตดี (2544: 10) กล่าวถึงความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์จะชักจูงให้บุคคลได้รับความปรารถนา มีความตื่นตัวต่อการเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆของสังคมได้
2. ประชาชนส่วนใหญ่กำลังเผชิญต่อปัญหาที่เพิ่มขึ้นในชีวิตประจำวันอยู่ทุกขณะ และเป็นปัญหาที่จะต้องอาศัยข้อมูลข่าวสารและวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อการตัดสินใจตลอดเวลา
3. เป็นการส่งเสริมวิธีการต่างๆเพื่อพิจารณาการตัดสินใจใช้ทรัพยากรธรรมชาติด้วยวิธีการที่เหมาะสม
4. ความเข้าใจและความสามารถเชิงวิทยาศาสตร์จะช่วยสร้างเสริมวิสัยความสามารถเพื่อการทำงานและเพิ่มผลผลิตได้ในอนาคต
5. สถานประกอบการทั้งภายในประเทศและนานาชาติต้องการมีฝีมือแรงงานที่มีความสามารถในการเรียนรู้ การหาเหตุผล ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาได้
6. การแข่งขันทางด้านธุรกิจ เน้นความสำคัญในเรื่องการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การใช้เทคโนโลยี และข้อมูลข่าวสารเพื่อให้สามารถแข่งขันในระดับนานาชาติและในยุคโลกาภิวัตน์ได้เสมอ

นอกจากนี้ เลาช์ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. 2556: 21;อ้างอิงจาก Laugksch. 2000: 84-87) แบ่งความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์เป็น 2 ระดับ คือ ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ระดับมหภาคและความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ระดับจุลภาค ดังนี้

1. ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ระดับมหภาค เป็นความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคม เศรษฐกิจ ประเทศชาติในภาพรวม สรุปได้ 4 ประการดังนี้

1.1 การสนับสนุนการรู้วิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้น เป็นที่ยอมรับกันว่าความมั่นคงของประเทศขึ้นอยู่กับศักยภาพในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจในระดับนานาชาติ และความสามารถในการแข่งขันขึ้นอยู่กับความแข็งแกร่งทางด้านการวิจัยและพัฒนาโครงการต่างๆเพื่อนำไปสู่การผลิตเทคโนโลยีที่ทันสมัย ซึ่งงานวิจัยและโครงการพัฒนาต่างๆมาจากความมั่นคงของนักวิทยาศาสตร์ วิศวกรและบุคคลที่ได้รับการฝึกฝนทางด้านเทคโนโลยีมาเป็นอย่างดี นอกจากนี้การรู้วิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลยังเป็นที่ทำให้สามารถเข้ามามีส่วนร่วมอย่างชาญฉลาดในภาคเศรษฐกิจของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ความสัมพันธ์กับทางด้านเศรษฐกิจ ประชาชนที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับที่ดีหรือระดับที่สูงมักจะให้การสนับสนุนทางด้านวิทยาศาสตร์ ทั้งในด้านการผลิตนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ให้มีจำนวนมากขึ้น รวมทั้งให้การสนับสนุนในเรื่องของแหล่งทุนวิจัย

1.3 ความสัมพันธ์กับความคาดหวังของประชาชนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ถ้าประชาชนมีความเข้าใจวัตถุประสงค์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ จะทำให้ประชาชนไม่มีความต้องการวิทยาศาสตร์ที่ไม่มีความน่าเชื่อถือและวิทยาศาสตร์ที่ไม่แท้จริง

1.4 ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับสังคม เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีความเชื่อมโยงกับวัฒนธรรม และวัฒนธรรมเป็นสิ่งที่อยู่ในสังคม หากวิทยาศาสตร์ถูกมองเป็นเรื่องที่มีความเฉพาะเจาะจงและเป็นเรื่องของคนเพียงบางกลุ่ม จะทำให้วิทยาศาสตร์ถูกแยกออกจากสังคมและประชาชนจะขาดความเข้าใจวิทยาศาสตร์

2. ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ระดับจุลภาค

การรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญระดับจุลภาค เป็นความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับบุคคลโดยตรง การรู้วิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตประจำวันและการทำงานในสังคมที่อาศัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐาน กล่าวคือ ในชีวิตประจำวันการรู้วิทยาศาสตร์จะทำให้บุคคลนั้นสามารถแยกแยะข้อมูลที่ได้รับตามช่องทางต่างๆว่าเป็นวิทยาศาสตร์แท้หรือวิทยาศาสตร์เทียมซึ่งจะส่งผลถึงการเลือกซื้อเลือกใช้บริการผลิตภัณฑ์ต่างๆ หรือแม้กระทั่งการเลือกรับบริการ

ทางด้านสุขภาพ ในการทำงานบุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์อย่างดีจะมีผลต่อโอกาสในการทำงานในตำแหน่งใหม่ ๆ หรือตำแหน่งที่สูงขึ้น เนื่องจากสามารถใช้ศักยภาพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการทำงานได้อย่างเต็มที่

คณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ (NRC. 2007; citing Lui. 2009: 303-304) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์ไม่ควรเป็นแค่ส่วนหนึ่งของการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพราะว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นสำหรับทุกคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนควรได้รับการส่งเสริม เพราะ

1. วิทยาศาสตร์เป็นความสำคัญของวัฒนธรรมมนุษย์และเป็นหนึ่งในจุดสูงสุดของความสามารถในการคิดของมนุษย์
2. เป็นห้องปฏิบัติการที่ให้ประสบการณ์ร่วมกันในการพัฒนาด้านภาษา เหตุผล และทักษะการแก้ปัญหาในห้องเรียน
3. มีความต้องการการเป็นประชาธิปไตย เพื่อให้บุคคลและชุมชนตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่อาศัยข้อมูลทางวิทยาศาสตร์โดยบทบาทพื้นฐาน และพวกเขาต้องการความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์พอๆกับต้องมีความเข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์
4. สำหรับนักเรียนบางคน จะเป็นอาชีพหรือการทำงานไปตลอดชีวิต
5. การแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจของประเทศชาติจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประชาชน

จากการศึกษาความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า การรู้วิทยาศาสตร์มีความสำคัญทั้งในระดับบุคคลและระดับส่วนรวม กล่าวคือ บุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีจะทำให้สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันและในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประเทศใดที่ประชาชนมีการรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีหรือระดับสูงจะส่งผลให้มีศักยภาพในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจในระดับนานาชาติได้

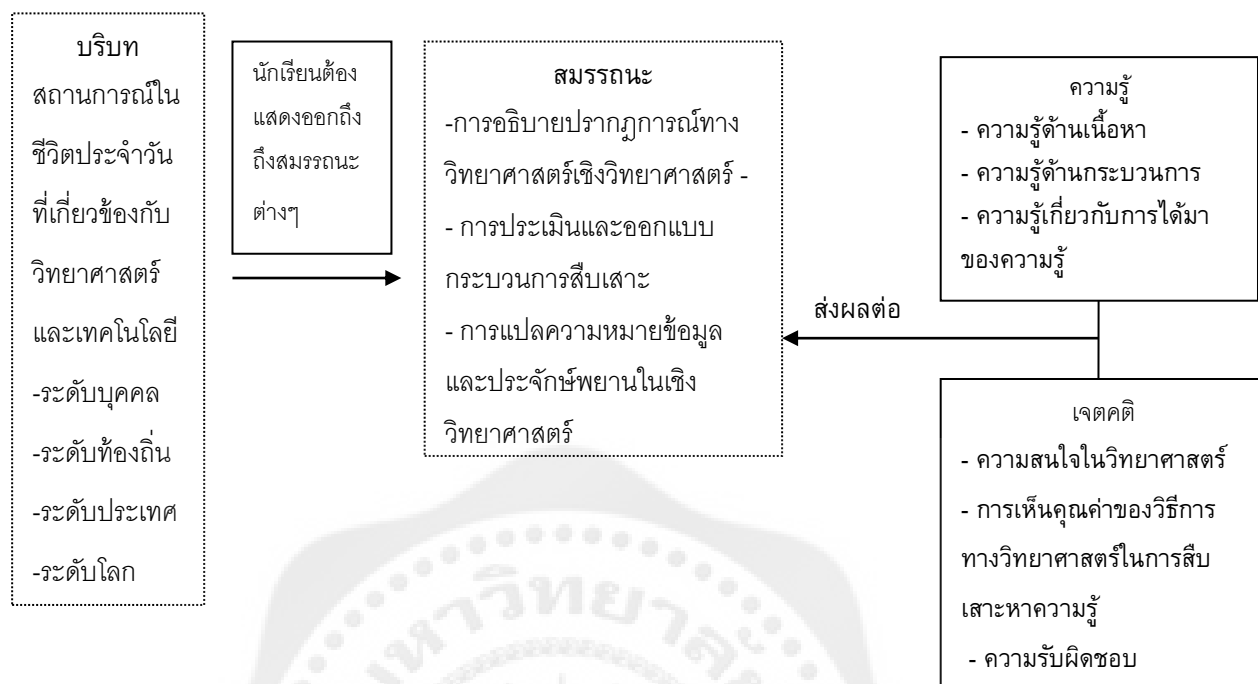
1.4 การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

แนวคิดในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์มีหลักการพื้นฐานว่าประชาชนพลเมืองที่ต้องใช้ชีวิตในสังคมที่ต้องเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำเป็นต้องมีความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชนและต้องเป็นความรู้ที่ใช้ได้ในบริบทที่คนปกติทั่วไปมักต้องประสบในชีวิตจริง นอกจากนั้นยังต้องรู้กระบวนการวิทยาศาสตร์และมีความรู้เรื่องความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสามารถลงความเห็นหรือสรุปจากสาระหรือข้อมูลที่ได้รับ ต้องประเมินคำบอกเล่าหรือคำกล่าวอ้างบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน รู้จักแยกแยะความคิดเห็นกับข้อความที่มีข้อมูลหรือประจักษ์พยานสนับสนุน ซึ่งสิ่งเหล่านี้เรียกว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง ความสามารถ

ในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) ประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) และแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) นอกจากนั้น ต้องให้ความสำคัญกับสิ่งที่มีบทบาทและมีส่วนร่วมสร้างสังคมวิทยาศาสตร์ ทั้งในบริบทของการดำเนินชีวิตส่วนตัว บริบทของสังคม และบริบทของโลกโดยรวม นั่นคือ มีความสนใจในวิทยาศาสตร์ สนับสนุนส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแสดงความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จะเห็นได้ว่า การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ไม่เน้นความรู้วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเรียนตามหลักสูตรปกติในโรงเรียน เนื่องจากต้องการให้ความสำคัญกับศักยภาพของนักเรียนในการใช้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ในการรับรู้และตอบสนองต่อประเด็นปัญหา รับสารระ ข้อมูล ข่าวสาร และเป็นผู้บริโภคที่ฉลาด เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553: 7-8)

ตามนิยามของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ การประเมินของ PISA 2003 2006 2009 2012 และ 2015 จึงคำนึงถึงองค์ประกอบ 4 ส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ สถานการณ์และบริบท ความรู้ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 องค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). การประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015. หน้า 40.

สถานการณ์และบริบท คือ การรับรู้ถึงสถานการณ์ในชีวิตที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นั่นคือการใช้วิทยาศาสตร์ในการจัดการกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลมักจะแตกต่างกัน โดยขึ้นกับสถานการณ์ของแต่ละประเด็นและความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับบริบทนั้น เช่น บริบทส่วนตัว บริบทสังคม และบริบทของโลก รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ระดับบริบทสำหรับการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

บริบท	ระดับส่วนตัว (ตัวเอง ครอบครัว เพื่อน)	ระดับชุมชน (สังคม)	ระดับโลก
สุขภาพ	สุขภาพ อุบัติเหตุ โภชนาการ	ควบคุมโรค สุขภาพชุมชน การเลือกอาหาร	โรคระบาด การระบาดข้าม ประเทศ
ทรัพยากรธรรมชาติ	การใช้วัสดุ พลังงาน	การรักษาจำนวนประชากรให้ คงที่ คุณภาพชีวิต ความมั่นคง การผลิตและการกระจาย อาหาร การหาพลังงาน	ทรัพยากรที่เกิดขึ้นใหม่ได้และ ไม่ได้ ระบบของธรรมชาติ การเพิ่มประชากร
คุณภาพสิ่งแวดล้อม	พฤติกรรม เป็นมิตรกับ สิ่งแวดล้อม	การกระจายประชากร การทิ้งขยะ ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม อากาศในท้องถิ่น	ความหลากหลายทาง ชีววิทยา ความยั่งยืนของ ระบบนิเวศ การเกิดและ การสูญเสียผืนดิน
อันตราย พิษภัย	อันตรายจากธรรมชาติและ คนทำขึ้น	การเปลี่ยนแปลงกะทันหัน (แผ่นดินไหว คลื่นยักษ์ พายุ การเปลี่ยนแปลงช้าๆ(การกัด เซาะ การตกตะกอน การ ประเมินความเสี่ยง	การเปลี่ยนแปลง บรรยากาศ ผลกระทบของ สงคราม
ขอบเขตของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	ความสนใจในการอธิบาย ปรากฏการณ์ งานอดิเรกที่ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การ กีฬา และการพักผ่อนนันทรี และเทคโนโลยีส่วนตัว	วัสดุใหม่ๆ เครื่องมือและ กระบวนการใหม่การดัดแปลง พันธุกรรม เทคโนโลยีอาวุธ การคมนาคมขนส่ง	การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต การสำรวจอวกาศ การเกิด จักรวาล

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 142.

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) ประเมินและออกแบบ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) และแปล

ความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically)

การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) หมายถึง การแสดงให้เห็น นำเสนอ และประเมินคำอธิบายปรากฏการณ์ทั้งทางธรรมชาติและเทคโนโลยี โดยแสดงความสามารถดังนี้

1. เลือกองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างเหมาะสม
2. เลือกแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นตัวแทนของสิ่งของประกอบคำอธิบายปรากฏการณ์
3. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้จริงจากการตีความปรากฏการณ์
4. เสนอสมมติฐานที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์
5. อธิบายถึงความเป็นไปได้ในการนำเอาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์กับสังคม

การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายและประเมินการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์และเสนอแนวทางในการระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยแสดงความสามารถดังต่อไปนี้

1. ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์
2. บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. เสนอวิธีการและประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์
4. อธิบายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลรวมถึงคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ปราศจากความคิดเห็นส่วนตัว

แปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ สนับสนุน และได้แย้งด้วยวิธีการที่หลากหลาย และสร้างข้อสรุปได้อย่างสมเหตุ สมผล ด้วยการแสดงความสามารถต่อไปนี้

1. แปลงข้อมูลจากรูปแบบการนำเสนอเดิมไปสู่รูปแบบอื่น
2. วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

3. ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน (หลักฐาน) และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4. บอกความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่ใช้ฐานแนวคิดอื่น

5. ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต วารสาร

ตาราง 2 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

สมรรถนะ	ความสามารถที่แสดงออก
การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically)	● ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างเหมาะสม ● เลือกแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นตัวแทนของสิ่งของประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ ● พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้จริงจากการตีความปรากฏการณ์ ● เสนอสมมติฐานที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ ● อธิบายถึงศักยภาพของความรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม
การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry)	● ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ● บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ● เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ● ประเมินวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ● อธิบายและประเมินวิธีการต่างๆที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล รวมถึงคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ปราศจากความคิดเห็นส่วนตัว

ตาราง 2 (ต่อ)

สมรรถนะ	ความสามารถที่แสดงออก
การอธิบายปรากฏการณ์ ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically)	● ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างเหมาะสม ● เลือกแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นตัวแทนของสิ่งของประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ ● พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้จริงจากการตีความปรากฏการณ์ ● เสนอสมมติฐานที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ ● อธิบายถึงศักยภาพของความรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม
การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry)	● ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ● บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ● เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ● ประเมินวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ● อธิบายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล รวมถึงคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ปราศจากความคิดเห็นส่วนตัว
การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically)	● แปลงข้อมูลจากรูปแบบการนำเสนอเดิมไปสู่รูปแบบอื่น ● วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป ● ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน (หลักฐาน) และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ● บอกความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่อยู่บนพื้นฐานแนวคิดอื่นๆ ● ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต วารสาร

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 143.

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) ประกอบด้วย ความรู้วิทยาศาสตร์ (Knowledge of Science) และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Knowledge about Science)

ความรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง องค์ความรู้ซึ่งเป็นความรู้ของโลกธรรมชาติ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยาฯ

ความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์จะเน้นเฉพาะแนวคิดและสาระเนื้อหาที่ใช้ได้ (Relevant) สำหรับการใช้ในชีวิตจริง ใช้ได้กับวันนี้และในอนาคต จะไม่เน้นความรู้ความจำในเนื้อหาและแนวคิด การให้คำจำกัดความ ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ มีเนื้อหาครอบคลุม ดังนี้

วิทยาศาสตร์ในโลกและสิ่งแวดล้อม (Science in earth and environment) หรือเรียกรวมว่า ความรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (Knowlegde of natural world)

วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ (Science in life and health)

วิทยาศาสตร์ในเทคโนโลยี (Science in Technology)

ตาราง 3 เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

หัวข้อหลัก	รายละเอียด
ระบบทางกายภาพ (Physical system)	• โครงสร้างของสาร(เช่น อนุภาค พันธะ) • สมบัติของสาร (เช่น การเปลี่ยนสถานะ การนำความร้อน และการนำไฟฟ้า) • การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (เช่น ปฏิกิริยา การถ่ายโอนพลังงาน กรด/เบส) • การเคลื่อนที่และแรง(เช่น ความเร็ว ความเสียดทาน) • พลังงานและการถ่ายโอน(เช่น การอนุรักษ์ ปฏิกิริยาเคมี)
ระบบสิ่งมีชีวิต (Living system)	• เซลล์ (เช่น โครงสร้างและหน้าที่ของ DNA พืชและสัตว์) • มนุษย์ (เช่น สุขภาพ โภชนาการ ระบบต่างๆในร่างกาย เช่น การย่อย การหายใจ การไหลเวียนเลือด การขับถ่าย และความสัมพันธ์ของระบบ โรคภัยการสืบพันธุ์) • ประชากร (เช่น เผ่าพันธุ์ วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ ความแปรผันทางพันธุกรรม) • ระบบนิเวศ(เช่น โซ่อาหาร การถ่ายทอดสารและพลังงาน) • ไบโอสเฟียร์ (เช่น การอนุรักษ์ ความยั่งยืนของระบบนิเวศ)

ตาราง 3 (ต่อ)

หัวข้อหลัก	รายละเอียด
ระบบของโลกและอวกาศ (Earth and space system)	● โครงสร้างของโลกทั้งระบบ (เช่น ผิวโลก บรรยากาศ พื้นน้ำ) ● พลังงานในระบบโลก (เช่น แหล่งพลังงาน ดินฟ้าอากาศของโลก) ● การเปลี่ยนแปลงในระบบโลก (เช่น การเกิดชั้นดิน ระบบทางเคมีในพื้นโลก แรงที่สร้าง และทำลายโลก) ● ประวัติศาสตร์ของโลก (เช่น ฟอสซิล การเริ่มต้น และวิวัฒนาการ) ● โลกในอวกาศ (เช่น การโน้มถ่วง ระบบสุริยะ)
ระบบเทคโนโลยี (Technology systems)	● บทบาทของเทคโนโลยีที่มีวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ● ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ● แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยี (เช่น ส่วนดี ค่าใช้จ่าย ความเสี่ยง การแลกเปลี่ยน) ● หลักการสำคัญ (เช่น นวัตกรรม ข้อจำกัดของเทคโนโลยี การประดิษฐ์ การแก้ปัญหา)

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 146.

ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ในวิธีการหรือกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่นำไปสู่การอธิบายและลงข้อสรุป รายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงโครงสร้างความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

หัวข้อหลัก	รายละเอียด
กระบวนการเสาะหาความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific enquiry)	● การเริ่มต้น (ความอยากรู้อยากศึกษา การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์) ● จุดมุ่งหมาย ต้องการทำอะไร (เช่น ต้องการหาหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ความคิดในปัจจุบัน/ตัวแบบ/ทฤษฎี/การสืบหา) ● การทดลอง (คำถามที่ต่างก็นำไปสู่การตรวจสอบการออกแบบที่ต่างกัน) ● ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ (เช่น เชิงปริมาณ :การวัด เชิงคุณภาพ : การสังเกต) ● การวัด (เช่น ความไม่แน่นอน การวัดซ้ำ ความแปรผัน การประมาณความถูกต้องของอุปกรณ์และกระบวนการ) ● ลักษณะของผล (เช่น ผลจากการวัดตรงๆ ผลที่ได้ขณะนั้นซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงได้ ผลที่ตรวจสอบได้ การแก้ไขด้วยตนเอง)
การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation)	● แบบรูปของคำอธิบาย (เช่น สมมติฐาน ทฤษฎี กฎ) ● การสร้างคำอธิบาย (เช่น การเสนอข้อมูล บทบาทของความรู้ปัจจุบันกับประจักษ์พยานใหม่ การสร้างสรรค์และจินตนาการ) ● กฎ (เช่น กฎคงที่ สมเหตุสมผล มีประจักษ์พยานรองรับ) ● ผลที่เกิดขึ้น (เช่น สร้างความรู้ใหม่ วิธีการใหม่ เทคโนโลยีใหม่ นำไปสู่คำถามใหม่และการสำรวจตรวจสอบใหม่)

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 147.

รูปแบบของข้อสอบ

ข้อสอบแต่ละหน่วยประกอบด้วยบริบทที่เป็นสถานการณ์ของข้อสอบ ซึ่งอาจจะเป็นในรูปแบบของข้อเขียนสั้นๆหรือเนื้อความที่มีตาราง แผนภาพ หรือกราฟประกอบ และตัวข้อสอบหรือคำถาม แต่ละหน่วยข้อสอบหรือคำถามอาจมีถึง 4 ข้อ ที่ประเมินความรู้วิทยาศาสตร์หรือความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเกือบทุกหน่วยจะประเมินมากกว่าหนึ่งสมรรถนะ และความรู้มากกว่าหนึ่งอย่าง และ

ใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเป็นฐาน (Context-based question) สรุปประเภทคำถามในการประเมินของ PISA มีดังนี้

1. คำถามถูกผิด (Yes-No questions)
2. คำถามแบบเลือกตอบ (Multiple choice question)
3. คำถามปลายเปิด (Open-ended question)
4. การวาดภาพ (Drawings)
5. คำถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Likert scale question)

ตัวอย่างข้อสอบประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554: 29-30)

โคลนนิ่ง

จงอ่านบทความจากหนังสือพิมพ์ แล้วตอบคำถาม

เครื่องทำสำเนาชีวิต	
ถ้ามีการเลือกยดสัตว์แห่งปี พ.ศ.2540 ดอลลี่ แกะสัญชาติสกอตที่เห็นในรูปข้างล่างนี้ แต่ดอลลี่จะต้องได้รับตำแหน่งนี้อย่างแน่นอน ดอลลี่เป็นไม่ใช่แกะธรรมดา ดอลลี่เป็นสำเนา(clone)ของ 5 แกะอีกตัวหนึ่ง การโคลนนิ่ง(cloning) หมายถึง การทำสำเนาจากต้นฉบับ นักวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จในการสร้างแกะ (ดอลลี่) ให้เหมือนกับแกะที่เป็นต้นฉบับทุกอย่าง นักวิทยาศาสตร์ชาวสก็อตชื่อ เอียน วิลมุต 10 เป็นคนออกแบบเครื่องทำสำเนาแกะ เขานำชิ้นส่วนเล็กๆจากต่อมน้ำนมของแกะตัวเมียที่โตเต็มที่ (แกะตัวที่ 1) จากชิ้นส่วนเล็กๆนี้	โตเต็มที่ (แกะตัวที่ 1) จากชิ้นส่วนเล็กๆนี้ เขาแยกเอานิวเคลียสออก แล้วก็ปลูกถ่ายนิวเคลียสนี้ลงไปเซลล์ไข่ของแกะตัวเมียอีกตัวหนึ่ง (แกะตัวที่ 2) ที่แยกเอาสิ่งที่อาจเป็นตัวกำหนดคุณลักษณะของแกะ 15 ตัวที่ 2 ออกแล้ว จากนั้นจึงนำไข่จากแกะตัวที่ 2 นี้ไปปลูกถ่ายลงในแกะตัวเมียอีกตัวหนึ่ง (แกะตัวที่ 3) แกะตัวที่ 3 ตั้งท้องและคลอดออกมาเป็นดอลลี่ 20 นักวิทยาศาสตร์บางคนคิดว่า ภายใน 2-3 ปีนี้ เป็นไปได้ที่จะมีการโคลนนิ่งมนุษย์ แต่รัฐบาลหลายประเทศได้ตัดสินใจออกกฎหมายห้ามการทำโคลนนิ่งมนุษย์แล้ว

คำถามข้อ 1: โคลนนิ่ง

ดอลลี่เหมือนแกะตัวใด

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. แกะตัวที่ 1 | 3. แกะตัวที่ 3 |
| 2. แกะตัวที่ 2 | 4. พ่อของดอลลี่ |



ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะ : บอก บรรยาย และพยากรณ์ ปรัชญาการณวิทยาศาสตร์

ความรู้ : การควบคุมพันธุกรรม

การใช้ความรู้ : วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ

ลักษณะของข้อสอบ : เลือกตอบ

คำถามที่ 2 : โคลนนิ่ง

ในบทความบรรทัดที่ 11 ที่กล่าวถึงชิ้นส่วนของต่อมน้ำนมที่ใช้ ว่าเป็น “ชิ้นส่วนเล็กๆ” จากการอ่านเรื่องทั้งหมด นักเรียนคิดว่า “ชิ้นส่วนเล็กๆ” นั้น หมายถึงอะไร

1. เซลล์ 3. นิวเคลียสของเซลล์
2. ยีน 4. โครโมโซม

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะ : บอก บรรยาย และพยากรณ์ ปรัชญาการณวิทยาศาสตร์

ความรู้ : รูปแบบและหน้าที่

การใช้ความรู้ : วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ

ลักษณะของข้อสอบ : เลือกตอบ

คำถามที่ 3 : โคลนนิ่ง

ในประโยคสุดท้ายของบทความกล่าวว่า รัฐบาลหลายประเทศได้ตัดสินใจออกกฎหมาย ห้ามการโคลนนิ่งมนุษย์แล้ว ในตารางข้างล่างคือเหตุผลสองประการที่อาจเป็นไปได้ของการตัดสินใจนี้ เหตุผลเหล่านั้น เป็นเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “เป็น” หรือ “ไม่เป็น” ในแต่ละข้อ

เหตุผล	เป็นวิทยาศาสตร์หรือไม่
มนุษย์จากการโคลนนิ่งอาจเป็นโรคต่างๆได้ง่ายกว่ามนุษย์ธรรมดา	เป็น/ไม่เป็น
มนุษย์ไม่ควรแย่งบทบาทของพระเจ้าผู้สร้างชีวิต	เป็น/ไม่เป็น

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะ : เข้าใจการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

ความรู้ : การควบคุมพันธุกรรม

การใช้ความรู้ : วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ

ลักษณะของข้อสอบ : เลือกตอบเชิงซ้อน

จากการศึกษาการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ คือ การประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ที่หมายถึงความสามารถของผู้เรียนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ การแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านนี้นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้ประเมินต้องคำนึงถึงบริบทและใช้รูปแบบข้อสอบที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนความสามารถดังกล่าวอย่างแท้จริง

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Approach)

วิธีการสอนแบบสืบเสาะเป็นที่รู้จักกันหลายชื่อ เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนแบบสอบสวน วิธีสืบเสาะหาความรู้ การสอนให้นักเรียนค้นหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางความคิด การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบค้นพบ การสอนแบบแก้ปัญหา การสอนแบบสืบเรื่องราว ในปัจจุบันนิยมใช้คำว่าวิธีการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งวิธีนี้อยู่บนฐานของแนว constructivism เป็นแนวคิดที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ความรู้ที่ได้จะคงถาวรอยู่ในความจำระยะยาว ซึ่งครูไม่สามารถสร้างได้ แต่ครูเป็นผู้จัดประสบการณ์เรียนรู้ (พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. 2544: 56)

2.1 ประวัติและความเป็นมาของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ศศิธร โสภารัตน์ (2560. ออนไลน์) ได้สรุปเรียบเรียงประวัติและความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา ในช่วงต้น ของ ค.ศ. 1900 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังเน้นให้นักเรียนจดจำข้อเท็จจริงต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาและอธิบายถึงปรากฏการณ์ธรรมชาติ ต่อมา ในปี ค.ศ. 1910 จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ได้กล่าวว่า การสอนวิทยาศาสตร์ควรใช้วิธีการสอนให้นักเรียนรู้จักคิดและการจะให้นักเรียนได้คิดเป็นนั้นต้องสอนให้นักเรียนคิดอย่างเป็นกระบวนการ หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1950-1970

โจเซฟ ชเวป (Joseph Schwab) นักการศึกษาได้เสนอมุมมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของการสืบเสาะหาความรู้ และได้สนับสนุนการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวปฏิบัติแบบใหม่เพื่อให้วิทยาศาสตร์มีความเที่ยงตรง แม่นยำมากขึ้น ด้วยวิธีนี้เองนักเรียนจะสามารถถามคำถามและเริ่มกระบวนการเก็บหลักฐานและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในปี ค.ศ. 1957 สหภาพโซเวียตได้ปล่อยกระสวยอวกาศ สปุตนิก (Sputnik) เหตุการณ์นี้ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงวิทยาศาสตร์ศึกษาของอเมริกาเช่นกัน กล่าวคือ อเมริกาเกิดการตื่นตัวและกังวลว่าความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของตนจะล้าหลังกว่าสหภาพโซเวียต ดังนั้นในปี ค.ศ. 1958 รัฐสภาของสหรัฐจึงได้ออกพระราชบัญญัติการศึกษาที่เรียกว่า National Defense Education Act ซึ่งกำหนดให้มีการผลิตครูคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และให้ทุนสำหรับการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนใหม่ๆ และต่อมาในปี ค.ศ. 1950 ได้ก่อตั้ง National Science Foundation ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการศึกษาในช่วงก่อนอุดมศึกษา ช่วงนี้ซึ่งถือเป็นยุคทองของวิทยาศาสตร์ศึกษา และได้มีการปฏิรูปหลักสูตรที่เน้นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ขึ้นมาหลายหลักสูตรด้วยกัน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในประเทศไทยนั้น นักการศึกษาหลายท่านที่เคยศึกษาที่สหรัฐอเมริกาได้นำความรู้มาพัฒนา เช่น ศ.ดร. วีรยุทธ วิเชียรโชติ ซึ่งเคยมีประสบการณ์การทำโครงการวิจัยร่วมกับ Suchman ที่ได้ตั้งโครงการวิจัยเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (The Elementary School Training Program in Scientific Inquiry) ที่มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (The University of Illinois, USA) หลังจากสำเร็จการศึกษาได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ Scientific Inquiry แต่ผลการวิจัยกลับพบว่า การเรียนการสอนด้วยวิธีการนี้ยังไม่เหมาะสมกับเด็กไทยนักเพราะเด็กไทยยังมีพัฒนาการในการคิดเป็น การแก้ปัญหาเป็นอยู่ในระดับต่ำ ต่อมาในปีพุทธศักราช 2517 ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าว โดยการเพิ่มขั้นการให้ความรู้พื้นฐานและอิงหลักอริยสัจ 4 เรียกว่า การเรียนการสอนแบบอริยวิถีในกระบวนการวิถีสืบสวน - สอบสวน

ต่อมาในปีพุทธศักราช 2515 ประเทศไทยได้ก่อตั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และได้นำเอาวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในหลักสูตรสำหรับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ในช่วงแรก สสวท. ได้นำวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ ของ BSCS (Biological Science Curriculum Study) มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้กับประสบการณ์หรือความรู้เดิมเป็นความรู้หรือแนวคิดของนักเรียนเรียกวิธีการสอนนี้ว่า Inquiry Cycle (5Es) หรือ วงจรการสืบเสาะหาความรู้ โดยมี 5 ขั้นตอน ดังนี้คือ 1) การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) 2) การสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) การขยายความรู้ (Elaboration)

และ 5) การประเมินผล (Evaluation) โดยยังคงได้รับความนิยมจากครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยมาจนปัจจุบัน แต่ Inquiry Cycle (5Es) นั้นเป็นเพียงหนึ่งในวิธีการสอน แต่ไม่ใช่หัวใจสำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สิ่งสำคัญจำเป็นคือการที่ครูผู้สอนสามารถนำลักษณะสำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในแต่ละขั้นตอนอย่างถูกต้องเหมาะสม

2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

พรพิมล พรพิรชนม์ (2550: 127) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง วิธีจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้สอนฝึกให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล ผู้เรียนจะค้นพบความรู้ หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยผู้สอนตั้งคำถามประเภทกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เองและสามารถนำการแก้ปัญหานั้นมาปรับใช้ในชีวิตประจำวันต่อไป

สิริวรรณ ศรีพหล (2550: 5-43) สรุปความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการสอนโดยอาศัยหลักการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่จะพัฒนาความสามารถในการใช้สติปัญญาของผู้เรียนได้มาก

วิณา ประชากุลและประสาธ เนืองเฉลิม(2553: 228) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการศึกษาค้นคว้าหาความรู้โดยผู้สอนมีบทบาทในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง แล้วสรุปออกมาเป็นหลักการหรือวิธีการในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554: 93) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบผ่านการสำรวจ ตรวจสอบ โดยให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมที่มีความผสมผสานระหว่างการสังเกต การใช้คำถาม การค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อช่วยสนับสนุนการทดลองให้มีประสิทธิภาพ และหลักฐาน การใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แปลผล ตอบคำถาม อธิบายและทำนาย ตลอดจนการนำเสนอข้อมูล

วิจารณ์ พานิช(2556: 349) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(Inquiry based Learning) เป็นการเรียนโดยให้ผู้เรียนตั้งคำถาม ทำความชัดเจนของคำถาม แล้วดำเนินการหาคำตอบ ผู้เรียนได้ฝึกฝนความคิดสร้างสรรค์

สุทธิดา จำรัส (2556: 5) ได้กล่าวถึง การสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ทักษะกระบวนการต่างๆเพื่อสืบเสาะ สำรวจ ทดลอง ด้วยวิธีการที่หลากหลายเพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558: 47) ให้ความหมายว่า การสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบการสอนที่ทำให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิมให้เป็นองค์ความรู้หรือแนวคิดของผู้เรียนเอง ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเน้นการปฏิบัติจริง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน เสริมสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการขั้นตอนอย่างเป็นระบบ

คอลเล็ตและเชียเพตตา (Alfred T. Collette & Eugene L, Chiappetta. 1994: 86) กล่าวว่า การสืบเสาะ หมายถึง กระบวนการของการค้นหาความรู้โดยการสืบค้นและหาคำตอบ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสังเกตธรรมชาติ การคาดคะเนคำตอบ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การวิเคราะห์สถานการณ์ ยืนยันและประเมินค่า การสืบเสาะอาจรวมถึง การอภิปรายหัวข้อต่างๆ การอ่านสื่อสิ่งพิมพ์ การทัศนศึกษาและการสำรวจ การทดลองสืบค้น การพยายามค้นหาความรู้ใหม่ เพื่อคิดคำนวณบางสิ่งและประเมินผลผลิตและการบริการ ในการสอนวิทยาศาสตร์การสอนแบบสืบเสาะอาจรวมถึงหลายๆกระบวนการรวมทั้งด้านจิตใจ ซึ่งต้องการเวลาในการทำกิจกรรมบางกิจกรรมอาจทำให้เสร็จในชั่วโมงเรียนขณะที่บางกิจกรรมอาจใช้เวลาหลายเดือน กิจกรรมการเรียนรู้เริ่มต้นด้วยการที่นักเรียนเสนอคำถามหรือหัวข้อที่ตนเองสนใจ

มาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาของสภาวิจัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 6 อ้างอิงจาก National Research Council: NRC. 1996: 214) ได้กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะ หมายถึงชุดของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกันที่เริ่มจากการตั้งคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติโดยนักวิทยาศาสตร์และนักเรียน จากนั้นดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบนั้นและด้วยกระบวนการดังกล่าวนี้เองจึงทำให้นักเรียนได้มาซึ่งความรู้และสามารถสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ แบบจำลอง และทฤษฎี

คัสแลนและสโตน (Kuslan & Stone. 1969: 138) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การเรียนการสอนที่ครูและนักเรียนทำการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ด้วยวิธีการและจิตใจอย่างนักวิทยาศาสตร์

คารินและคณะ (Carin; at al. 1993: 88) ได้กล่าวถึง การสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการเรียนการสอนที่นักเรียนทำความเข้าใจความคิดรวบยอด ทักษะการสืบเสาะ และความเข้าใจ

เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เช่นเดียวกับวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติ ครูเป็นเพียงผู้จัดกระบวนการและให้คำแนะนำ

ยูเนสโก (UNESCO.1993: 23) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หมายถึง วิธีการต่างๆที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาธรรมชาติของโลกและเสนอคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานที่ได้รับจากการสืบเสาะ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หมายถึง กิจกรรมที่นักเรียนใช้พัฒนาความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาธรรมชาติของโลก

ฮาร์เลน (Harlen. 1996 :48) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติซึ่งทำให้ได้รับความรู้แนวคิดประสบการณ์เดิมของนักเรียน

มาร์ติน (Martin. 1994: 193) กล่าวว่า วัฏจักรการเรียนรู้ คือ วิธีการคิดและการปฏิบัติที่สอดคล้องกับวิธีการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งกำหนดวิธีการที่ดีสำหรับการวางแผนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เกิดผลดี

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติโดยใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนทำหน้าที่เป็นอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ จัดสถานการณ์และตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง

2.3 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในกระบวนการจัดการเรียนรู้หรือขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะพบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หลายประการ นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญเหล่านี้ไว้สอดคล้องกัน (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. 2551: 4-5; กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. 2558: ออนไลน์; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 7 อ้างอิงจาก NRC. 2000 ; สุทธิดา จำรัส. 2556: 14) ดังนี้

1. การตั้งคำถาม การตั้งคำถามเป็นหัวใจสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ เพราะคำถามจะนำไปสู่การสำรวจเพื่อหาคำตอบไม่ว่าจะเป็นคำถาม อะไร ทำไม เมื่อไร และอย่างไร ทั้งนี้คำถามอาจมาจากครูหรือนักเรียนก็ได้

2. การใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยาน การตอบคำถามหรือการสร้างคำอธิบายต่างๆ ต้องรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต สำรวจ หรือการทดลองให้ครบถ้วนจากหลักฐานหรือประจักษ์พยานเพื่อใช้อ้างอิงหรือตรวจสอบคำอธิบายที่สร้างขึ้น

3. การสร้างคำอธิบายและการลงข้อสรุป การตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์นักเรียนต้องสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับหลักฐานหรือข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งต้องผ่านการคิดวิเคราะห์ การตีความ การลงข้อสรุป การคิดเป็นเหตุเป็นผล ทั้งนี้ต้องทำด้วยความระมัดระวัง

4. การเชื่อมโยงองค์ความรู้ คำอธิบายหรือคำตอบของคำถามเมื่อสังเคราะห์อย่างมีเหตุผลจะกลายเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแนวความคิด หลักการ กฎ หรือทฤษฎี

5. การสื่อสารคำอธิบายและการให้เหตุผล ผู้เรียนสามารถสื่อสารคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลคำอธิบายเหล่านั้นได้

นอกจากนี้ ยังมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญสามารถนำมาเป็นรายการตรวจสอบและประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545: 70) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะว่าเป็นวิธีการให้นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่เน้นทั้งความรู้และกระบวนการหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง

ประสาธน์ เนืองเฉลิม (2558: 137-138) กล่าวถึงลักษณะสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้เป็นส่วนหนึ่งของการสอนวิทยาศาสตร์ที่ช่วยพัฒนาทั้งทางด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. ผู้เรียนได้รับการพัฒนาคุณลักษณะอย่างนักวิทยาศาสตร์ ค้นหาหาความรู้โดยเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3. ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างความรู้ใหม่ๆ ด้วยตนเอง

4. ผู้เรียนได้เรียนรู้การสื่อสารอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และสามารถสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ผู้เรียนได้รับโอกาสในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นตามความเข้าใจและความรู้สึกลงของตนเองทำให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

6. การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นเทคนิคการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การหาความสัมพันธ์ของคำถามที่มาจากประสบการณ์ส่วนบุคคล

7. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยส่งเสริมศักยภาพการทำงานของสมอง

8. ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่แท้จริงในสิ่งที่เรียนไม่ใช่แค่การท่องจำอย่างเดียว

9. ความรู้ได้จากการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่จนเกิดเป็นความเข้าใจที่คงทน

10. ผู้เรียนคือผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งขึ้นกับความสามารถและความพร้อมทางการเรียนของแต่ละคน

11. ผู้เรียนเรียนจากการลงมือปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีชีวิตชีวา

12. ผู้เรียนจะเกิดการรู้คิด (Metacognition) จากกระบวนการทำงานร่วมกัน

13. ผู้เรียนได้ใช้เครื่องมือในการเรียนรู้อย่างหลากหลาย

14. ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมความเป็นประชาธิปไตย

15. การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ชุดิมา วัฒนะศิริ (2541: 161-162) ได้สรุปลักษณะทั่วไปของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. นักเรียนไม่ได้เรียนโดยวิธีท่องจำ หรือเรียนจากการบอกของครูถึงเนื้อหาสาระของสิ่งที่เรียน

2. นักเรียนจะต้องเป็นผู้แสดงพฤติกรรมเหล่านี้เอง เช่น การพูด การอภิปรายเพื่อเสนอแนวความคิดต่างๆตลอดจนการอ่าน การลงมือปฏิบัติ เพื่อจะให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3. เป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาคำตอบของคำถามซึ่งอาจจะถามโดยนักเรียนและมีครูเป็นผู้ช่วยเหลือในการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การทดลอง การอ่าน การอภิปราย การสังเกต เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบการสอนแบบสืบเสาะวิธีนี้เรียกว่า การสืบเสาะแบบเสรี (Open inquiry)

4. ในบางครั้งคำถามอาจจะมาจากครู หรือจากตำรา โดยนักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบการสอนแบบสืบเสาะวิธีนี้เรียกว่า การแบบสืบเสาะแนะแนวทาง(Guided inquiry) ซึ่งการสืบเสาะวิธีนี้จะมีความเหมาะสมกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา

คุสแลนและสโตน(Kuslan and Stone 1968:138-139) ได้กล่าวถึงลักษณะของการสอนแบบสืบเสาะ ดังนี้

1. ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การวัด การประมาณค่า การทำนาย การเปรียบเทียบ การจำแนกประเภท การทดลอง การสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การวิเคราะห์ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นักเรียนและครูมีความเคยชินในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนเป็นนิสัย

2. เวลาไม่ใช่สิ่งสำคัญ ไม่ต้องเร่งรีบหรือเร่งรัดสอนให้จบตามหัวข้อ ในเวลาที่กำหนด

3. นักเรียนจะต้องไม่ทราบคำตอบล่วงหน้า ควรเลือกหนังสือเรียนและคู่มือที่ถามคำถามเป็นปัญหา และเสนอแนะแนวทางในการหาคำตอบ แต่ไม่บอกคำตอบ

4. นักเรียนมีความสนใจที่จะหาคำตอบอย่างแท้จริง

5. เนื้อหาในการสืบเสาะหาความรู้ ไม่จำเป็นต้องต่อเนื่อง หรือสัมพันธ์กับเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนแล้วหรือกำลังจะเรียนต่อไป

6. การเรียนการสอนเน้นคำถามคำว่า “ทำไม” ตัวอย่างคำถาม เช่น เราทราบได้อย่างไร “เราพอใจกับข้อสันนิษฐานไหม” และ “เราพอใจกับข้อสรุปนี้ไหม” เป็นลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้

7. ปัญหาบางอย่างจำเป็นต้องระบุให้ชัดเจน และตั้งปัญหาให้แคบเข้ามาจนพอที่จะให้นักเรียนแก้ปัญหาในชั้นเรียนได้

8. นักเรียนในชั้นเรียนช่วยกันตั้งข้อสมมติฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้

9. นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเสนอแนะแนวทางในการเก็บข้อมูลจากการทดลอง การสังเกต การอ่าน และแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้อื่นๆ

10. มีการร่วมมือกันในการประเมินแนวทางในการปฏิบัติการ ระบุข้อสันนิษฐาน ข้อจำกัด และความยากให้ชัดเจนทุกครั้ง

11. นักเรียนทำการสำรวจ เก็บข้อมูล โดยช่วยกันทำเป็นกลุ่มเล็ก ทำทั้งชั้นเรียน หรือทำเป็นรายบุคคลในการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

12. นักเรียนสรุปข้อมูลที่ได้ และนำไปสู่การสรุปข้อสมมติฐาน และใช้ความพยายามที่สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ได้

13. ข้อสรุปและคำอธิบายต่างๆเป็นประโยชน์ในการนำไปสู่หัวข้อ เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

คอลเล็ตและเซียเพตตา (Collette & Chiappetta. 1984: 62) ได้เสนอแนะข้อความและรายการที่สามารถนำมาตรวจสอบและประเมินวิธีการสอนแบบสืบเสาะ ดังนี้

1. เริ่มต้นด้วยจิตใจของการสืบเสาะหาความรู้

2. จัดเตรียมสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ เช่น แนวคิด สมมติฐาน คำอธิบายที่นักเรียนสามารถนำไปสำรวจตรวจสอบได้

3. เริ่มต้นด้วยการคำนึงถึงสถานการณ์หรือคำถาม

4. กระตุ้นนักเรียนให้ตั้งคำถาม

5. ให้เวลาแก่นักเรียนในการคิดหรืออธิบายแนวคิดของตนเอง

6. ถามคำถามเพื่อแนะแนวทางให้นักเรียนคิด โดยไม่บอกวิธีการหรือคำตอบ

7. หลีกเลี่ยงการตัดสินคุณค่าคำตอบและคำอธิบายของนักเรียน

นอกจากนี้ บาร์ไฮด์ (Barhydt. 1989: 7) ได้กล่าวถึงลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมว่า ใช้เทคนิคการสอนเหมือนกัน เช่น การสาธิต การตั้งคำถาม การอ่าน การจดบันทึกย่อ และการอภิปราย แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบมีจุดเน้นที่ต่างกันคือ จุดมุ่งหมายของกิจกรรมและบทบาทของครู รายละเอียดดังตาราง 5

ตาราง 5 เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

วิธีการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ
1. เน้นเนื้อหาความรู้ โดยผ่านการอ่านและการจดบันทึกย่อ	1. เน้นการนำเนื้อหาความรู้และทักษะไปใช้ในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง
2. การสาธิต การอภิปราย การตั้งคำถามเป็นกิจกรรมที่ตามมาหลังจากนำเข้าสู่บทเรียน	2. ใช้เนื้อหาความรู้และทักษะในการเริ่มต้นปัญหา และทำกิจกรรมเพื่อสำรวจสืบค้นปัญหา
3. บทบาทครูคือเป็นผู้เริ่มกิจกรรมการเรียนรู้และให้ข้อมูลความรู้	3. ใช้การอ่าน การจดบันทึกแบบย่อ และการอภิปรายเพื่อสนับสนุนการสืบเสาะ
	4. ครูมีบทบาทในการเป็นแหล่งเรียนรู้และควบคุมดูแลการเรียนรู้

จากการศึกษาลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จะเห็นได้จากบทบาทของครูที่เปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้คอยชี้แนะวิธีการค้นคว้าหาความรู้ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดและลงมือปฏิบัติสืบค้นหาคำตอบ ส่วนนักเรียนจะเป็นผู้หาคำตอบหรือความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริงโดยอาศัยทักษะต่างๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติตัวเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ การ

เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ นักเรียนจะเกิดความรู้ความเข้าใจที่คงทน และเกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นได้

2.4 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545: 42-43) และ ลัดดาวัลย์ กัณหาสุวรรณ (2546: 12-13) ได้วิเคราะห์และเสนอขั้นตอนกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) 5 ขั้น ไว้อย่างคล้องกัน ดังนี้

1. สร้างความสนใจ (ENGAGE) จัดสถานการณ์หรือเรื่องราวที่น่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกต สงสัยในเหตุการณ์หรือเรื่องราว และสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา
2. สำรวจและค้นหา (EXPLORE) ผู้เรียนวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานและกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากแหล่งเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ สรุปสิ่งที่คาดว่าเป็นคำตอบของปัญหานั้น
3. อธิบายและลงข้อสรุป (EXPLAIN) ผู้เรียนนำข้อมูล ข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งการค้นพบในขั้นนี้อาจสนับสนุนหรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่ก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้
4. ขยายความรู้ (ELABORATION) ผู้เรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายเหตุการณ์อื่นๆ
5. ประเมิน (EVALUATE) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงไร จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

สิริวรรณ ศรีพหล (2550: 5-47) ได้สรุปขั้นตอนการนำกระบวนการสอบแบบสืบสวนสอบสวนมาใช้ในการดำเนินการเรียนสอนในห้องเรียน มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการสังเกต การกำหนดปัญหา และการตั้งสมมติฐาน ผู้สอนจัดสถานการณ์หรือเสนอเรื่องราวที่น่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการสังเกต สงสัย และตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่จะศึกษา โดยผู้สอนกับผู้เรียนร่วมกันกำหนดปัญหาจากข้อสงสัยนั้นๆ จากนั้นผู้สอนนำผู้เรียนไปสู่การกำหนดสมมติฐาน โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหานั้นว่า มีคำตอบ ข้อสรุป หรือคำอธิบายอย่างไร
2. ขั้นการรวบรวมข้อมูลและการประเมินข้อมูล ผู้เรียนค้นหา รวบรวมข้อมูล และประเมินข้อมูล จากเอกสารต่างๆ สื่อที่ครูเตรียมให้ และจากการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การอภิปราย

กลุ่มย่อย การอภิปรายแบบระดมสมอง การทบทวนเนื้อหาสาระ มโนคติ และหลักการที่ได้ศึกษาไว้แล้ว หรือการสังเกตพฤติกรรม สัมภาษณ์ ทดลอง ทดสอบ เป็นต้น ทั้งนี้เน้นที่กระบวนการแสวงหาความรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากนั้นวิเคราะห์และประเมินข้อมูลที่ได้ว่าเกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการศึกษามากน้อยเพียงใด มีความถูกต้อง เทียบตรง น่าเชื่อถือหรือไม่

3. ขั้นการพิสูจน์ข้อสมมติฐานและการสรุป นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาประมวลเพื่ออธิบายสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งข้อมูลที่ได้อาจสนับสนุนหรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่กำหนดก็ได้ ทั้งนี้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนสรุปผลการพิสูจน์สมมติฐานของปัญหาหรือคำถามนั้น โดยการนำเสนอผลงานกลุ่ม การรายงาน เป็นต้น

4. ขั้นการนำไปใช้ ผู้เรียนนำความรู้หรือข้อสรุป แนวคิดที่ได้จากการศึกษาเกี่ยวกับคำถามหรือปัญหานั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยอาจใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีกระบวนการทางความคิดที่กว้างขึ้น

สกล มูลแสง (2554: 84-85) แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาข้อมูลเป็น 5 ขั้น ดังนี้

1. ตั้งปัญหา ครูจัดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือตั้งปัญหาเพื่อให้นักเรียนต้องทำการสืบเสาะหาความจริง ซึ่งการตั้งปัญหาอาจทำได้โดยการสร้างสถานการณ์ กิจกรรมการทดลอง และใช้สื่ออย่างอื่นช่วย เช่น รูปภาพ ภาพยนตร์ สไลด์ ตัวอย่างของจริง

2. กำหนดสมมติฐาน ครูและนักเรียนช่วยกันทำนายหรือคำตอบของปัญหาอย่างมีเหตุผลซึ่งทำโดยการตั้งคำถามเป็นชุด มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันและเป็นคำถามที่นำนักเรียนไปสู่การคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้

3. แผนการพิสูจน์สมมติฐาน เป็นขั้นที่สรรหาวิธีการที่จะให้ได้คำตอบ ครูและนักเรียนวางแผนการทดลองหาคำตอบร่วมกัน

4. ดำเนินการทดลอง ดำเนินการตามแผนที่วางไว้เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ในขั้นนี้จะมีกิจกรรมต่างๆมากมาย เช่น การแบ่งกลุ่มทำงาน มีกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มรับผิดชอบปัญหาแต่ละส่วนไปศึกษา ครูใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่การออกแบบการทดลองและกระตุ้นนักเรียนไปในตัวซึ่งนักเรียนจะกำหนดวิธี และการทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองด้วยตนเองทั้งหมด ครูจะคอยแนะนำและช่วยเหลือให้น้อยที่สุดเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น

5. สรุปผลการทดลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ข้อมูลมาสนับสนุนสมมติฐานหรือคำตอบของปัญหา นักเรียนอาจนำเสนอผลงาน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและช่วยกันสรุปผล

นอกจากนี้ครูอาจตั้งคำถามเพื่อฝึกให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือใช้ใน ชีวิตประจำวัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556: 32-33) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ต้องออกแบบการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นองค์ประกอบสำคัญ ทั้ง 5 องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีความต่อเนื่องเป็นลำดับ ดังนี้

1. สร้างความสนใจ (engagement) ครูจะกระตุ้นด้วยคำถามหรือสถานการณ์ ใช้ ภาพหรือสื่อดิจิทัล หรือแหล่งเรียนรู้ให้นักเรียนสนใจ จดจ่ออยู่กับสิ่งที่จะเรียน ว่ามีอะไรบ้างที่รู้แล้ว และสงสัยอยากรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้นอีก ความสงสัยใคร่รู้ของนักเรียนจะหลั่งไหลออกมาเป็นคำถาม มากมายที่จะนำไปสู่กิจกรรมลำดับถัดไป

2. สำรวจค้นหา (exploration) ครูจะสนับสนุนให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมสำรวจ ตรวจสอบด้วยกระบวนการต่างๆเพื่อนำไปสู่คำตอบหรือคำอธิบายของคำถามที่สนใจอยากรู้ ได้แก่ การสังเกต สำรวจ ทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล ประจักษ์พยานที่เกี่ยวข้องอย่างแม่นยำและครบถ้วน

3. อธิบายและลงข้อสรุป (explain) ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลและ ประจักษ์พยานต่างๆที่รวบรวมได้จากการสำรวจตรวจสอบ ร่วมกันวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ของ ข้อมูล แปลความหมายและลงข้อสรุป แล้วสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลนั้นด้วยคำพูดของ นักเรียน

4. ขยายความรู้ (elaborate) ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาคำอธิบายของนักเรียน กับความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้อื่นๆเพื่อปรับปรุงคำอธิบายเดิมให้เป็นแนวคิดหลักวิทยาศาสตร์ที่ ถูกต้องสมบูรณ์ตามระดับขั้นของนักเรียน

5. ประเมินผล (evaluation) ครูจะพยายามท้าทายให้นักเรียนคิดถึงการนำความรู้ที่ ได้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆหรือยกตัวอย่างการใช้ความรู้นั้นในชีวิตประจำวัน ในการประกอบอาชีพ หรือในกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้ให้นักเรียนอาจจะมีคำถามใหม่ที่สงสัยอยากรู้เป็นการนำไปสู่การเรียนรู้ ในหัวข้อต่อไปอีก อย่างไรก็ตามการประเมินผลควรทำทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ ตลอด กระบวนการตั้งแต่แรก จนถึงขั้นสุดท้ายที่สิ้นสุดบทเรียน

มาร์ติน (Martin. 1994: 193-197) เสนอขั้นตอนการสอนวัฏจักรเรียนรู้ที่เรียกว่า 4 – E learning cycle แบ่งเป็น 4 ขั้น คือ การสำรวจ (exploration) การอธิบาย (explanation) การ ขยายความรู้ (expansion) การประเมินผล (evaluation) รายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 สำรวจ (exploration)

ขั้นที่ 2 อธิบาย (explanation)

ขั้นที่ 3 ขยายความรู้ (expansion)

ขั้นที่ 4 ประเมินผล (evaluation)

คาร์นิน (Carin. 1993: 193-195) ได้เสนอวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 4E ประกอบด้วย การสำรวจตรวจสอบ (exploration) การอธิบายความรู้ (explanation) การขยายความรู้ (expansion) การประเมินความรู้ (evaluation) ตามลำดับ โดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ของเพียเจต์และการประยุกต์ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง แต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสำรวจตรวจสอบ นักเรียนเป็นศูนย์กลาง จิตใจที่ไม่สมดุลของผู้เรียนจะถูกกระตุ้นและเกิดการดูดซึม ครูใช้วิธีการกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการตอบสนองและมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันโดยการใช้คำถาม นักเรียนฝึกเชื่อมโยงความคิด ครูไม่บอกนักเรียนว่าจะเรียนเรื่องอะไรและไม่อธิบายแนวคิด บทบาทของครูคือ ตั้งคำถามเพื่อแนะแนวทางนักเรียนให้สังเกตและมีส่วนร่วมในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้แนวทางและข้อเสนอแนะเพื่อดำเนินการสำรวจเนื้อหาและรวบรวมข้อมูลหรือบันทึกข้อมูล

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายความรู้ (explanation) นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนการสอน เป้าหมายของขั้นนี้คือ เพื่อแนะแนวทางนักเรียนให้รู้จักคิด เกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ครูเลือกและจัดสิ่งแวดลอมในห้องเรียน ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนรวบรวมข้อมูล ให้ความช่วยเหลือในการรวบรวมและจัดระเบียบข้อมูลแต่ละครั้ง ครูแนะนำคำศัพท์เฉพาะที่จำเป็นสำหรับการสร้างแนวคิด หลังจากให้นักเรียนสังเกตและสำรวจ ขั้นนี้ช่วยนำไปสู่การปรับโครงสร้างความคิดดังเช่น ทฤษฎีของเพียเจต์ เมื่อนักเรียนต้องมุ่งสนใจเฉพาะการค้นหาเริ่มแรกจากการสำรวจครั้งแรก ครูต้องแนะนำภาษาและเน้นย้ำแนวคิดเพื่อช่วยปรับโครงสร้างความคิด การตั้งคำถามของครูช่วยแนะแนวทางแก่นักเรียน ดังนั้น นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายแนวคิดด้วยตนเอง และนำไปสู่การเรียนรู้การสอนขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นขยายความรู้ (expansion) นักเรียนเป็นศูนย์กลางมากที่สุด การเรียนแบบร่วมมือเป็นเป้าหมายของขั้นนี้ ซึ่งจะช่วยนักเรียนจัดระบบความคิด เชื่อมโยงประสบการณ์ การค้นพบประสบการณ์เดิมที่คล้ายกันและการค้นพบอื่นๆ การสร้างแนวคิดต้องเชื่อมโยงกับแนวคิดหรือประสบการณ์อื่น เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม ครูต้องการให้นักเรียนได้ใช้ภาษาหรือมีแนวคิดใหม่ ดังนั้น นักเรียนต้องมีความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ครูให้ความช่วยเหลือนักเรียนโดยการใช้ตัวอย่าง หรือ กำหนดประสบการณ์การสำรวจเพิ่มเติมเพื่อพัฒนานักเรียนแต่ละคน การสืบค้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์

ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม การพัฒนาทางวิชาการ การตระหนักในอาชีพ ขยายความรู้ สามารถนำไปสู่ขั้นสำรวจของบทเรียนถัดไป ดังนั้นความต่อเนื่องของการเรียนการสอนจึงเกิดเป็นวงจร

ครูช่วยนักเรียนจัดระบบความคิดโดยเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนเรียนกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์เพื่อนำไปสู่การสร้างแนวคิด ในขั้นนี้ภาษาเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการสร้างแนวคิด เพื่อเพิ่มความหมายของแนวคิดและขยายคำศัพท์ของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินความรู้(evaluation) เป้าหมายของขั้นนี้คือ เพื่อข้ามข้อจำกัดเกี่ยวกับมาตรฐานชนิดของรูปแบบการทดสอบ การเรียนรู้มักจะปรากฏเพียงเล็กน้อย การประเมินควรทำอย่างต่อเนื่อง ไม่เพียงแต่จบบทเรียนเท่านั้น การใช้วิธีการวัดที่หลากหลายเป็นความจำเป็นทั้งนี้เพื่อประเมินภาพรวมการเรียนรู้ของนักเรียนและกระตุ้นส่งเสริมการสร้างแนวคิดและทักษะกระบวนการ การประเมินควรทำในทุกขั้นของวัฏจักรการเรียนรู้

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหาและกระบวนการแสวงหาความรู้ ทำให้ความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้มีความคงทน สามารถเชื่อมโยงความรู้ เน้นการคิดอย่างมีเหตุผล และสามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้

2.5 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ชุดิมา วัฒนศิริ (2541: 162) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. แนะนำบทเรียน และกระตุ้นความสนใจของนักเรียน
2. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่จำเป็น
3. คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำขณะที่นักเรียนลงมือปฏิบัติงาน เช่น ถามคำถาม อธิบายข้อข้องใจบางอย่าง
4. แนะนำคำศัพท์ใหม่ที่พบขณะทำการทดลอง เช่น ละลาย ขยายตัว หดตัว แรงดัน อุณหภูมิ ฯลฯ

5. กระตุ้นให้นักเรียนบันทึกข้อมูล และอภิปรายผลที่ได้จากการทดลอง

ลัดดาวลย์ กัณห์สุวรรณ (2546: 9) ได้กล่าวถึงลักษณะของครูที่จัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. รู้จักใช้คำถาม

2. อดทนที่จะไม่บอกคำตอบ แต่ต้องกระตุ้นและเสริมพลังให้นักเรียนค้นหาคำตอบเอง

3. ต้องให้กำลังใจ ให้นักเรียนมีความพยายาม

4. รู้ว่าธรรมชาติของนักเรียนแต่ละคนอาจแตกต่างกัน ดังนั้น การถามนำให้นักเรียนคิดอาจไม่เหมือนกัน บางครั้งอาจต้องบอกให้บ้าง

5. เข้าใจและรู้ความหมายของพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก

6. มีเทคนิคในการจัดการให้นักเรียนแสดงออก

7. อดทนที่จะฟังคำถามและคำตอบของนักเรียน แม้ว่าคำถาม คำตอบเหล่านั้นอาจไม่ชัดเจน

8. รู้วิธีบริหารจัดการชั้นเรียน ให้นักเรียนมีอิสระในการคิด การศึกษาค้นคว้าโดยไม่เสียระเบียบของชั้นเรียน

9. รู้จักนำข้อผิดพลาดมาใช้เป็นโอกาส ในการสร้างสรรค์แนวคิดในการค้นคว้าทดลองใหม่

พิมพ์พันธุ์ เตชะคุปต์ (2547: 57) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีบทบาทดังนี้

1. เป็นผู้กระตุ้น (catalyst) ให้นักเรียนคิด โดยการกำหนดปัญหา แล้วให้นักเรียนวางแผนหาคำตอบเอง หรือกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาและวางแผนหาคำตอบเอง

2. เป็นผู้ให้การเสริมแรง (reinforce) โดยการให้รางวัลกล่าวชม เพื่อให้กำลังใจ เพื่อเกิดพฤติกรรมการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง

3. เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback actor) โดยการบอกข้อดี ข้อบกพร่องแก่นักเรียน

4. เป็นผู้แนะนำและกำกับ (guide and director) เป็นผู้แนะนำให้เกิดความคิดและกับควบคุมมิให้ออกนอกกลุ่มนอกทาง

5. เป็นผู้จัดระเบียบ (organizer) เป็นผู้จัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสื่ออุปกรณ์การสอนแก่นักเรียน

สุวิทย์ มูลคำ (2547: 141) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ดังนี้

1. กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ คิดปัญหา วางแผนเข้าปัญหาและแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน มีเหตุผล ด้วยตนเอง
2. กระตุ้นให้ผู้เรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหลายวิธี และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยในการแก้ปัญหา
3. เสริมแรงหรือให้กำลังใจแก่ผู้เรียน
4. ช่วยเหลือ แนะนำ กำกับอย่างใกล้ชิดตลอดจนเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย
5. จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญให้แก่ผู้เรียน
6. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน
7. เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งข้อดีและข้อบกพร่องแก่ผู้เรียน

จากการศึกษาบทบาทของครูในการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ข้างต้นสรุปได้ดังนี้

1. กระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจที่จะสืบเสาะหาความรู้ รู้จักคิด เกิดการตั้งคำถาม โดยการใช้คำถาม สถานการณ์หรือประเด็นที่กำลังเป็นที่ถกเถียง
2. กระตุ้นให้นักเรียนคิดหาวิธีการหาคำตอบหลายวิธีโดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการหาคำตอบเอง และลงมือปฏิบัติโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. จัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ ที่จำเป็นสำหรับการสืบเสาะหาความรู้ให้นักเรียน
4. ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในขณะที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ โดยอธิบายและแนะแนวทางแก้ปัญหา แต่ไม่บอกคำตอบแก่นักเรียน
5. ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนทั้งข้อดีและข้อบกพร่อง ให้การเสริมแรงเป็นกำลังใจแก่นักเรียนจนสามารถทำงานสำเร็จตามเป้าหมาย

2.6 ประเภทของวิธีการสืบเสาะหาความรู้

คารินและซันด์ (พิมพ์พันธุ์ เตชะคุปต์. 2544: 58; อ้างอิงจาก Carin and Sund, 1980) แบ่งวิธีสืบสอบเป็น 3 ประเภท โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ดังนี้

1. แบบ Guided discovery เป็นวิธีให้นักเรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง วิธีนี้ครูและนักเรียนมีบทบาทเท่ากัน โดยเตรียมวิธีการปฏิบัติการทดลองไว้แล้วเป็นระดับที่ง่ายที่สุด
2. แบบ Less guided discovery เป็นวิธีสืบสอบที่ครูเป็นผู้วางแผน วิธีนี้ครูมีบทบาทลดลงเมื่อเทียบกับวิธีในข้อ 1 นักเรียนมีบทบาทมากขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อนกว่าแบบที่ 1

3. แบบ Free discovery เป็นวิธีสืบสอบที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง วิธีนี้นักเรียนมีบทบาทมากที่สุด ครูมีบทบาทน้อยหรือไม่มีเลย เป็นระดับที่ซับซ้อนและยากที่สุด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 10) ได้กำหนดประเภทของการสืบเสาะโดยพิจารณาจากระดับของการสืบเสาะหาความรู้ (Level of inquiry) แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยันความรู้เดิม (confirmed inquiry) นักเรียนทำกิจกรรมสำรวจตรวจสอบองค์ความรู้ที่มีผู้ค้นพบมาแล้ว แต่นักเรียนยังไม่รู้หรือรู้แล้ว โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและองค์ความรู้ที่คาดหวังให้นักเรียนค้นพบ นักเรียนทำกิจกรรมตามที่กำหนดในใบงานหรือในหนังสือเรียน

2. การสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง (directed inquiry) นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ครูเป็นผู้กำหนด และสาธิตหรืออธิบายวิธีการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนดไว้ในใบงาน

3. การสืบเสาะหาความรู้แบบแนะแนวทาง (guided inquiry) นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดขึ้นเอง ครูเป็นผู้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบและให้คำแนะนำ

4. การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (open inquiry) เป็นระดับการสืบเสาะหาความรู้ที่มากกว่าแบบอื่นๆ นักเรียนมีอิสระในการค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง จากประเด็นปัญหาที่กำหนดขึ้นเองตามความสนใจ ออกแบบการสำรวจตรวจสอบและดำเนินการทดสอบด้วยตนเอง

2.7 เทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ประสาธน์ เนืองเฉลิม (2558: 141-145) ได้ศึกษาและนำเสนอเทคนิควิธีการจัดการเรียนการสอนที่นำมาใช้การสอนแบบสืบเสาะที่สามารถนำพาผู้เรียนไปสู่การค้นคว้าและหาคำตอบ ดังนี้

1. การตั้งคำถาม (Inquiry through questioning) เป็นเทคนิคที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดตั้งคำถามและประเด็นปัญหาที่นำไปสู่การตั้งสมมติฐานเพื่อค้นคว้าหาคำตอบ คำถามต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ชนิดของคำถามอาจเป็นแบบปลายปิดและปลายเปิด ไม่ควรยากเกินไป เรียงตามความสำคัญ ถามทั้งชั้นก่อนแล้วค่อยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเสนอความคิดเป็นรายบุคคล

2. การสาธิต (Inquiry through demonstration) กิจกรรมการทดลองหรือการสาธิต ให้ผู้เรียนสังเกตและตั้งคำถาม จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจแก่นทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

3. การอภิปราย (Inquiry through discussion) การอภิปรายระหว่างผู้เรียนด้วยกันหรือระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน เป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาความรู้ในแง่มุมต่างๆ ทำให้เกิดการมีส่วนร่วม รู้จักรัก เคารพ ให้เกียรติซึ่งกันและกัน ก่อให้เกิดความสามัคคีในการทำงาน เป็นคนกล้าแสดงออก และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเรียนรู้การทำงานร่วมกับคนอื่นในสภาพชีวิตจริง มีการแบ่งปันความรู้ที่มีคุณค่าและนำพาผู้เรียนไปสู่ภาวะของการเป็นผู้รู้

4. การปฏิบัติทดลอง (Inquiry through laboratory work) ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรง มีประสบการณ์ในการทดลองและปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ สามารถออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถประเมินผลการทดลองของตนเองได้ เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ใช้ประสาทสัมผัสมาช่วยในการแก้ปัญหาผ่านการเลือกกิจกรรมการทดลองที่เหมาะสม จะเป็นการสร้างเสริมความรู้ความเข้าใจและมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

2.8 ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อผู้เรียน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อผู้เรียน ดังนี้

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558: 49-50) กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ มีโอกาสได้ศึกษา สืบค้น รวบรวมข้อมูล บันทึก ทดสอบความคิด ทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง
2. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันกับผู้อื่น รู้จักอภิปรายแสดงความคิดเห็นระหว่างกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล
3. ผู้เรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ความรู้ และทักษะ
4. ผู้เรียนรู้จักประเมินการทำงานด้วยตนเอง และนำผลการประเมินไปปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ (2546: 9) กล่าวว่า การเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ สามารถจะพัฒนานักเรียนดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมและเป็นผู้ริเริ่ม

2. นักเรียนจะพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาการตัดสินใจ

3. นักเรียนจะพัฒนาทักษะในการศึกษาค้นคว้าวิจัยและสามารถใช้ทักษะนี้ในการดำรงชีวิตได้

4. นักเรียนจะมีโอกาสทำงานร่วมกับเพื่อนในการแก้ปัญหาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้และประสบการณ์กับเพื่อน

5. นักเรียนจะได้พัฒนาความรับผิดชอบโดยจะต้องรับผิดชอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง

บรูเนอร์ (Sund; & Trowbridge. 1973: 64 citing Bruner.) ได้กล่าวถึงเหตุผลที่ควรควรใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะไ้ดังนี้

1. ช่วยพัฒนาศักยภาพทางวิชาการ
2. นักเรียนได้รับการกระตุ้นการเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอก
3. การเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาวิธีแก้ปัญหาต่างๆด้วยตนเอง
4. นักเรียนสามารถจดจำความรู้ได้นาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2558: 72-73) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การเรียนรู้ผ่านโครงการ Constructionism 5Es กับโรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดสุราษฎร์ธานี 3 (บ้านนา) พบว่าผลของการสอนแบบสืบเสาะที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนมีดังนี้

1. ผู้เรียนเปิดกว้าง ได้รู้จักเข้าใจตนเองดีขึ้นโดยทราบข้อดีและข้อบกพร่องของตนเอง ไปสู่โลกของข้อมูลข่าวสารหลากหลาย เรียนรู้ไม่สิ้นสุดจากอินเทอร์เน็ต

2. ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างเป็นระบบมากขึ้น เพราะการเรียนรู้จากการทำงาน ทำให้ต้องคิดพิจารณาหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหา ทำให้รู้จักจัดระบบความคิดเพื่อแก้ปัญหา

3. ผู้เรียนรู้จักวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น รู้ว่าจะแสวงหาความรู้ตามแนวทางที่เหมาะสมกับตนเองได้อย่างไร และรู้ว่าเป็นแหล่งความรู้อีกแหล่งหนึ่งที่สำคัญ จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

4. ผู้เรียนรู้จักแก้ปัญหาและตัดสินใจอย่างมีเหตุผลมากขึ้น จากการฝึกฝนจากการวิเคราะห์ปัญหาและข้อมูลต่างๆในระหว่างการทำงานปฏิบัติ อันนำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง

5. ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเองในการนำเสนอผลงาน กล้าแสดงออกอย่างมีเหตุผลมากขึ้นเป็นผู้พูดและผู้ฟังที่ดี

6. ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ คิดเชื่อมโยง และคิดวิเคราะห์ นอกจากนั้นยังสามารถนำความรู้ไปศึกษาต่อในเรื่องที่ตนสนใจ มีโอกาสลองผิดลองถูก ฝึกแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีอิสระทางความคิดภายใต้ความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ค้นพบ ทำให้มีความสุขกับการเรียน

จากที่กล่าวมา ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมและเป็นผู้ริเริ่มในการเรียนรู้
2. ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ ผ่านการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหา ฝึกการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ การทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง
3. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ร่วมอภิปราย แสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดของคนอื่น
4. ผู้เรียนได้พัฒนาด้านสติปัญญา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาทักษะการคิด เช่น การคิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ คิดสร้างสรรค์ และเรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิด
5. ผู้เรียนรู้จักวิธีค้นคว้าหาความรู้ การแก้ปัญหาด้วยตนเอง
6. ผู้เรียนสามารถจดจำความรู้ได้นาน เป็นความรู้ที่มีความหมาย และสามารถถ่ายโอนความรู้ได้
7. ผู้เรียนเรียนรู้ในมิติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
8. ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนเนื่องจากได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และสนุกสนานกับการเรียนรู้
9. ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
10. ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์
11. ผู้เรียนสามารถประเมินการทำงานด้วยตนเอง นำผลการประเมินไปปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น
12. ผู้เรียนได้พัฒนาความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง
13. ผู้เรียนเกิดความเชื่อมั่นในการทำสิ่งต่างๆให้สำเร็จด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มุ่งให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบและสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้เรียนจะได้รับการปลูกฝังให้ค้นคว้าหาความรู้ตามแนวทางของนักวิทยาศาสตร์ ได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาและทักษะในการสืบเสาะหาความรู้ สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เกิดเจตคติเชิงบวกต่อวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่ายังขาดการเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม รวมทั้งการที่ไม่ได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาของสังคมซึ่งเป็นผลกระทบมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอกจากนั้นปริมาณของข้อมูล ข่าวสารทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เพิ่มมากขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในยุคโลกาภิวัตน์ (Globalization) ทำให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องไม่เพียงแต่ให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาและ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น ผู้เรียนควรสามารถใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริง โดยเฉพาะเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนต้องสามารถรับรู้และตอบสนองต่อประเด็นปัญหา รับสาระ ข้อมูลข่าวสาร และเป็นผู้บริโภคที่ชาญฉลาด

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science Technology and Society:STS Approach)

3.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศในแถบยุโรป ซึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1980 เป็นช่วงเวลาที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาจึงเริ่มตระหนักเกี่ยวกับผลกระทบ อันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการดำรงชีวิตและสังคม ดังนั้น นักการศึกษาจึงพยายามหาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงปัญหา บริบทหรือสถานการณ์จริงของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และอยากเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science Technology and Society:STS) เป็นกลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการผลักดันให้นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในประเทศต่างๆ รวมทั้งประเทศไทยด้วย (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2558: 53-54)

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558: 54-58) ได้ลำดับความเป็นมาของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมไว้ดังนี้

ในช่วงต้นปี ค.ศ. 1971 Jim Gallagher ได้เสนอบทความ “A Broader Base for Science Teaching” ซึ่งเป็นการเปลี่ยนเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่เน้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับประเด็นทางเทคโนโลยีและสังคม โดยให้นักเรียนรู้และเข้าใจความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมเทียบเท่ากับการรู้และเข้าใจแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ปี ค.ศ. 1972 ประเทศเนเธอร์แลนด์ได้จัดทำ Projekt Leepakket Ontwikkeling Natuurkunde หรือเรียกว่า PLON project เพื่อปรับหลักสูตรและเป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในโรงเรียน โดยเน้นถึงความสัมพันธ์ของวิชาฟิสิกส์เทคโนโลยีและสังคม

ปี ค.ศ. 1973 ประเทศแคนาดาโดย Aikenhead กับ Fleming ได้ทำวิจัยในชั้นเรียนเรื่อง Science : A Way of Knowing เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมแล้วเสนอรายงานการวิจัยฉบับร่างและตีพิมพ์ฉบับสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 1975

ในปี ค.ศ. 1975 Paul Hurd ได้เสนอบทความเรื่อง “ Science, Technology, and Society : New Goals for interdisciplinary Science Teaching” ซึ่งเป็นบทความที่กล่าวถึงโครงสร้างหลักสูตรการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

ในปี ค.ศ. 1976 ประเทศอังกฤษได้สร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมขึ้น หลังจากการตีพิมพ์ ผลงานของโครงการวิทยาศาสตร์ในสังคม (Science in Society) โดยสมาคมการศึกษาวิทยาศาสตร์ (The Association for Science Education) และมีโครงการอื่นเกิดขึ้นตามมา เช่น โครงการ SISCON (Science in a Social Context)-in – School) เป็นโครงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยใช้บริบททางสังคม

ในปี ค.ศ. 1977 สภาสังคมศึกษาแห่งชาติ (The National Council for The Social Studies) ของประเทศสหรัฐอเมริกาศึกษาเรื่องวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมของโลกและในปีเดียวกันมี Project Synthesis ได้จัดขอบเขตของวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยส่วนหนึ่งของโครงการนี้ได้อธิบายลักษณะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

ในปี ค.ศ. 1980 มีการจัด Malvern Seminar ที่ประเทศอังกฤษมีการนำเสนอหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมหลายโครงการ เช่น San Salvador Project และ Mexican Project มีความเกี่ยวข้องกับบริบทสังคมจึงมีผลมากต่อหลักสูตรการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดนี้

ในปี ค.ศ. 1982 ผู้อำนวยการสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกาหรือ National Science Association (NSTA) ประกาศยอมรับว่าแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมเป็นแนวทางหลักของวิทยาศาสตร์ศึกษา ในช่วงปี 1980 (Lazarowitz and Tamir, 1994) และนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้จัดการประชุมสัมมนาที่เรียกว่า International Organisation for Science and Technology Education Symposium (IOSTE Symposium) ที่เมือง Nottingham ในประเทศอังกฤษ และเมือง Saskatoon ในประเทศแคนาดาเป็นการร่วมมือระหว่างกลุ่มที่ให้ความสนใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ IOSTE กับกลุ่มจากสหรัฐอเมริกา เช่น Joe Piel, Bob Tager, และ Rodger Bybee จัดตั้งเครือข่ายที่เรียกว่า STS Research Network Missive ได้ร่วมกันออกจดหมายข่าวงานวิจัยชื่อว่า Missives จากการประชุมในครั้งนี้ มีการตกลงร่วมกันและตั้งชื่อกลุ่มที่กลุ่มที่สนใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมว่า Science-Technology–Society (STS) เกิดขึ้น ได้รับอิทธิพลจากหนังสือของ John Ziman ชื่อ Teaching and Learning about Science

and Society ได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษา เพราะเป็นหนังสือเกี่ยวกับหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม

ในปี ค.ศ. 1984 UNESCO จัดตั้ง International Network for Information in Science and Technology Education (INISTE) คือ เครือข่ายข้อมูลเพื่อการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในปี ค.ศ. 1989 สมาคมสังคมศึกษาแห่งชาติ หรือ National Council for The Social Studies (NCSS) ซึ่งเป็นสมาคมระหว่างประเทศได้จัดประชุมนานาชาติ โดยเน้นให้เห็นบทบาทของสังคมศึกษา ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมในโรงเรียน มีประวัติความเป็นมาที่ยาวนาน โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อต้องการพัฒนาให้คนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์คือมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในทางสร้างสรรค์ทั้งในชีวิตส่วนตัวและต่อสังคม เชื่อมโยงแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ คิดอย่างมีเหตุผล เข้าใจคุณค่าและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รู้และเข้าใจความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เสนอแนะวิธีแก้ปัญหาสังคมที่เกิดจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้น การสร้างและพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมยังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

3.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS approach) ดังนี้

บัญชา กัลยารัตน์ (2534: 57) กล่าวว่า การจัดการศึกษาตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม คือ การจัดกระบวนการ ประสบการณ์ ให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยใช้วิทยาศาสตร์ศึกษา (Science education) เป็นแกนในการที่จะใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ในสังคมเกี่ยวกับชีวิตความเป็นอยู่ของสังคมและการพัฒนาสังคม

นฤมล ยุตาคม (2542: 31-32) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม หมายถึง การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (student – centerd) เน้นการศึกษาวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ชีวิตจริง โดยใช้ปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและประสบการณ์ของผู้เรียนเป็นตัวนำเข้าสู่บทเรียน

ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และมีความรู้ความเข้าใจรวมทั้งสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาและประเด็นต่างๆที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542: 36) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นการสอนให้เกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกระบวนการแสวงหาความรู้ และมีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยเน้นความรู้ที่เกี่ยวกับตนเอง วัฒนธรรม ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในท้องถิ่น ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเก็บรวบรวมข้อมูล การแก้ปัญหา และการตัดสินใจ

เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์ (2544: 26) กล่าวว่า การกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นกิจกรรมที่ใช้ประเด็นปัญหาสังคมหรือสิ่งที่นักเรียนสนใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นตัวนำเข้าสู่บทเรียน กิจกรรมการเรียนรู้เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการเรียนรู้แบบนี้จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด ทักษะ การนำไปใช้ ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น

ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2544: 226) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เรียนสิ่งที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับผู้เรียน เริ่มต้นกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยคำถามหรือปัญหาที่ผู้เรียนเป็นผู้พบเอง หรือเกิดจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนหาคำตอบ ทำให้นักเรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคือสิ่งที่อยู่รอบตัว เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการดำรงชีวิต สามารถใช้และประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนให้เกิดประโยชน์ได้

สุทธิดา จำรัส (2556: 71) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ประเด็นปัญหาสังคม หรือสิ่งที่ผู้เรียนสนใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นตัวนำเข้าสู่บทเรียนและเป็นแกนเรื่องของการดำเนินกิจกรรม ผู้เรียนจะสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติในประเด็นที่สนใจ และนำข้อค้นพบไปดำเนินการเพื่อให้เกิดผลกระทบในสังคม

เอ็นเอสทีเอ (เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์. 2544:14; อ้างอิงจาก NSTA. 1993) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจริง แทนการเรียนการสอนที่เริ่มต้นด้วยแนวคิดและกระบวนการ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการคิดวิเคราะห์และประยุกต์ใช้แนวคิดและกระบวนการในสถานการณ์จริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้ในห้องเรียนกับสถานการณ์จริงในท้องถิ่นของผู้เรียนได้ ผู้เรียนจะพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ได้ใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน และกล้าตัดสินใจด้วยตนเอง

แมนซัวร์ (Mansour. 2005: 2) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) คือ การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการเนื้อหาวิชาหลายสาขาเพื่อค้นหา สำรวจ ทำความเข้าใจ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สิ่งที่เกิดขึ้นมาและวัฒนธรรมแบบใหม่ หรือคุณค่าของรูปแบบ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่

ไซแมน (Ziman. 1980; citing Yager. 1993. School Science and Mathematics. 145) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นหลักสูตรการเรียนการสอนที่ออกแบบมา เพื่อให้แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่อยู่ในหลักสูตรเท่านั้น แต่มีความหมาย และมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

เยเกอร์ (Yager. 1992: 8) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม คือ การจัดการเรียนการสอนที่รวมเอาประสบการณ์ของผู้เรียน คำถาม และประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง สถานการณ์ที่นักเรียนมีส่วนร่วม โดยครูผู้สอนสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนจำเป็นต้องใช้ แนวคิดพื้นฐานและทักษะกระบวนการ การสอนแบบนี้ ทำให้นักเรียนมีทักษะ เกิดความกระตือรือร้น มีความรับผิดชอบโดยตอบสนองต่อประเด็นที่มีผลกระทบต่องานจริง ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์

เบนเลย์ อีเบิร์ตและอีเบิร์ตจูเนียร์ (Bentyey, Michael Lee; Ebert, Christine & Ebert II, Edward S. 2000: 214) กล่าวถึง การเรียนการสอนแบบ STS Approach ว่า เป็นวิธีสอน วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา และตัดสินใจ เกี่ยวกับกิจกรรมต่างๆ ภายใต้บริบทของโลกตามความจริง ซึ่งการเรียนการสอนแบบนี้ นักเรียนได้เรียน ทั้งวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ และเชื่อมโยงทางด้านสังคมกับสิ่งแวดล้อม

อัลซอปและเพเรตติ (Alsop & Pedretti. 2001: 196) กล่าวถึง การเรียนการสอนแบบ STS Approach ว่า เป็นการบูรณาการวิชาต่างๆ ทั้ง ศิลปกรรม จริยธรรม การเมือง ปรัชญา ประวัติศาสตร์ แนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อสำรวจ สืบค้น วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

แครอล บูซอว์และจอห์น บูซอว์ (Caral M. Butzow; & Jonh W. Butzow. 1989: 29-30) กล่าวว่า การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม คือ การบูรณาการเนื้อหาสาระวิชา และทักษะกระบวนการ ทักษะการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์สถานการณ์ที่ส่งผลต่อทางเลือกและค่านิยม

ของคน ความซับซ้อนของสังคมในปัจจุบันที่นักเรียนเผชิญ โดยใช้ประเด็นต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงทรัพยากรน้ำ คุณภาพอากาศ สงครามนิวเคลียร์ สุขภาพมนุษย์ การสูญพันธุ์ของพืชและสัตว์ ครูสามารถใช้หัวข้อเหล่านี้ในการแนะนำแนวคิดและรวมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้าด้วยกันซึ่งทำให้มีความหมายสำหรับเด็กโดยการบูรณาการแนวคิด การเขียน การศึกษาทางสังคม และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนเรียนรู้สิ่งที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงหรือประสบการณ์จริงของตน โดยใช้ประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตั้งคำถามและหาคำตอบเกี่ยวกับประเด็นเหล่านั้นโดยใช้ แนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้แบบ STS Approach จะต้องคำนึงถึงเรื่องต่อไปนี้ (เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์. 2544: 14; อ้างอิงจาก NSTA. 1990)

1. เรื่องนี้เป็นปัญหาหรือประเด็นหรือไม่
2. เรื่องนี้เป็นปัญหาหรือประเด็นอย่างไร
3. มีทางเลือกหรือวิธีการใดบ้างที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา
4. วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวจะทำให้เกิดผลด้านบุคคลและสังคมอย่างไร

3.3 ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

การจัดการเรียนรู้แบบ STS Approach มีลักษณะที่สำคัญ 11 ประการ (เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์. 2544: 14; นฤมล ยุตาคม. 2542: 32; ณัฐวิทย์ พจนตันติ. 2544: 228; ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2558: 65-66) ดังนี้

1. นักเรียนใช้ประสบการณ์ในชีวิตจริงนำเข้าสู่บทเรียนและเป็นผู้ตั้งคำถามที่สนใจในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. ใช้แหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนที่มีอยู่ในท้องถิ่น ทั้งที่เป็นบุคคล เอกสารและวัสดุ อุปกรณ์ในการศึกษาหาความรู้
3. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการค้นหาข้อมูล ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
4. ขยายขอบเขตออกไปนอกชั่วโมงเรียน นอกห้องเรียน และนอกโรงเรียน
5. เน้นผลกระทบของวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่มีต่อนักเรียนแต่ละคน

6. มองเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ มีมากกว่าแนวคิดหรือตัวความรู้ที่ต้องการให้นักเรียนสอบผ่าน

7. เน้นทักษะกระบวนการต่างๆที่นักเรียนนำมาใช้ในการแก้ปัญหาของตน

8. เน้นความตระหนักในเรื่องอาชีพ โดยเฉพาะอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

9. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงบทบาท ในฐานะพลเมืองที่มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

10. มีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่จะส่งผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์ในอนาคต

11. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วม ในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง

นอกจากนี้ เยเกอร์และทาเมอร์ (Yager and Tamir, 1993: 644) ได้เปรียบเทียบลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมและการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ดังตาราง 6

ตาราง 6 การเปรียบเทียบลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมและการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

การจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม	การจัดการเรียนรู้แบบ STS
1. ครูเป็นศูนย์กลาง	1. นักเรียนเป็นศูนย์กลาง
2. เชลี่ยนักเรียนโดยใช้การแบ่งกลุ่ม	2. ยอมรับว่านักเรียนมีความหลากหลาย จัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับความแตกต่างแต่ละคน
3. ใช้หนังสือเรียนเป็นคู่มือในการเรียนรู้	3. ใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย
4. นักเรียนบางกลุ่มเท่านั้นที่ทำงาน โดยใช้การทดลอง	4. นักเรียนเรียนแบบร่วมมือเพื่อดำเนินการแก้ปัญหาหรือประเด็น
5. นักเรียนเป็นผู้รับความรู้ในการจัดการเรียนรู้	5. นักเรียนคิด วางแผนการเรียนรู้ และค้นหาคำตอบด้วยตนเอง
6. ครูไม่ได้สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน และเชื่อว่านักเรียนเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการจัดการเรียนรู้สิ่งที่ยากให้ง่าย	6. ครูสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่นักเรียนและยอมรับว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุดด้วยประสบการณ์ของตนเอง
7. ครูวางแผนการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู และแบบเรียนที่กำหนดไว้ในหลักสูตรอย่างเคร่งครัด	7. ครูวางแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาและประเด็นในปัจจุบัน

3.4 การใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ในการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลายๆประเทศทั่วโลก นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้จำแนกรูปแบบของ STS Approach โดยพิจารณาจากการประเมินเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ได้ 8 รูปแบบ (Aikenhead. 1994.; อ้างอิงจาก ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2558: 70-73) ดังนี้

1. การใช้ STS สร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ (motivation by STS content) การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้จะใช้ STS เพื่อสร้างความสนใจให้กับหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนจะไม่ได้รับการประเมินเนื้อหาวิทยาศาสตร์และสังคมเลย

2. การบูรณาการ STS เข้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างง่าย ๆ (causal infusion of STS content) การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ใช้เวลาเพียง 1-2 ชั่วโมง ที่จัด STS ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยอัตราส่วนของ STS กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนรวมทั้งการประเมินเป็น 5% กับ 95% ตามลำดับ แต่เนื้อหา STS ไม่ได้เรียงลำดับเชื่อมโยงกัน

3. การบูรณาการ STS เข้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เต็มรูปแบบ (Purposeful infusion of STS content) การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้ใช้เวลาเพียง 1-2 ชั่วโมง ที่จัด STS ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยอัตราส่วนของ STS กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนและการประเมินเป็น 10% กับ 90% ตามลำดับ และเนื้อหา STS มีการเรียงลำดับเชื่อมโยงกัน

4. การเรียนวิทยาศาสตร์สาขาใดสาขาหนึ่งผ่านเนื้อหา STS (singular discipline through STS content) การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้จะใช้เนื้อหา STS เป็นตัวช่วยจัดลำดับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเนื้อหาวิทยาศาสตร์จะถูกเลือกมาสอนเพียงสาขาใดสาขาหนึ่งเท่านั้น โดยอัตราส่วนของ STS กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนและประเมินผลเป็น 20% กับ 80% ตามลำดับ

5. การเรียนวิทยาศาสตร์ผ่านเนื้อหา STS (Science through STS content) การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้จะใช้เนื้อหา STS เป็นตัวช่วยจัดลำดับเนื้อหาการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ถูกเลือกมาสอนจะมีทุกสาขาวิชาขึ้นอยู่กับเนื้อหา STS โดยอัตราส่วนของ STS กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนและการประเมินเป็น 30% กับ 70% ตามลำดับ

6. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเนื้อหา STS (science along with STS content) การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้จะเน้นเนื้อหา STS และเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ตรงกับประเด็นของปัญหา จะเพิ่มคุณค่าให้กับการเรียนรู้ มีการประเมินความรู้นักเรียนทั้ง STS และเนื้อหาวิทยาศาสตร์เท่าๆกัน

7. การบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์เข้าไปในเนื้อหา STS (infusion of science into STS content) การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้เน้น STS เป็นหลัก และจะกล่าวถึงความรู้วิทยาศาสตร์ในบางส่วนที่เกี่ยวข้องเท่านั้น และการประเมินผลจะประเมินเนื้อหา STS เป็นหลัก ส่วนความรู้วิทยาศาสตร์จะประเมินเพียงเล็กน้อย อัตราส่วนของ STS และเนื้อหาวิทยาศาสตร์เป็น 80% กับ 20% ตามลำดับ

8.การสอน STS (STS content) การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มนี้จะเน้นเทคโนโลยี และสังคมเป็นหลัก ส่วนวิทยาศาสตร์เป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีกับสังคมเท่านั้น การประเมินผลจะไม่มีการประเมินความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS Approach)

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้นำเสนอโมเดลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เอาไว้หลายรูปแบบที่ถูกกล่าวถึงอย่างแพร่หลายมีดังต่อไปนี้

3.5.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของเยเกอร์ (Yager. 1992: 14-15) ได้เสนอโมเดลการเรียนรู้การสร้างความรู้ (The Constructivist Learning Model:CLM) มี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Invitation) สังเกตสิ่งแวดล้อมรอบๆ เพื่อหาประเด็นหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตั้งคำถามและคำตอบที่เป็นไปได้ บันทึกประเด็นที่ไม่ได้คาดคิดไว้ กำหนดสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) เน้นการระดมสมองของนักเรียนเพื่อหาทางเลือกสำหรับการทดลองหาข้อมูลด้วยการกำหนดวิธีการเฉพาะ ออกแบบการรวบรวมข้อมูลและจัดกระทำข้อมูลโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหา เลือกแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม อภิปรายการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย และดำเนินการทดลองประเมินทางเลือกด้วยการอภิปรายร่วมกัน ระบุมุมมองและความเสี่ยงและผลลัพธ์ กำหนดวิธีการสืบค้น และวิเคราะห์ข้อมูล

3. ขั้นเสนอการอธิบายและการแก้ปัญหา (Proposing explanations and solution) นักเรียนสื่อสารข้อมูลและการสร้างแนวคิด อธิบายการสร้างรูปแบบการอธิบายใหม่ ทบทวนและวิจารณ์การแก้ปัญหา โดยใช้การประเมินที่ผ่านมา รวบรวมคำตอบ แก้ปัญหาด้วยข้อยุติที่เหมาะสม บูรณาการปัญหาด้วยความรู้และประสบการณ์

4. ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Taking action) นักเรียนตัดสินใจ ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะ ถ่ายทอดความรู้และทักษะ แบ่งปันข้อมูลและความคิด ตั้งคำถามใหม่ พัฒนาผลผลิตและสนับสนุน

ความคิด ใช้รูปแบบและความคิดเพื่อโต้แย้งสิ่งที่ไม่เหมาะสมและการยอมรับโดยวิธีอื่นๆตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นโต้แย้งทางสังคมที่ตนเองเกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม

3.5.2 เพเดอสัน (Pederson. 1990: 25-26) ได้เสนอโมเดลการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมโดยการสืบสอบประเด็นปัญหา(Jurisprudential Inquiry STS Model) ซึ่งมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดประเด็นปัญหา(Orientation to the issue) ขั้นตอนนี้เน้นการได้มาซึ่งความรู้ นักเรียนพัฒนาความคิดรวบยอดพื้นฐานและหาความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม กำหนดประเด็นปัญหาและเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยช่วยกันคิดและตัดสินใจร่วมกัน

2. การขยายความและให้คำจำกัดความประเด็นปัญหา(Identifying and defining the issue) นักเรียนระบุคุณค่าและประเมินการโต้แย้ง ตั้งคำถามเกี่ยวกับการไม่ยอมรับข้อคิดเห็น ในขั้นนี้ นักเรียนพัฒนาความสัมพันธ์ทางเทคโนโลยีหรือพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อประเด็นทางสังคม นักเรียนสังเกตผลของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่มีต่อสิ่งอื่น แสดงความคิดเห็นที่แตกต่างกันเกี่ยวกับประเด็นปัญหารวมทั้งข้อเสนอกับที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหา

3. การสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสู่การอภิปราย (Synthesizing the research information into arguments) ขั้นนี้เน้นพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและกระบวนการสื่อสาร โดยใช้ความรู้ที่ได้รับจากการเรียนเกี่ยวกับประเด็นหรือปัญหาทางสังคม นักเรียนประเมินคุณค่าโดยใช้ข้อเท็จจริงสนับสนุน ตรวจสอบความต้องการหรือไม่ต้องการข้อสรุป เปรียบเทียบความคล้ายคลึงของเหตุการณ์เพื่อให้เกิดความชัดเจน มีส่วนร่วมในการกำหนดขั้นตอน

4. การเปิดประชุมสาธารณะ (The public meeting) นักเรียนจำลองการประชุมสาธารณะ เลือกกรรมการดำเนินงานซึ่งคัดเลือกจากตัวแทนต่างๆเพื่อทำหน้าที่ดำเนินการในการอภิปราย นำเสนอแง่มุมความแตกต่างของประเด็นปัญหาที่ได้มาจากการศึกษา

5. การสร้างความชัดเจนและความสอดคล้อง(Clarification and consensus) นำข้อมูลที่ได้จากการเปิดประชุมสาธารณะมาสร้าง ความชัดเจนและนำเสนอใหม่โดยจะแบ่งกันไปที่กลุ่มเดิม และสร้างองค์ความรู้จนได้ประเด็นที่เหมาะสมมานำเสนอใหม่ซึ่งอาจทำเป็นแผ่นพับประชาสัมพันธ์ ทั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างความสอดคล้องของประเด็นปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่สรุปจากการได้วาที่ และการค้นคว้าจากกลุ่มอื่นๆ

6. การนำไปใช้ (Application) นักเรียนใช้ข้อมูลที่สรุปได้จากความคิดเห็นของคนส่วนใหญ่ และการค้นคว้าจากกลุ่มอื่นๆไปปฏิบัติด้วยตนเองโดยตรง หรือบอกข้อเสนอนั้นไปยังผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้อง

3.5.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของคาร์ริน (Carin. 1993: 25-26) ได้เสนอโมเดลการสอนตามแนวคิด STS Approach ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหา (Solve model) รูปแบบการสอนแบบนี้สามารถตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนและเพิ่มพูนความรู้ใหม่ได้โดยผ่านทักษะการแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติ และการนำไปใช้ ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนมี 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสืบค้น (Search) นักเรียนระดมสมองช่วยกันเลือกหัวข้อและระบุคำถามที่จะศึกษา จำนวน 1-2 คำถาม โดยหัวข้อหรือคำถามนั้นอาจมาจากหนังสือเรียน การทดลอง การสาธิต กิจกรรม การทัศนศึกษา รายการทีวี เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชุมชนหรือจากแหล่งอื่นๆ
2. ขั้นแก้ปัญหา (Solve) นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เดิมและดำเนินการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิธีการทางวิจัยเพื่อนำมาสู่การตอบคำถามหรือแก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนสามารถอธิบายทำการทดลอง หรือใช้วิธีการที่มีความสัมพันธ์กัน
3. ขั้นสร้างสรรค์ (Create) นักเรียนรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล จัดกระทำข้อมูลโดยใช้กราฟรูปแบบต่างๆ หรืออาจใช้แผนภาพ
4. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาแก่กลุ่มเพื่อนโดยอาจนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น การบรรยาย การเขียนรายงาน การใช้โปสเตอร์ เพลง วิดีทัศน์ บทกลอน บทประพันธ์อื่นๆ
5. ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) นักเรียนนำความรู้หรือผลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือนำเสนอข้อค้นพบแก่ผู้เกี่ยวข้องโดยการเขียนจดหมายถึงบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นเพื่อแก้ไขปัญหาต่อไป

3.5.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของไบรอัน (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2558: 76-77; อ้างอิงจาก Bryant. 1995) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ในการพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการและคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนจะเป็นผู้แนะนำช่วยเหลือให้นักเรียนทำตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. ขั้นสงสัย (I wonder) นักเรียนสงสัยและตั้งคำถามที่ตนสนใจเกี่ยวกับบริบทรอบตัว
2. ขั้นวางแผน (I plan) นักเรียนวางแผนการค้นหาคำตอบ และรวบรวมแหล่งความรู้ต่างๆ เพื่อตอบคำถามที่ตั้งขึ้น
3. ขั้นค้นหาคำตอบ (I investigate) นักเรียนลงมือค้นหาคำตอบตามแผนที่ตั้งไว้
4. ขั้นสะท้อนความคิด (I reflect) นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้เชื่อมโยงกับความคิดทางวิทยาศาสตร์และไตร่ตรองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง

5. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (I share) นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้มา โดยการนำเสนอผลการค้นหาคำตอบด้วยวิธีต่างๆ

6. ขั้นนำไปปฏิบัติ (I act) นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันนอกห้องเรียน

3.5.5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของ Yuenyong (2006) (Yuenyong. 2006.; อ้างอิงจาก โชคชัย ยืนยง. 2550:32-33) ได้เสนอโมเดลการสอนแบบ STS approach ทั้งหมด 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหาสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขั้นนี้นักเรียนจะต้องตระหนักถึงปัญหาสังคม เนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และซาบซึ้งว่าตนมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้

2. ขั้นหาแนวทางการแก้ปัญหา จากที่นักเรียนรับรู้ปัญหาสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวางแผนการหาคำตอบของปัญหา โดยนักเรียนจะพิจารณาความรู้ที่ตนมีอยู่ และวางแผนหาความรู้เพิ่มเติมที่จะสนับสนุนให้นักเรียนหาคำตอบได้

3. ขั้นต้องการความรู้ ขั้นนี้นักเรียนจะต้องศึกษาความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น เพื่อเป็นฐานข้อมูลที่ดี สำหรับใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา

4. ขั้นทำการตัดสินใจ ขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้ที่เรียนมาเพื่อทบทวนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องตัดสินใจว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหานี้ ในแนวทางใด โดยนักเรียนจะต้องคำนึงถึงว่าแนวทางนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่สำหรับประเทศไทย มีผลดีผลเสียอย่างไร

5. ขั้นกระบวนการทางสังคม กระบวนการทางสังคมสะท้อนให้นักเรียนได้ทบทวนแนวคิดของตนที่แสดงมาเพื่อแก้ไขปัญหานี้ ขั้นนี้นักเรียนอาจนำเสนอโครงงานวิทยาศาสตร์ จัดนิทรรศการหรือจัดโครงการรณรงค์ต่างๆ และพร้อมกับรับฟังความคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมโครงการ

3.5.6 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของณัฐวิทย์ พจนตันติ (2549: 168-169) ได้นำเสนอรูปแบบการสอนตามแนวคิด STS approach ที่มีขั้นตอนการสอน 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตั้งคำถาม เป็นขั้นตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และให้นักเรียนตั้งคำถามที่สนใจศึกษาจากสถานการณ์/ประเด็นที่เกี่ยวกับการเรียนการสอน การตรวจสอบความรู้เดิมโดยการทำแบบทดสอบ และการอภิปรายร่วมกัน การกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามครูจัดสถานการณ์ การอภิปรายร่วมกัน การดูวีดิทัศน์ การสาธิตการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย เกิดคำถาม และอยากค้นหาคำตอบ

2. ^{ขั้น}วางแผนค้นหาคำตอบ นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลเพื่อวางแผนการสืบค้นหาคำตอบ โดยระบุแหล่งเรียนรู้ วิธีการบันทึกหรือเก็บรวบรวมข้อมูล ออกแบบและจัดทำเครื่องมือบันทึกหรือเก็บรวบรวมข้อมูล ครูให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้และประเมินการปฏิบัติงาน

3. ^{ขั้น}ค้นหาคำตอบ นักเรียนค้นหาคำตอบและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการและแผนการที่เตรียมไว้ แล้วสรุปความรู้ที่ได้จากการหาคำตอบ ครูให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ จัดเตรียมสื่อวัสดุอุปกรณ์ อำนวยความสะดวกให้นักเรียนดำเนินการตามแผนที่กำหนด

4. ^{ขั้น}สะท้อนความคิด นักเรียนเชื่อมโยงข้อสรุปที่ได้กับทฤษฎี และหลักการจากเอกสาร ใบความรู้และแหล่งข้อมูลเพื่อขยายความคิดและสรุปข้อค้นพบให้ชัดเจน เตรียมการนำเสนอข้อสรุปและข้อค้นพบที่ได้จากการค้นหาคำตอบ ครูใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้และให้คำแนะนำ ประเมินการวิเคราะห์ข้อค้นพบ เชื่อมโยงความคิดและอำนวยความสะดวกการเตรียมการเพื่อนำเสนอข้อค้นพบ

5. ^{ขั้น}แลกเปลี่ยนประสบการณ์ นักเรียนนำเสนอข้อสรุปและสิ่งที่ได้จากการค้นหาคำตอบ โดยการนำเสนอหน้าชั้น จัดนิทรรศการหรือป้ายนิเทศ นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน โดยถามปัญหา ข้อสงสัย และอภิปรายแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ครูกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินตนเองและประเมินเพื่อน ประเมินการนำเสนอ และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน

6. ^{ขั้น}ขยายขอบเขตความรู้และความคิด นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายขอบเขตการเรียนรู้และเชื่อมโยงความรู้และความคิด ของข้อสรุป ความรู้ ปัญหา และข้อสงสัยที่เกิดขึ้น ด้วยการทำกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองที่ครูจัดให้ ครูกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นความรู้ตามความสนใจจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและอำนวยความสะดวกในการสืบค้นความรู้ เชื่อมโยงความคิด และการสร้างข้อสรุปจากการเรียนรู้

7. ^{ขั้น}นำไปปฏิบัติ นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา

3.5.7 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของนฤมล

ยุตาคม (2542: 33-39) ได้เสนอโมเดลการสอนแบบ STS approach ที่เรียกว่าโมเดลการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (active learner) โมเดลนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครูมีบทบาทในการเป็นผู้ช่วยเหลือแนะนำ และจัดสิ่งแวดล้อมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ (facilitator) โมเดลการสอนมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ขั้นวางแผน ขั้นสอน และขั้นประเมินผล รายละเอียดดังนี้

1. ขั้นวางแผน

1.1 ครูกำหนดจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ ให้นักเรียนสามารถใช้วิทยาศาสตร์ไปปรับปรุงคุณภาพชีวิต พัฒนาระบบการแสวงหาความรู้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยคำนึงถึงจริยธรรมและคุณธรรม และตระหนักถึงอาชีพต่างๆทางวิทยาศาสตร์และอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

1.2 ครูเตรียมหน่วยการจัดการเรียนเรียนรู้ โดยจัดทำความคิดรวบยอด เนื้อหาสาระ และทักษะที่สำคัญของหน่วย เตรียมสถานการณ์ต่างๆที่กระตุ้นความคิดของนักเรียนที่สอดคล้องกับหน่วยการจัดการเรียนรู้ จัดหาแหล่งความรู้ทั้งที่เป็นบุคคล สื่อ และสิ่งพิมพ์ต่างๆ

2. ขั้นสอน เป็นขั้นที่พัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการและคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แบ่งเป็น 6 ขั้น ดังนี้

2.1 ขั้นสงสัย (I wonder) ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน สร้างสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถาม บันทึกคำถามของนักเรียน

2.2 ขั้นวางแผน (I plan) ครูแนะนำให้นักเรียนวางแผนค้นหาคำตอบ และรวบรวมแหล่งความรู้ต่างๆให้กับนักเรียน ส่วนนักเรียนวางแผนการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับคำถามนั้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจทำงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มร่วมกับเพื่อน

2.3 ขั้นค้นหาคำตอบ (I investigate) ครูมีหน้าที่ช่วยเหลือนักเรียนในการทำกิจกรรมเพื่อค้นหาคำตอบ ส่วนนักเรียนมีหน้าที่ลงมือค้นหาคำตอบตามแผนที่วางไว้

2.4 ขั้นสะท้อนความคิด (I reflect) ครูมีหน้าที่แนะนำให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ปฏิบัติค้นหาคำตอบและเชื่อมโยงความคิดทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการต่างๆ ส่วนนักเรียนมีหน้าที่สะท้อนความคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการลงมือค้นหาคำตอบ และไตร่ตรองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง

2.5 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (I share) ครูจัดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดกับผู้อื่นเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้มา ส่วนนักเรียนนำเสนอผลการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การรายงาน การทดลอง การจัดแสดงผลงาน เป็นต้น

2.6 ขั้นนำไปปฏิบัติ (I act) ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการค้นหาคำตอบไปใช้ในชีวิตจริงนอกห้องเรียน เช่น การรณรงค์แยกขยะ การจัดทำข้อปฏิบัติในการรักษาสภาพแวดล้อมในโรงเรียน เป็นต้น

3. ขั้นประเมินผล

การประเมินผลใน STS model ประกอบด้วย การประเมินผลโดยครู และนักเรียนเอง วิธีการประเมินผลเน้นให้นักเรียนแสดงออกว่ามีความรู้ความสามารถทำอะไรได้บ้าง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 วิธีการประเมินผลโดยครู ต้องเป็นวิธีการประเมินเพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกว่ามีความรู้ความเข้าใจความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประเมินงานปฏิบัติ สามารถประเมินโดยวิธีต่างๆได้ เช่น การใช้แบบทดสอบ การสังเกต การทำโครงการ เป็นต้น

3.2 วิธีการประเมินโดยนักเรียน นักเรียนประเมินตนเองในเรื่องความรู้ ทักษะ เจตคติ โดยสามารถประเมินด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การสะท้อนความคิด การทำแฟ้มสะสมงาน การตรวจสอบรายการ (checklist) การเขียนอนุทิน (Journal) เป็นต้น ทั้งนี้การประเมินโดยครูและนักเรียนต้องพิจารณาองค์ประกอบ 6 ด้าน ได้แก่ แนวคิด (Concept) ทักษะกระบวนการ (process skill) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (attitude toward science) ความคิดสร้างสรรค์ (creativity) การนำไปใช้ (application) และโลกทัศน์ (world view)

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นด้วยประเด็นหรือสถานการณ์ในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้จะดำเนินไปเพื่อตอบคำถามข้อสงสัยภายใต้ประเด็นหรือสถานการณ์นั้น โดยการสืบค้นข้อมูล การสอบถามผู้รู้ การทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาอภิปรายร่วมกัน ลงความคิดเห็นและตัดสินใจร่วมกัน ก่อนนำความรู้ไปใช้และการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับประเด็นหรือสถานการณ์นั้นๆอย่างมีเหตุผลได้ ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของคาริน เนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญคือให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหา กำหนดวิธีการแก้ปัญหา ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในการหาคำตอบ ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความรู้ใหม่โดยผ่านทักษะการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติ และการนำไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการนำความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงเพื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆที่ต้องเผชิญได้

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อให้สามารถมองเห็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้ชัดเจนมากขึ้น ดังตาราง 7

ตาราง 7 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมกับ
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม	การจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
1. ขั้นสืบค้น (Search)	1. ขั้นสร้างความสนใจ(engagement)
2. ขั้นแก้ปัญหา (Solve)	2.ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)
3. ขั้นสร้างสรรค์ (Create)	3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป(explanation)
4.ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share)	4. ขั้นขยายความรู้(elaboration)
5. ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act)	5. ขั้นประเมินผล (evaluation)

3.6 เทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นการบูรณาการการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์กับบริบทของความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (โชคชัย ยืนยง. 2544:30) เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่าง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยเน้นกิจกรรมการเรียนการสอนทางด้านทักษะการหาความรู้ได้ด้วยตนเองและทักษะในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลข่าวสารต่างๆในสังคมให้เป็นความรู้ของตนเอง (เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์. 2544:15) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ ครูสามารถเลือกวิธีการในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STS ดังต่อไปนี้ (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2558:82-86)

1. การใช้ประวัติศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จากนักวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสนใจ เรียนรู้การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ว่ามีความผิดพลาดได้และผลงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาส่งผลต่อสังคมอย่างไร

2. การใช้ปรัชญาในการเรียนรู้ นักเรียนสามารถเรียนรู้ว่าความเข้าใจธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ กระแสสังคมมีทั้งชี้แนวทาง และต่อต้านนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์(Scientific innovation) ครูสามารถใช้คำถามเชิงปรัชญาและ

ทรงคนะด้านวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเล่าทางประวัติศาสตร์ หรือการค้นพบทางวิทยาศาสตร์อันนำไปสู่ความเข้าใจบริบท และการโต้แย้งทางสังคม

3. การใช้ประเด็นปัญหาที่ยังหาข้อยุติไม่ได้ วิธีนี้จะช่วยส่งเสริมความเข้าใจวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในประเด็นต่างๆ และผลที่มีต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม มักเกี่ยวข้องกับมุมมองหลายด้าน มีความซับซ้อนในการโต้แย้งกับในชีวิตรจริง โดยครูมีเป้าหมายเพื่อฝึกให้นักเรียนคิด นักเรียนตระหนักเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่พบในชีวิตประจำวัน

4. การอภิปรายแบบที่เน้นความคิดที่หลากหลาย(divergent thinking) วิธีนี้สามารถกระตุ้นความสามารถ ในการให้เหตุผลขั้นสูง ที่เกี่ยวกับการคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้

5. การทำงานเป็นกลุ่มเล็กๆ เป็นการทำงานกลุ่มของนักเรียนประมาณ 5-6 คน ที่มีความแตกต่างกัน การทำงานเป็นกลุ่มนักเรียนจะประสบความสำเร็จมากขึ้น บทบาทของครู คือส่งเสริมให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันให้ชัดเจน ครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการเตรียมสื่ออุปกรณ์ต่างๆ

6. การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน นักเรียนต้องมีข้อมูลจำนวนมากก่อนแก้ไขปัญห นักเรียนสามารถเรียนแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ในเชิงลึกตามความสนใจ ครูสามารถใช้การอภิปรายร่วมกันเพื่อหาทางแก้ไขปัญห โดยครูเป็นผู้ควบคุมการอภิปรายให้เป็นไปตามเวลาที่กำหนดไว้

7. การแสดงบทบาทสมมติ เป็นลักษณะที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง กิจกรรมดังกล่าวทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เชิงรุก (active learning) มากกว่าเป็นผู้รับ (Passive learning)

8. การตัดสินใจ ลักษณะของการตัดสินใจ เป็นการสร้างทางเลือกในการปฏิบัติ นักเรียนจะทราบบทบาทของวิทยาศาสตร์ ในการตัดสินใจ

9. การโต้เถียงที่ นักเรียนได้ฝึกทักษะการสื่อสาร การเตรียมหาข้อมูลต่างๆทั้งในด้านดี และด้านไม่ดีเกี่ยวกับประเด็นที่น่าเสนอ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจประเด็นปัญหาต่างๆในเชิงลึก

10. การใช้สื่อที่หลากหลาย ครูสามารถใช้สื่อจากหนังสือ บทความ บทเรียน หนังสือพิมพ์ บทความโฆษณา และโปสเตอร์รายการโทรทัศน์ที่ถูกต้อง อาจเป็นสื่อที่แสดงให้เห็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ด้วยก็ได้

11. แหล่งข้อมูลที่เป็นชุมชน ครูสามารถใช้แหล่งข้อมูลที่เป็นชุมชนเพื่อการเรียนรู้ได้หลายวิธี ดังนี้

11.1 ครูมอบหมายงานที่นักเรียนต้องไปทำร่วมกับคนในชุมชนเพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

11.2 การศึกษานอกสถานที่ ครูสามารถนำนักเรียนไปสถานที่ที่การเดินทางระยะสั้นๆและเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อช่วยให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

11.3 การเชิญวิทยากรที่เป็นตัวแทนของคนในท้องถิ่นมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เป็นกิจกรรมรูปแบบหนึ่ง ที่ทำให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็นสิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัว และช่วยให้วิชาวิทยาศาสตร์สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้

12. การทำโครงงาน กรณีศึกษา การนำเสนอผลงานปากเปล่าและการเขียนรายงานเป็นต้น

สรุปได้ว่า เทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครูสามารถเลือกเทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย ทั้งนี้เน้นให้นักเรียนได้มีบทบาทและมีส่วนร่วมในเทคนิคและวิธีการจัดการเรียนรู้อย่างกว้างขวาง เพื่อกระตุ้นความสามารถของนักเรียนให้นำความรู้ไปใช้เชื่อมโยงกับชีวิตจริงภายใต้สถานการณ์ต่างๆได้

3.7 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ครูต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้ให้ความรู้ มาเป็นผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (facilitation) นฤมล ยุตาคม (2542: 39-41) ได้ศึกษาวิจัยพฤติกรรมการสอนของครูเชี่ยวชาญ(Key leader teacher) ตามโมเดลการสอน STS ที่รัฐไอโอว่า ประเทศสหรัฐอเมริกา และพบว่าพฤติกรรมการสอนของครูเชี่ยวชาญที่ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน มีดังนี้

1. กำหนดหัวข้อ (Themes) ที่เป็นประเด็นในท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีและเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของนักเรียน

2. กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม วางแผนหาคำตอบ และใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายในการตอบคำถาม

3. เปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้ตัดสินใจในประเด็นต่างๆที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เช่น การกำหนดหัวข้อเรื่อง กิจกรรม วิธีการสืบค้นข้อมูล แหล่งความรู้ การนำเสนอผลงาน และครูสร้างบรรยากาศในการเรียนที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการสอนที่หลากหลาย

4. จัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดระดับสูง การแก้ปัญหาและการตัดสินใจ เช่น งานที่ใช้ทักษะการคิดระดับสูง การทำโครงงาน การนำเสนอผลงาน กิจกรรมการแก้ปัญหา การทดลอง การ

วิพากษ์วิจารณ์งานของเพื่อน การทำเอกสารแผ่นพับ ใบปลิว หนังสือคู่มือต่างๆ และการอภิปรายประเด็นที่เกี่ยวข้องกับจริยธรรม

5. ใช้คำถามและยุทธวิธีในการกระตุ้นความสนใจและความคิดของนักเรียน โดยการใช้คำถามระดับสูง รวมทั้งการใช้การทดลอง โมเดล และแผนภาพ

6. ให้เวลารอคอยคำตอบที่เหมาะสม ในการถามคำถามกับนักเรียนครูใช้เวลาในการหยุดเพื่อรอฟังคำตอบประมาณ 3- 5 วินาที เพื่อให้เวลานักเรียนคิด นักเรียนจะสามารถตอบคำถามที่มีลักษณะเป็นคำอธิบายมากกว่าคำตอบแบบสั้นๆ

7. ประเมินผลการเรียนรู้ไปพร้อมๆกับการเรียนการสอนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียน โดยมีวิธีการประเมินผล เครื่องมือ และวิธีการวัดที่หลากหลายที่สะท้อนความรู้ความสามารถของนักเรียนอย่างแท้จริง

8. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความตระหนักในอาชีพทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความสนใจส่วนบุคคล การแสดงบทบาทพลเมืองดี และการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์พ่อแม่ นักวิทยาศาสตร์ ช่างเทคนิค การศึกษานอกสถานที่ การใช้ข่าว

9. ใช้วิธีการสอนที่หลากหลายและเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เช่น การอภิปราย การให้คำถาม การสาธิต

10. ยอมรับฟังคำตอบของนักเรียนทุกคำตอบ ใช้เทคนิคการระดมความคิด แผนผังมโนคติ แบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อต้องการรู้ความรู้เดิมและคาดหวังว่านักเรียนจะตอบคำถามได้ดีขึ้นเมื่อจบบทเรียน และใช้อุปกรณ์อื่นช่วยนักเรียนให้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ดีขึ้น เช่น รูปภาพของจริง

11. ใช้เทคนิคการเรียนแบบร่วมมือ ทำงานเป็นกลุ่มย่อย เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้

12. ใช้ความคิดของนักเรียนในการดำเนินบทเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนกิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผล

13. ใช้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นที่หลากหลาย ซึ่งรวมถึงบุคคล สถานที่ สิ่งพิมพ์ เทคโนโลยี

สรุปได้ว่า บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม คือ การจัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ใช้เทคนิคและกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย รู้จักวิธีการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ทั้งระหว่างเรียนและหลังเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และนำความรู้ไปใช้เชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้

3.8 ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลดีต่อนักเรียนหลายประการ ดังนี้ (เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์. 2544:27)

1. นักเรียนมีการอภิปรายโต้แย้งในประเด็นต่างๆอย่างกว้างขวางและมีความกระตือรือร้นในการเรียนสูง

2. นักเรียนมีความสามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ที่ดี

3. นักเรียนมีความสนใจ เกิดแรงจูงใจขณะที่เรียน ทำให้ผู้เรียนตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม และทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ความคิดรวบยอดและหลักการ รวมทั้งมองเห็นแนวความคิดรวบยอดกับวิชาอื่นๆ

4. นักเรียนมีเจตคติทางบวกและพัฒนาเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์ และห้องเรียนวิทยาศาสตร์

5. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ได้

นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนว STS Approach มีผลต่อพัฒนาการของนักเรียนในด้านต่างๆ ดังนี้ (ณัฐวิทย์ พจนตันติ. 2544: 232)

1. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ได้

2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูล โยงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับสถานการณ์อื่นทำงานได้ตามล้าพัง และสามารถตัดสินใจเองได้ดียิ่งขึ้น

3. นักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ต่อประโยชน์ของการเรียน และอาชีพของวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น

5. นักเรียนมีความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น 2-3 เท่า

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558: 93-94) กล่าวว่าจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีประโยชน์ต่อนักเรียนหลายประการ ดังนี้

1. นักเรียนสามารถเรียนแนวคิดพื้นฐานได้ มากกว่าการเรียนรู้ที่เน้นตามหนังสือเรียน

2. นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆได้ทั้งที่บ้านและชุมชน

3. นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดอย่างสร้างสรรค์ การตัดสินใจ การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการวิเคราะห์ปัญหาและการเสนอวิธีการแก้ไข้ปัญหา

4. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี เป็นสมาชิกที่ดี มีความรับผิดชอบต่อตนเอง สังคม ชุมชนและท้องถิ่น

5. นักเรียนสามารถพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนชอบเรียนวิทยาศาสตร์ และมีบทบาทในการเรียนมากขึ้น

6. นักเรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

7. นักเรียนเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์มากขึ้น

เยเกอร์ (Yager. 1990: 46) ได้เปรียบเทียบผลของการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมกับการสอนแบบดั้งเดิม ดังตาราง 8

ตาราง 8 การเปรียบเทียบการสอนแบบ STS approach และการสอนแบบดั้งเดิม

การสอนแบบดั้งเดิม(Traditional)	การสอนตามแบบ STS approach
1. สำรวจแนวคิดหลักตามมาตรฐานในหนังสือเรียน	1. ระบุปัญหาที่น่าสนใจหรือมีผลกระทบในท้องถิ่น
2. ใช้การทดลองและกิจกรรมที่แนะนำในหนังสือเรียน	2. ใช้แหล่งทรัพยากรในท้องถิ่นเพื่อเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหา
3. นักเรียนซึมซับความรู้จากครูและหนังสือเรียน	3. การทำงานของนักเรียนเพื่อค้นหาข้อมูลสำหรับใช้แก้ปัญหา
4. การเรียนรู้เกิดขึ้นในระบบของห้องเรียน	4. การสอนดำเนินไปเป็นลำดับ ก่อนที่จะมีการประชุมห้องเรียน
5. เน้นข้อมูลที่ถูกอ้างว่าสำคัญสำหรับให้นักเรียนเรียนรู้	5. เริ่มต้นจากความสนใจของนักเรียน โดยเน้นผลกระทบต่อบุคคล
6. มองว่าเนื้อหาเป็นข้อมูลที่อธิบาย บรรยายไว้ในหนังสือเรียน	6. ไม่เน้นให้นักเรียนเกิดความรู้ด้านเนื้อหา
7. เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนไม่สนใจในการสอบปลายภาค	7. เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
8. การเลือกอาชีพทางวิทยาศาสตร์ไม่มากไปกว่าการอ้างอิงไว้หรือค้นพบแล้วโดยนักวิทยาศาสตร์	8. นักเรียนปฏิบัติงานในบทบาทของพลเมืองที่พยายามแก้ไขประเด็นที่กำหนด
9. นักเรียนมีความสนใจเฉพาะปัญหาที่ครูและหนังสือ	9. การเรียนรู้เกิดขึ้นตลอดเวลา
10. การเรียนรู้เกิดขึ้นเฉพาะในห้องเรียนเท่านั้น	10. วิทยาศาสตร์เป็นประสบการณ์ที่ส่งเสริมให้นักเรียน
11. วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนความรู้ที่ครูต้องการกำหนดให้นักเรียน	
12. การเรียนรู้เน้นเฉพาะคำอธิบายในปัจจุบัน	

ตาราง 8 (ต่อ)

การสอนแบบดั้งเดิม(Traditional)	การสอนตามแบบ STS approach
13. เป็นการเรียนเพื่อนำไปใช้ในการสอบ 14. การจดจำเกิดขึ้นในระยะสั้นๆ 15. นักเรียนเห็นว่ากระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือทักษะของนักวิทยาศาสตร์ 16. นักเรียนมองว่ากระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือสิ่งที่หลักสูตรต้องการให้ปฏิบัติ 17. ครูมีหน้าที่ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสอบ 18. ความสนใจของนักเรียนลดลง 19. ความสนใจในการเรียนทฤษฎีลดลง 20. นักเรียนมองครูเหมือนผู้จัดหาความรู้มาให้ 21. นักเรียนปฏิเสธความสามารถในการตั้งคำถาม 22. นักเรียนถามคำถามหลายๆครั้ง 23. นักเรียนไม่สามารถระบุเหตุและผลในสถานการณ์เฉพาะได้ 24. นักเรียนมีแนวคิดเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย 25. นักเรียนไม่เห็นคุณค่าหรือนำไปใช้ในชีวิต 26. นักเรียนไม่เห็นคุณค่าในการเรียนของตนสำหรับแก้ปัญหาทางสังคมในปัจจุบัน	11. การเรียนรู้ให้ความสำคัญกับอนาคต 12. การเรียนรู้ปรากฏขึ้นด้วยการกระทำ 12. นักเรียนเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ 13. นักเรียนมองกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเช่นทักษะที่พวกเขาสามารถนำมาใช้ได้ 14. นักเรียนมองกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเช่นทักษะที่เขาต้องเพื่อให้ดีและพัฒนาขึ้น 15. นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการทำงานของตน 16. นักเรียนมีสนใจที่จะเจาะจงเลือกเรียนรู้อาชีพพิเศษและต้องการเรียนในระดับที่สูงขึ้น 17. นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นมากขึ้นเหมือนกับสิ่งที่เขาต้องการและอยากทำให้มากขึ้นกว่าที่เรียน 18. นักเรียนเห็นว่าครูเป็นแหล่งเรียนรู้และผู้แนะแนวทางให้ 19. นักเรียนรู้จักตั้งคำถามและถามบ่อยขึ้น 20. นักเรียนมีทักษะในการเสนอแนะเหตุและผลที่เป็นไปได้ 22. นักเรียนดูเหมือนจะมีความกระตือรือร้นด้วยแนวคิดต่างๆ 23. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เรียนรู้สู่ชีวิตประจำวันได้ 24. นักเรียนเป็นผู้มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสังคม

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สรุปผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ได้ดังนี้

1. นักเรียนสามารถเรียนแนวคิดพื้นฐาน ความคิดรวบยอดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น

2. นักเรียนสามารถนำความรู้และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

3. นักเรียนได้เรียนรู้และฝึกการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาและการดำรงชีวิต

4. นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ การเรียนวิทยาศาสตร์ และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์

5. นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดตัดสินใจ การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

6. นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น อภิปรายโต้แย้งและตัดสินใจในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับผู้อื่นได้

7. นักเรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม

8. นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จะเห็นได้ว่าเป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เริ่มต้นด้วยประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ที่เป็นข่าว หรือประสบการณ์ของนักเรียน กำหนดเป็นประเด็นปัญหา และตั้งคำถาม ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนนำความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการหาคำตอบหรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคต ใช้แหล่งเรียนรู้ทั้งในโรงเรียนและนอกห้องเรียน ขยายขอบเขตการเรียนรู้ออกไปนอกชั่วโมงเรียน นอกห้องเรียน และนอกโรงเรียน ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ลงมือสืบเสาะหาความรู้ และเชื่อมโยงแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับบริบทหรือสถานการณ์จริง ฝึกการคิดอย่างมีเหตุผล เข้าใจความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กับสังคม ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตได้อย่างเหมาะสม ทั้งต่อตนเอง และสังคม

4. การวิจัยเชิงผสมผสานทางการศึกษาแบบแผนแบบรองรับภายใน(Embedded Design)

4.1 ความหมายของการวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed Methods Research)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงผสมผสาน พบว่ามีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ (2558: 10) สรุปว่า การวิจัยเชิงผสมผสาน คือ การวิจัยที่มีลักษณะสำคัญคือใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณและวิธีวิจัยเชิงคุณภาพผสมกัน เพื่อให้ครอบคลุมการตอบคำถามวิจัยให้สมบูรณ์ที่สุด

รัตนะ บัวสนธิ์ (2555: 61) กล่าวว่า การวิจัยเชิงผสมผสาน หมายถึง การผสมผสานในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งหรือระหว่างขั้นตอนภายในเรื่องเดียวกัน นั่นคือในงานวิจัยเรื่องหนึ่งอาจใช้เทคนิควิธีการเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพร่วมกันดำเนินงานในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช(2554: 4-75) กล่าวว่า การวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed Methods) เป็นการบูรณาการวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ และการวิจัยเชิงคุณภาพเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีความลึกซึ้งมากขึ้น ช่วยยืนยันผลการวิจัย และทำให้ตอบคำถามวิจัยได้ถูกต้องครอบคลุม

บุญชม ศรีสะอาด (2554: 182) การวิจัยเชิงผสมผสาน หมายถึง กระบวนการวิจัยที่ใช้วิธีการหรือเทคนิคตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปร่วมกันเพื่อตอบคำถามของการวิจัยหรือเพื่อให้สามารถบรรลุผลของการวิจัยอย่างชัดลึก

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ (2554: 218) การวิจัยแบบผสม (mixed method) คือ การใช้มากกว่าหนึ่งวิธีและใช้กลยุทธ์มากกว่าหนึ่งกลยุทธ์ที่ได้มาจากวิธีที่สองในโครงการวิจัยเดียวกัน ซึ่งอาจจะเป็นเชิงคุณภาพทั้งคู่ เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ หรือเชิงคุณภาพทั้งคู่

แบรนเนน (Brannen. 2007: 4) ให้ความหมายของการวิจัยเชิงผสมผสานว่า เป็นการใช้กลยุทธ์การวิจัยในการดำเนินการวิจัยมากกว่า 2 รูปแบบ อาจเป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพกับวิธีเชิงปริมาณ วิธีการเชิงปริมาณกับปริมาณหรือวิธีการคุณภาพกับวิธีการเชิงคุณภาพ

จอห์นสัน และ คณะ (Jonhson., Onwuegbuzie.; & Turner. 2007: 129) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงผสมผสานไว้ว่า เป็นการใช้ความคิด เหตุผล ในการรวบรวม ประสม สิ่งต่างๆเข้าด้วยกันที่สามารถเป็นจริงได้ บนพื้นฐานของการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการให้ข้อมูลจำนวนมาก มีความสมบูรณ์ สมดุล และผลการวิจัยมีประโยชน์

ทะชาโกริและเทดดี (Tashakkoi&Teddlie. 2003: 10) กล่าวว่า การวิจัยเชิงผสมผสาน คือ การดำเนินการวิจัยที่ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งวิธีเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หรือวิธีใดวิธีหนึ่งดำเนินไปพร้อมๆกันหรือต่อเนื่องจาก หรือในขั้นตอนขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของการวิจัยก็ได้

จากที่มีผู้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงผสมผสานไว้หลายท่านจะสังเกตได้ว่าให้ความหมายไว้คล้ายคลึงกัน

ดังนั้นอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงผสมผสาน หมายถึง การวิจัยที่มีการผสมผสานกัน โดยอาจเป็นการผสมผสานรูปแบบการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของการวิจัย

4.2 ลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงผสมผสาน

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2554: 4-75 – 4-77) กล่าวถึงลักษณะการวิจัยเชิงผสมผสาน ดังนี้

1. ลำดับขั้นตอนการวิจัย ใช้ทั้งการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพพร้อมกัน
2. รูปแบบการวิจัย สามารถจำแนกได้ตามลำดับขั้นของการใช้การวิจัยทั้งสองแบบ คือ รูปแบบที่ใช้การวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพพร้อมกัน และ (concurrent หรือ simultaneous) และรูปแบบที่ใช้ต่อเนื่องกัน (sequential) ซึ่งต้องกำหนดให้การวิจัยใดทำก่อน การวิจัยใดทำทีหลัง สรุปรูปแบบการวิจัยได้ดังตาราง 9

ตาราง 9 รูปแบบของการวิจัยเชิงผสมผสาน

ลำดับ	ประเภท	คำอธิบาย
QUAL + quan	พร้อมกัน	ทำการวิจัยเชิงคุณภาพ และการวิจัยเชิงปริมาณพร้อมกัน แต่เน้นการวิจัยเชิงคุณภาพ
QUAL --> quan	ต่อเนื่องกัน	ทำวิจัยเชิงคุณภาพก่อน ทำการวิจัยเชิงปริมาณ และการวิจัยเชิงคุณภาพพร้อมกัน แต่เน้นการวิจัยเชิงปริมาณ
QUAN + qual	พร้อมกัน	ปริมาณ
QUAN --> qual	ต่อเนื่องกัน	ทำวิจัยเชิงปริมาณก่อน

QUAN หมายถึง การวิจัยเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลัก

quan หมายถึง การวิจัยเชิงปริมาณเป็นวิธีการรอง

QUAL หมายถึง การวิจัยเชิงคุณภาพเป็นวิธีการหลัก

Qual หมายถึง การวิจัยเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรอง

+ หมายถึง ทำพร้อมกัน

--> หมายถึง ทำต่อเนื่องกัน

3. การรวมข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเข้าด้วยกัน ข้อมูลทั้งสองประเภทสามารถนำมารวมเข้าด้วยกันอาจรวมโดยการสร้างแบบสอบถามที่มีทั้งคำถามเชิงปริมาณและคำถามเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดยแปลงข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือการแปลผลด้วยการสรุปข้อมูลทั้งสองแบบร่วมกัน

4.3 การกำหนดสัญลักษณ์ของการวิจัยเชิงผสมผสาน

จากลักษณะของการวิจัยเชิงผสมผสานที่มีการใช้ทั้งวิธีการเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพนั้น ทำให้การออกแบบการวิจัยเชิงผสมผสานสามารถทำได้หลายรูปแบบ เพื่อสร้างความเข้าใจให้ตรงกันจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ของวิธีการวิจัยเชิงผสมผสาน (รัตนะ บัวสนธิ์, 2555: 61) ดังนี้

1. QUAL หมายถึง การวิจัยเชิงคุณภาพเป็นวิธีการหลักหรือวิธีการเด่น
2. QUAN หมายถึง การวิจัยเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลักหรือวิธีการเด่น
3. Qual หมายถึง การวิจัยเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรอง
4. quan หมายถึง การวิจัยเชิงปริมาณเป็นวิธีการรอง
5. → หมายถึง การดำเนินงานวิจัยที่ดำเนินการตามลำดับต่อเนื่องกัน
6. + หมายถึง การดำเนินงานวิจัยที่ดำเนินการไปพร้อมๆ กัน

จากสัญลักษณ์และการให้ความหมายดังกล่าวเมื่อนำมาผนวกเข้าด้วยกันก็จะทำให้ได้ลักษณะการผสมผสานวิธีการวิจัยสำหรับดำเนินงานได้ดังนี้

1. QUAL + Qual หมายถึง การใช้วิธีการเชิงคุณภาพดำเนินงานศึกษาหาคำตอบไปพร้อมๆ กันทั้ง 2 กรณี โดยที่มีกรณีหนึ่งเป็นกรณีหลักหรือเป็นวิธีที่ใช้ศึกษาในภาพรวมในขณะเดียวกันก็มุ่งศึกษาเจาะลึกในประเด็นใดประเด็นหนึ่งโดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพทำการศึกษาเข้าด้วยกัน

2. QUAL → Qual หมายถึง การใช้วิธีการเชิงคุณภาพดำเนินงานศึกษาหาคำตอบอย่างต่อเนื่องตามลำดับทั้ง 2 กรณี โดยที่มีวิธีการเชิงคุณภาพศึกษาหาคำตอบในกรณีแรกเป็นวิธีการหลักและใช้วิธีการเชิงคุณภาพหาคำตอบในกรณีหลังต่อเนื่องขยายผลหรือหาเหตุผลมาอธิบายคำตอบของปัญหาการศึกษาในประเด็นแรกซึ่งวิธีการเชิงคุณภาพที่ใช้ศึกษากรณีหลังจัดเป็นวิธีการรอง

3. QUAL + quan หมายถึง ใช้วิธีการเชิงคุณภาพดำเนินงานศึกษาหาคำตอบไปพร้อมๆ กับวิธีการเชิงปริมาณ แต่มีวิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการหลักในการสรุปค้นหาคำตอบและใช้ผลการศึกษาจากวิธีการเชิงปริมาณเสริมให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

4. QUAL → quan หมายถึง การใช้วิธีการเชิงคุณภาพดำเนินงานศึกษาหาคำตอบก่อนแล้วจึงใช้วิธีการเชิงปริมาณศึกษาหาคำตอบต่อเนื่องภายหลังในบางประเด็นสืบเนื่องจากผลการศึกษา

เชิงคุณภาพ แล้วใช้ผลการศึกษาเชิงปริมาณอธิบายเพิ่มเติมผลการศึกษาเชิงคุณภาพเป็นวิธีการหลัก และใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการรอง

5. QUAN + quan หมายถึง ใช้วิธีเชิงปริมาณดำเนินงานศึกษาหาคำตอบไปพร้อมๆกัน ทั้ง 2 กรณี โดยมีวิธีการหนึ่งเป็นวิธีการหลัก ศึกษาหาคำตอบในภาพรวมทั้งหมดและใช้วิธีการเชิงปริมาณมุ่งศึกษาเจาะลึกในบางประเด็นเพื่อหาคำตอบมาอธิบายเพิ่มเติมเสริมผลศึกษาในภาพรวม

6. QUAN → quan หมายถึง ใช้วิธีการเชิงปริมาณดำเนินงานศึกษาหาคำตอบการวิจัย 2 กรณีต่อเนื่องกันตามลำดับ โดยในกรณีศึกษาแรกใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลักในการดำเนินงาน เมื่อได้คำตอบแล้วก็ทำการศึกษาหาคำตอบอย่างต่อเนื่องและใช้วิธีการเชิงปริมาณอีกเช่นกันแต่จัดให้เป็นวิธีการรอง นั่นคือ ใช้ผลจากการศึกษาครั้งแรกเป็นหลัก และใช้ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งหลังช่วยอธิบายเพิ่มเติมเสริมผลการศึกษาครั้งแรก

7. QUAN+qual หมายถึง การดำเนินงานวิจัยที่ใช้วิธีการเชิงปริมาณและวิธีการเชิงคุณภาพกระทำไปพร้อมๆกัน โดยใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลักในการศึกษาหาคำตอบ และใช้วิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรองในการศึกษาหาคำตอบเพื่อช่วยอธิบายเสริมผลการศึกษาที่ได้จากวิธีการเชิงปริมาณให้มีความสมบูรณ์ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

8. QUAN → qual หมายถึง การดำเนินงานวิจัยที่ใช้วิธีการเชิงปริมาณและวิธีการเชิงคุณภาพทำการศึกษาหาคำตอบอย่างต่อเนื่องกัน โดยเริ่มจากการใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลักในการศึกษาหาคำตอบ และใช้วิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรองศึกษาหาคำตอบในประเด็นหนึ่งๆเพื่อใช้ผลที่ได้ช่วยอธิบายเพิ่มเติมผลจากการศึกษาเชิงปริมาณให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการวิจัยเชิงผสมผสาน

บุญชม ศรีสะอาด (2554: 182) กล่าวถึงข้อดีของการวิจัยเชิงผสมผสานผสมผสานไว้หลายประการ ดังนี้

1. เป็นการนำข้อดีของแนวทางการวิจัยอื่นมาใช้ออกแบบการวิจัยเชิงผสมผสานเพื่อแก้จุดอ่อนโดยการเสริมจุดแข็งแต่ละวิธี โดยเฉพาะเมื่อผู้วิจัยไม่แน่ใจว่าการอิงวิธีเดียวจะได้ข้อมูลที่ตรงกับข้อเท็จจริงที่มีความเที่ยงตรง ทำสามารถอธิบายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ช่วยพัฒนาการแสวงหาความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาอย่างรอบด้าน และหลากหลาย ทำให้ได้ข้อมูลมาเสริมกันในภาพรวม ช่วยเพิ่มความเที่ยงตรงและความถูกต้องของสารสนเทศ ทำให้ได้ผลการวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3. การใช้วิธีผสมในระดับข้อมูล ช่วยแก้ข้อจำกัดของอคติ (Bias) ช่วยให้ลงข้อสรุปได้อย่างมั่นใจขึ้น

รัตนะ บัวสนธิ์ (2555: 67-70) กล่าวถึงข้อดีของวิธีการวิจัยเชิงผสมผสาน ดังนี้

1. ทำให้ได้คำตอบหรือสามารถตอบคำถามที่การวิจัยเพียงวิธีเดียวไม่สามารถตอบได้อย่างครอบคลุม
2. ทำให้ได้คำตอบวิจัยที่กว้างขวางและลุ่มลึก
3. วิธีการวิจัยมีความสอดคล้องกับธรรมชาติของศาสตร์ทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์
4. ช่วยให้นักวิจัยตั้งคำถาม วัตถุประสงค์การวิจัย ได้อย่างหลากหลาย และเปิดโอกาสให้นักวิจัยใช้เครื่องมือ/เทคนิคในการหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย

กล่าวโดยสรุป คือ การวิจัยเชิงผสมผสานช่วยลดจุดอ่อนและเพิ่มจุดแข็งของวิธีการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ประโยชน์จากการวิจัยทั้งสองแบบได้อย่างเต็มที่มากขึ้น

นอกจากนี้ บุญชม ศรีสะอาด (2554: 183) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการวิจัยเชิงผสมผสาน ดังนี้

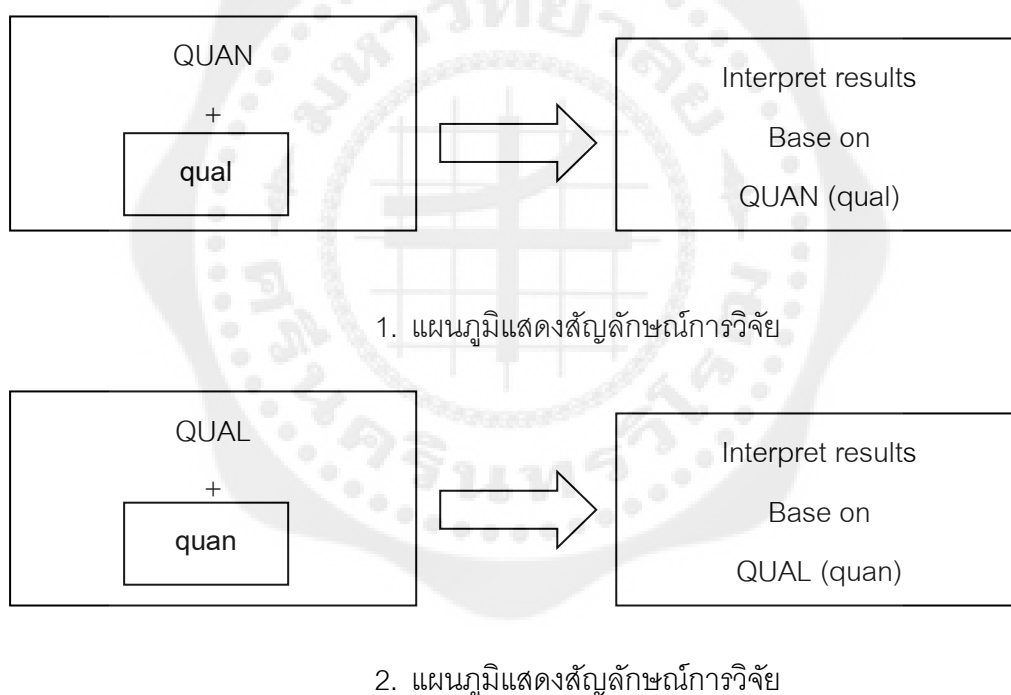
1. นักวิจัยต้องมีความรู้และประสบการณ์ในการวิจัยทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ถูกต้องตามหลักวิธี
2. การวิจัยแบบผสมจะต้องใช้เวลาและทรัพยากรในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลในปริมาณมากกว่าการทำวิจัยเชิงเดียว ถ้ามีงบประมาณและเวลาที่จำกัด อาจไม่สามารถทำได้ ยกเว้นการใช้ข้อมูลเสริมเพียงบางส่วน
3. อาจมีการใช้การวิจัยเชิงผสมผสานตามสมัยนิยม โดยเป็นการใช้แบบผิดๆตามที่ตนเข้าใจหรือโดยมั่วๆ

รัตนะ บัวสนธิ์ (2555: 67-70) กล่าวถึงข้อจำกัดของการวิจัยเชิงผสมผสาน ดังนี้

1. ในกรณีที่เมื่อนักวิจัยเพียงคนเดียวในการดำเนินงานวิจัย นักวิจัยจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจวิธีการวิจัยทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ และสามารถผสมผสานรูปแบบการวิจัยให้เหมาะสม
2. สิ้นเปลืองทรัพยากรในการดำเนินงานมาก กล่าวคือ เสียค่าใช้จ่ายและใช้เวลาในการทำมาก
3. รูปแบบการเขียนรายงานการวิจัยยังไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจกับผู้อ่าน
4. การสรุปผลการวิจัยมักมีปัญหา เมื่อข้อมูลที่ได้จากวิธีการเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพมีความขัดแย้งกัน ทำให้การนำผลการวิจัยไปใช้มีความยุ่งยาก

4.5 แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน (embedded design)

แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานแบบรองรับภายในเป็นแบบแผนทั้งที่เป็นการศึกษาระยะเดียว(one-phase study) และสองระยะ (two-phase study) ต่อเนื่องกันที่มีการจัดให้วิธีการวิจัยแบบหนึ่งทำหน้าที่เป็นวิธีการหลัก และหาวิธีการวิจัยอีกแบบหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นวิธีการรอง ศึกษาหาคำตอบต่างประเด็นกันในระยะเวลาเดียวกันหรือต่อเนื่องกัน และศึกษาหาคำตอบต่างประเด็นกัน โดยหวังว่าคำตอบที่ได้จากการศึกษาด้วยวิธีการรองสามารถนำไปช่วยเพิ่มเติมความสมบูรณ์ของผลที่ได้จากวิธีการหลักอีกด้วย ซึ่งการจะใช้วิธีการใดเป็นวิธีการหลักหรือวิธีการรองก็ขึ้นอยู่กับจุดเน้นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยนั้นๆ เป็นสำคัญ แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานแบบรองรับภายในสามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แผนภูมิแสดงสัญลักษณ์การวิจัยแบบรองรับภายใน

ที่มา: รัตนะ บัวสนธ์. (2555). *วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน*. หน้า 97

ในแผนภูมิที่ 1 ของภาพประกอบ 4 ใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลักและวิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรองในการศึกษาหาคำตอบไปพร้อมๆ กัน แต่ต่างประเด็นกัน แล้วนำผลที่ได้ในเชิง

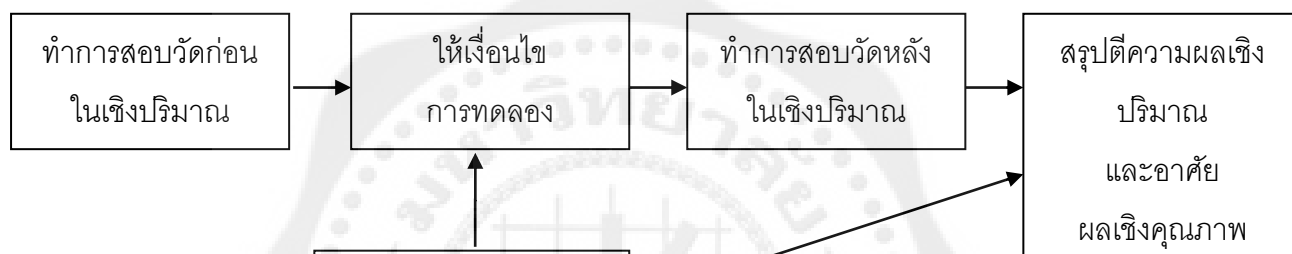
ปริมาณมาสรุปตีความโดยอาศัยผลที่ได้จากวิธีการเชิงคุณภาพมาร่วมสรุปด้วย สำหรับแผนภูมิที่ 2 อธิบายในทำนองเดียวกันเพียงแต่กลับคำอธิบาย คือใช้วิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการหลักและใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการรองเท่านั้น

ประเภทของแบบแผนเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน

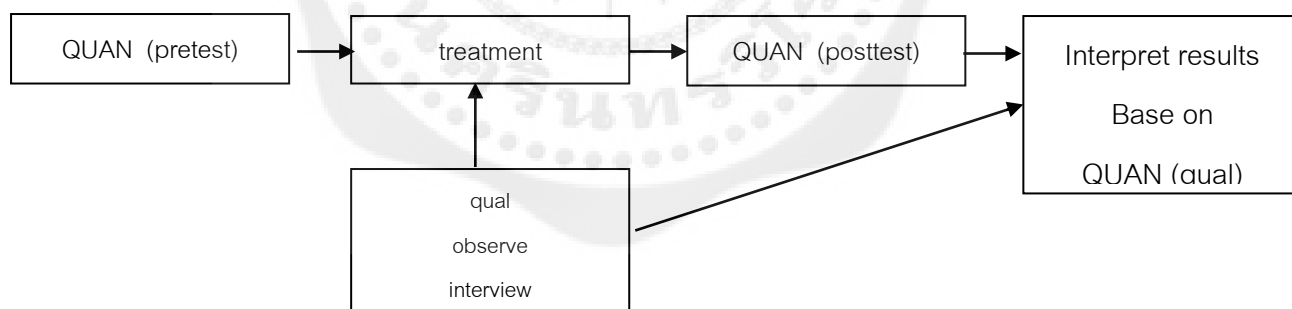
1. แบบแผนรองรับภายใน: รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

(One-Phase Embedded Design : Experimental Model by Quantitative Dominant) แบบ

แผนการรองรับภายในนี้สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ตามภาพประกอบ 5



1. แผนภูมิแสดงกิจกรรมการวิจัย



2. แผนภูมิแสดงสัญลักษณ์การวิจัย

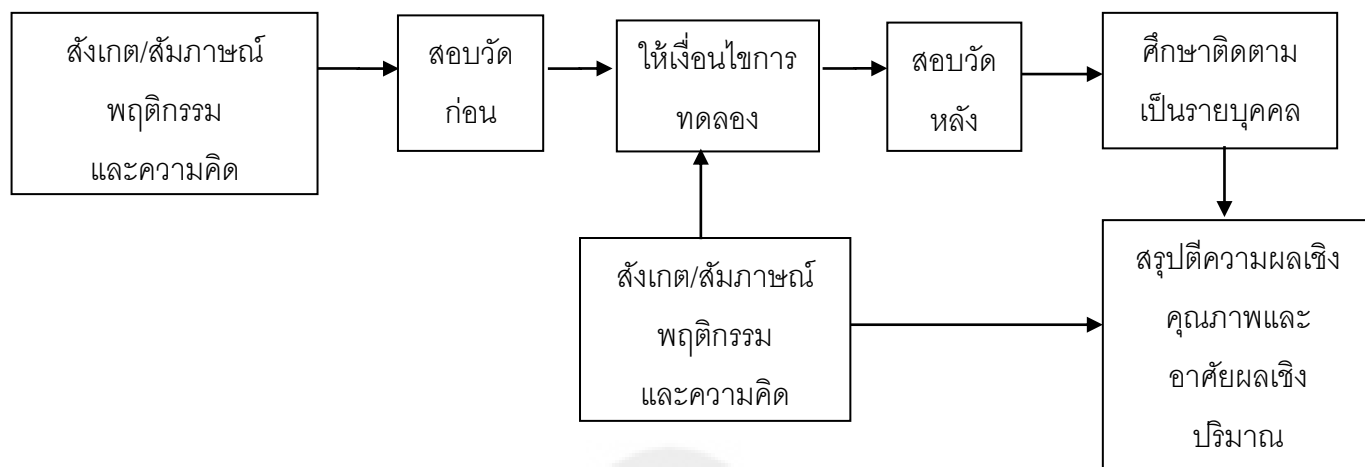
ภาพประกอบ 5 แผนภูมิแสดงแบบแผนรองรับภายใน:รูปแบบการทดลองระยะเดียววิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

ที่มา: รัตนะ บัวสนธ์. (2555). วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน. หน้า 98

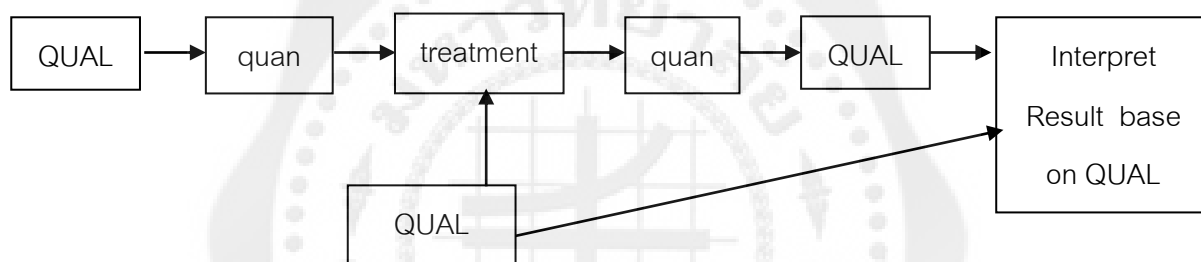
จากภาพประกอบ 5 เป็นการดำเนินงานวิจัยเชิงทดลองที่ทำการศึกษาในระยะเดียวโดยเริ่มจากการใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลักทำการทดสอบข้อมูลของตัวแปรตามที่ต้องการศึกษาก่อน หลังจากนั้นจึงให้เงื่อนไขการทดลองแก่กลุ่มเป้าหมายซึ่งในขณะที่ทำให้เงื่อนไขการทดลองนี้ก็สังเกตเก็บรวบรวมข้อมูลปรากฏการณ์ต่างที่เกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมายไปด้วย (โดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีรอง) หลังจากนั้นเมื่อสิ้นสุดการให้เงื่อนไขการทดลองจึงทดสอบข้อมูลเดิมเหมือนกับข้อมูลที่ทดสอบก่อน แล้วนำข้อมูลทดสอบก่อนและหลังมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลซึ่งกันและกัน พร้อมทั้งสรุปตีความผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยใช้ผลที่ได้จากการสังเกตขณะทำการทดลองมารวบรวมสรุป

2. แบบแผนรองรับภายใน: รูปแบบการทดลอง 2 ระยะวิธีการเชิงคุณภาพเป็นหลัก (Two-Phase Embedded Design: Experimental Model by Qualitative Dominant) แบบแผนรองรับภายในแบบนี้เขียนเป็นแผนภูมิได้ตามภาพประกอบ 6





1. แผนภูมิแสดงกิจกรรมการวิจัย



2. แผนภูมิแสดงสัญลักษณ์การวิจัย

3.

ภาพประกอบ 6 แผนภูมิแสดงแบบแผนรองรับภายใน : รูปแบบการทดลอง 2 ระยะวิธีการเชิงคุณภาพเป็นหลัก

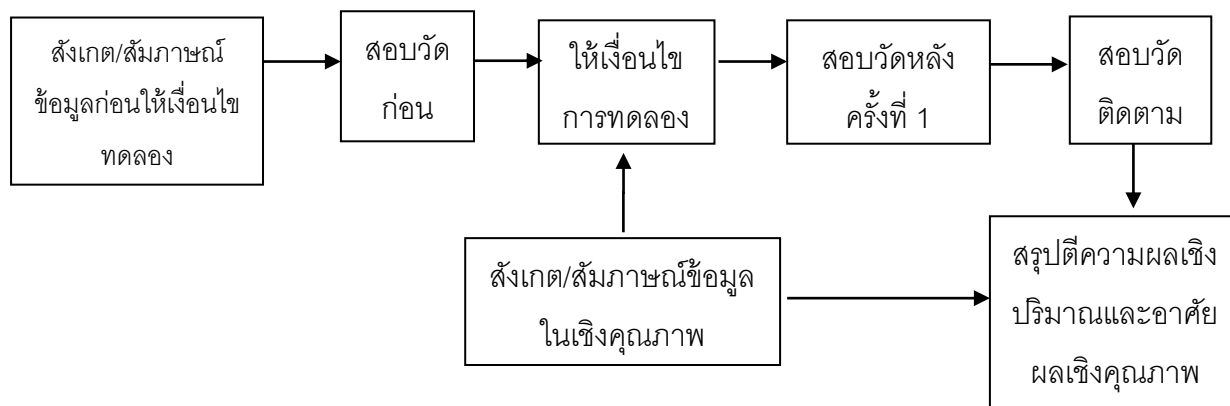
ที่มา: รัตนะ บัวสนธ์. (2555). *วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน*. หน้า 100.

จากภาพประกอบ 6 ตามแบบแผนนี้เริ่มดำเนินการวิจัยโดยการสังเกตซักถามกลุ่มเป้าหมาย การทดลองเป็นรายบุคคลอย่างลุ่มลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาหรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้น โดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพแล้วจึงตามด้วยการใช้เครื่องมือทดสอบเก็บข้อมูลบางส่วนที่ยังไม่ได้เก็บโดยวิธีเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลในลักษณะของวิธีการเชิงปริมาณ ต่อจากนั้นให้เงื่อนไขการทดลองแก่กลุ่มเป้าหมาย ในขณะที่ทดลองนี้มีการสังเกตซักถามกลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา เมื่อสิ้นสุดการ

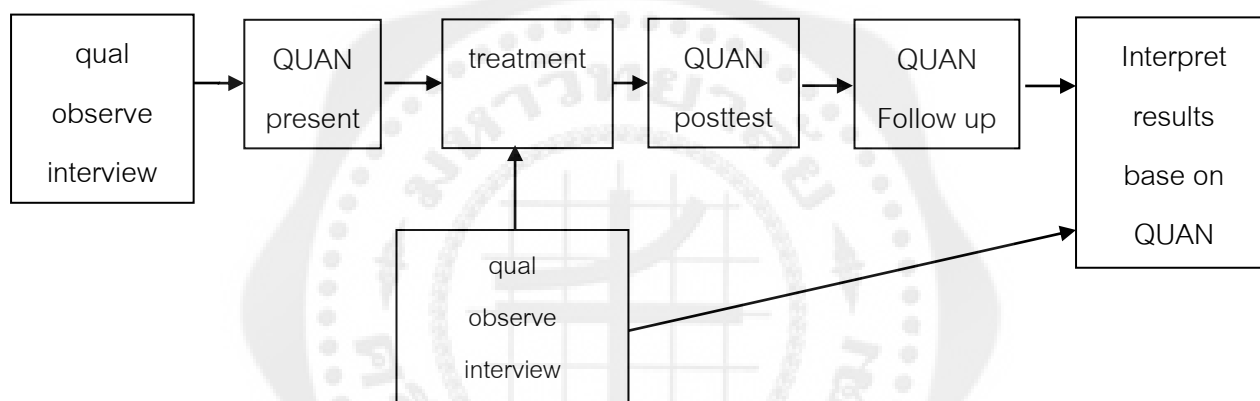
ทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วทำการทดสอบเก็บข้อมูลส่วนเดียวกับการทดสอบก่อน ต่อจากนั้นติดตามศึกษากลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคลอีกระยะหนึ่งเพื่อพิจารณาความคงทนของพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงนั้น ในการวิเคราะห์สรุปผลการวิจัยใช้ผลจากวิธีการเชิงคุณภาพเป็นหลักในการพรรณานำเสนอตามหลักของวิธีการเชิงคุณภาพ ทั้งที่เป็นผลก่อนและระหว่างการให้การทดลอง รวมทั้งผลการศึกษาติดตามหลังการทดลอง โดยอาศัยผลการทดสอบก่อนและหลังการทดลองที่เป็นผลในเชิงปริมาณมาช่วยอธิบายตีความสรุปผลการวิจัย

3. แบบแผนรองรับภายใน: รูปแบบการทดลอง 2 ระยะวิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก (Two-Phase Embedded Design: Experimental Model by Quantitative Dominant) แบบแผนรองรับภายในแบบนี้เขียนเป็นแผนภูมิได้ตามภาพประกอบ 7





1. แผนภูมิแสดงกิจกรรมการวิจัย



2. แผนภูมิแสดงสัญลักษณ์การวิจัย

ภาพประกอบ 7 แผนภูมิแสดงแบบแผนรองรับภายใน : รูปแบบการทดลอง 2 ระยะวิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

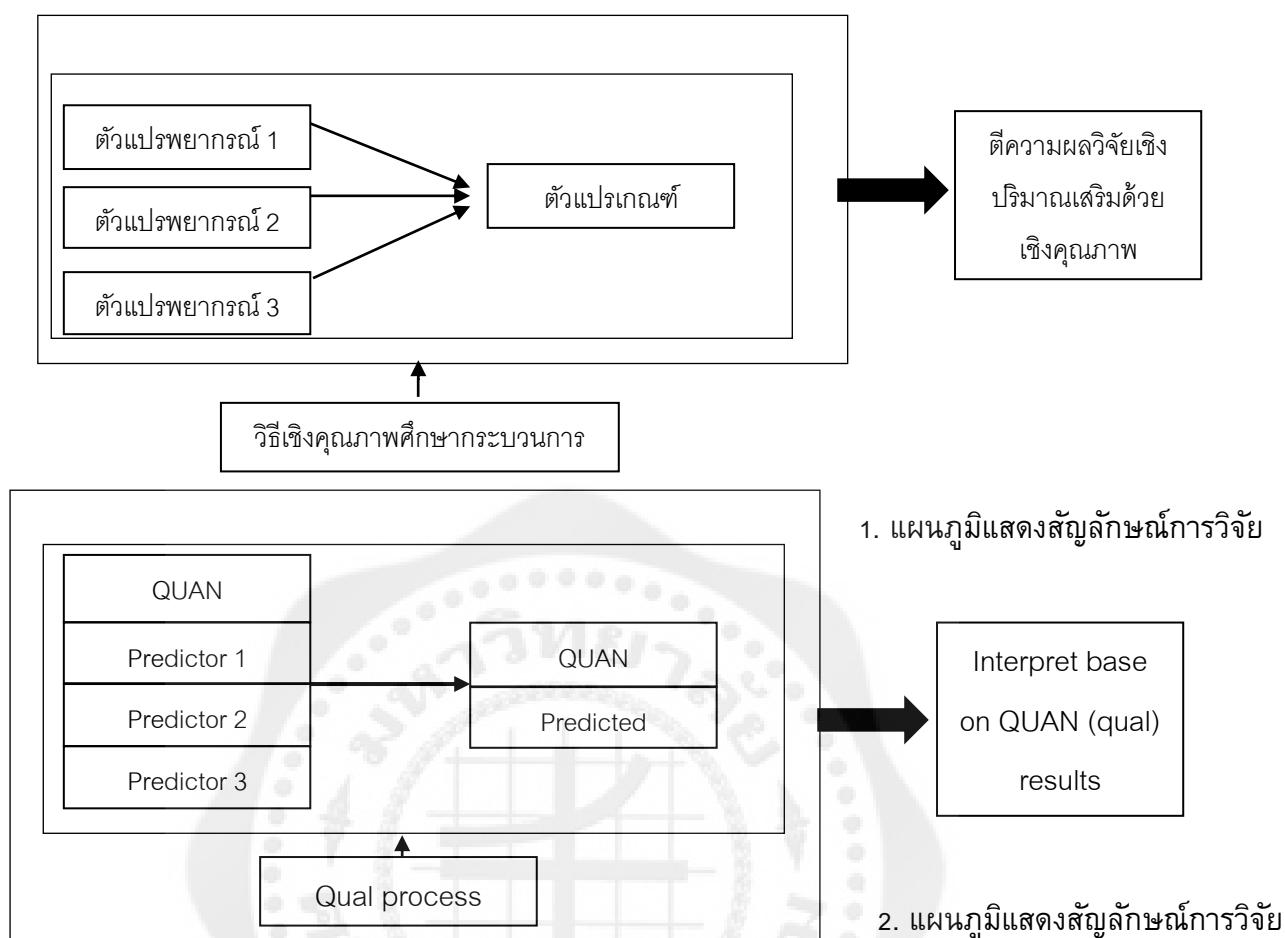
ที่มา: รัตน์ บัวสนธ์. (2555). วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน. หน้า 102-103.

ตามแผนภูมิในภาพประกอบ 7 เริ่มต้นดำเนินการวิจัยโดยการสังเกตปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเป้าหมายในด้านต่างๆ อาทิ พฤติกรรมการเรียน พฤติกรรมที่แสดงในกลุ่มเพื่อน พฤติกรรมการรับผิดชอบงานที่มอบหมายเหล่านี้ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อใช้ข้อมูลดังกล่าวคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายที่ชัดเจนขึ้นหลังจากนั้นจึงทดสอบวัดพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาโดยใช้เครื่องมือหรือวิธีการเชิงปริมาณ (อาทิ แบบทดสอบ

ชนิดต่างๆ) เมื่อทดสอบวัดเสร็จแล้วจึงเริ่มต้นให้เงื่อนไขการทดลองตามที่กำหนด และในขณะที่ให้เงื่อนไขการทดลองก็สังเกตพฤติกรรมต่างๆของกลุ่มเป้าหมายที่เกิดขึ้น ครั้นสิ้นสุดระยะเวลาการให้เงื่อนไขการทดลองแล้วจึงทดสอบวัดพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์เดิมกับที่ทดสอบวัดก่อนอีกครั้ง ต่อจากนั้นทิ้งช่วงระยะเวลาไว้ระยะหนึ่ง (ประมาณ 1-3 สัปดาห์) ทดสอบวัดพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์เดิมอีกครั้ง ในท้ายที่สุดเมื่อทำการวิเคราะห์สรุปตีความผลการดำเนินงานวิจัย ได้นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัดก่อน ทดสอบวัดหลัง และทดสอบวัดติดตามมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ สรุปผลว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปเช่นไรบ้าง ทั้งนี้โดยอาศัยข้อมูลเชิงคุณภาพที่สังเกตได้ก่อนให้เงื่อนไขการทดลองและขณะให้เงื่อนไขการทดลองมาร่วมเสริมการสรุปตีความด้วย

4. แบบแผนรองรับภายใน: รูปแบบสหสัมพันธ์ (Embedded Design: Correlational Model) แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานแบบนี้เขียนเป็นแผนภูมิได้ดังภาพประกอบ 8





ภาพประกอบ 8 แผนภูมิแสดงแบบแผนรองรับภายใน : รูปแบบสหสัมพันธ์

ที่มา: รัตน์ บัวสนธิ์. (2555). วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน. หน้า 105

ตามแผนภูมิในภาพประกอบ 8 แบบแผนรองรับภายในแบบนี้ นักวิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ด้วยวิธีการเชิงปริมาณ โดยการวัดค่าตัวแปรพยากรณ์และตัวแปรเกณฑ์ด้วยแบบทดสอบหรือแบบวัดต่างๆ หลังจากนั้นวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด และวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อสร้างสมการพยากรณ์ในขณะเดียวกันนักวิจัยยังใช้วิธีการเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์ เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของตัวแปรพยากรณ์กับตัวแปรเกณฑ์ในแง่มุมอื่นๆ นอกเหนือจากการใช้เครื่องมือ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในเชิงปริมาณ ต่อจากนั้นในขั้นการสรุปตีความผลการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด สรุปโดยใช้ผลจากวิธีการเชิงปริมาณเป็นหลักแล้วเสริมด้วยผลที่ได้จากการศึกษาในเชิงคุณภาพ

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกการวิจัยเชิงผสมผสานทางการศึกษาแบบแผนรองรับภายใน: รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก (One-Phase Embedded Design : Experimental Model by Quantitative Dominant) ซึ่งเป็นแบบแผนที่จะใช้ในการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการบูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(5Es)และจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม (STS Approach) กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(5Es) เพื่อให้ตอบคำถามการวิจัยในครั้งนี้ได้อย่างสมบูรณ์

5. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2552: บทนำ) ได้มีคำสั่งให้ใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เป็นหลักสูตรแกนกลางที่มีลักษณะเป็นกรอบและแนวทางในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยกำหนดมาตรฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง 8 สาระการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความสำคัญสาระการเรียนรู้ คุณภาพผู้เรียน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ความสำคัญ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

สาระการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ลงมือปฏิบัติกิจกรรมอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

2. ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

3. สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

4. แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

5. พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า เคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานการอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

6. กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

7. ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

8. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

คุณภาพผู้เรียน

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานได้กำหนดคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ไว้ดังนี้

1. เข้าใจการรักษาดุลยภาพของเซลล์และกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต
2. เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ
3. เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
4. เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
5. เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่างๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว
6. เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
7. เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล
8. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สมบัติของคลื่นกลคุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
9. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
10. เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
11. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่างๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
12. ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

13. วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

14. สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

15. อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

16. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

17. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

18. แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

19. แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้

20. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผล ประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

ในการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ซึ่งเป็นช่วงชั้นที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนวัดราชบพิธได้กำหนดให้รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 5 เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 โดยได้จัดทำสาระ/มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดช่วงชั้น และสาระการเรียนรู้แกนกลางให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลาง ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดช่วงชั้นและสาระการเรียนรู้แกนกลางรายวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สาระการเรียนรู้/ มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4-6	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิตความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน	- อธิบายคุณภาพของระบบนิเวศ - อธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิต - อธิบายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ และเสนอแนะแนวทางในการดูแลและรักษา - วิเคราะห์สภาพปัญหา สาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระดับ ท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก - อภิปรายแนวทางในการป้องกัน แก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติ - วางแผนและดำเนินการเฝ้าระวังอนุรักษ์ และพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร ธรรมชาติ	- มนุษย์นำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เป็นปัจจัยในการดำรงชีวิต ได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค - มนุษย์ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างหลากหลาย จึงมีส่วนทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดน้อยลงและอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม - เพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติมีใช้ตลอดไป จึงต้องมีแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติซึ่งประกอบด้วย การใช้แบบยั่งยืน การเก็บกัก การรักษาซ่อมแซม การฟื้นฟู และการป้องกัน - ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น ที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมประกอบด้วยชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ไม่รุกราน

จากการวิเคราะห์สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดช่วงชั้นและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดให้รายวิชาเพิ่มเติม 5 มีเนื้อหา มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ ดังนี้

ตาราง 11 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ 2. อภิปราย อธิบายและสรุปแนวทางการจัดกาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งการอนุรักษ์และพัฒนาที่ยั่งยืนพร้อมทั้งเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ 3. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม	น้ำ ดิน อากาศ และสัตว์ป่า เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ มนุษย์นำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ ถ้าใช้ทรัพยากรอย่างไม่เห็นคุณค่าจะส่งผลให้ปริมาณของทรัพยากรธรรมชาติลดลงและก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์ด้วย ดังนั้นมนุษย์จึงต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อใช้และจัดการได้อย่างเหมาะสม การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้บรรลุถึงเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพต้องยึดหลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานในสังคมที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืนจะต้องมีการจัดการและสิ่งแวดล้อมต้องอาศัยที่ดี ซึ่งความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งภาครัฐและเอกชนในเรื่องการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างถูกวิธี	1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ 2. อภิปรายประโยชน์ที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหา และการจัดการ 3. อภิปราย และสรุปแนวทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการอนุรักษ์และพัฒนาที่ยั่งยืน พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ 4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความสำคัญของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

นันทิยา สุวรรณวงศ์ (2553: 123-124) ได้ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ภาวะโลกร้อนโดยใช้ประสบการณ์นาฏการ เครื่องมือวิจัยได้แก่ แบบสอบถาม การรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า กิจกรรมการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนผ่านประสบการณ์นาฏการทำให้นักเรียนรับรู้คำสำคัญเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนเพิ่มขึ้น ให้คำจำกัดความคำสำคัญได้ถูกต้องสมบูรณ์ และช่วยส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน นักเรียนมีความเข้าใจด้านความรู้เพิ่มขึ้นจากระดับพอใช้มาเป็นระดับดี ด้านการมีส่วนร่วมนักเรียนเคยมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากระดับพอใช้มาเป็นระดับดี

นิรรัตน์ อาโยวงษ์ (2555: 170-174) ได้ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมของ Yuenyong (2006) วิจัยแบบผสมผสานแบบแผนสามเ้า รูปแบบการวิจัยแบบลู่เข้า ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องจีเอ็มโอ ร้อยละ 74.54 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 71.88 คะแนนเฉลี่ยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เรื่องการโคลน คิดเป็นร้อยละ 74.08 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 56.25 นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมของ Yuenyong (2006) ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามกรอบการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2009 คือ นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ ใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการตีความหลักฐาน ลงข้อสรุปและสื่อสารข้อสรุป รวมทั้งมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในด้านความสนใจในวิทยาศาสตร์

ปารณีย์ แสงลับ (2555: 195-232) ได้ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในบริบทการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) วิจัยเชิงคุณภาพเชิงตีความ ผลการวิจัยพบว่า บริบทการจัดการเรียนการสอนแบบวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมทำให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ใน 5 ขั้นตอนของการเรียนรู้ตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม คือ ขั้นที่ 1 การระบุประเด็นทางสังคม ขั้นที่ 2 ระบุแนวทางการหาคำตอบอย่างมีศักยภาพ ขั้นที่ 3 ต้องการความรู้ ขั้นที่ 4 ทำการตัดสินใจ ขั้นที่ 5 กระบวนการทางสังคม

ติวะ ปินะสา (2556: 141-142) ได้ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม โดยพิจารณาจากนักเรียนที่มี

ความแตกต่างกันในผลการเรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ ภูมิหลัง และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ทำการตีความการรู้วิทยาศาสตร์ตามกรอบการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA (2009) ซึ่งประเมินการรู้วิทยาศาสตร์จากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือในการดำเนินการวิจัยได้แก่แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม จำนวน 6 แผน เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ ใบงานของนักเรียน แบบสังเกตแบบมีส่วนร่วม การสัมภาษณ์ แบบไม่มีโครงสร้าง และอนุทิน ผลการวิจัยพบว่า การรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันซึ่งได้วัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ มีความแตกต่างกันโดยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงสุดและต่ำสุดมีความถี่ของการแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากใกล้เคียงกัน แต่คุณภาพของคำตอบ และความเป็นเหตุเป็นผลของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะมีคุณภาพดี

สุนันทา กองตาพันธุ์ (2556: 119-120) ได้ศึกษาการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง สารเคมี และปฏิกิริยาเคมี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน บันทึกการสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู วิทยุทัศน์ และการจัดการเรียนรู้ของครู วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) นักเรียนมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ในหัวข้อเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวลของสารและปฏิกิริยาเคมี เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 26.67, 20.00, 20.00, 13.33 และ 6.67 ตามลำดับ 2) นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในหัวข้อเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎทรงมวลของสารและปฏิกิริยาเคมี เพิ่มขึ้น เป็นร้อยละ 60.00, 40.00, 60.00 และ 66.67 ตามลำดับ 3) นักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในประเด็น เรื่องสารเคมีและปฏิกิริยาเคมี เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 80.00 โดยมีส่วนร่วมในระดับครอบครัว ชุมชน และสังคม คิดเป็นร้อยละ 36.11, 38.89, 25.00 ตามลำดับ สำหรับลักษณะการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้คือ 1) การใช้สถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 2) การให้นักเรียนลงมือ

ปฏิบัติด้วยตนเองโดยเน้นการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม 3) การให้นักเรียนเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น 4) การให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานและชิ้นงานของตนเองและผู้อื่น

งานวิจัยต่างประเทศ

บาจิอูกูและอะลี (Bajioogu & Ali. 2001: 31-39) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการสอนแบบ STS Approach การรู้วิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยา โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการรู้วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา 2) การสอนแบบ STS Approach เป็นตัวแปรส่งผ่านระหว่างการรู้วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยา แบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนที่มีอายุ 16-18 ปี จำนวน 246 คน ที่ได้มาจาก 4 โรงเรียนๆละ 2 ห้องเรียน สุ่มนักเรียนให้เป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่สอนด้วย STS Approach เครื่องมือวิจัยได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์และการวางแผนครอบครัว 2) แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างการรู้วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม การสอนแบบ STS Approach เป็นตัวแปรส่งผ่านระหว่างการรู้วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อมีผลต่อความสัมพันธ์ทางบวกเพียงเล็กน้อย ความชันของการรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเมื่อมีการควบคุมวิธีการสอน แสดงว่า การรู้วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การสอนแบบ STS Approach ส่งผลต่อตัวแปรอื่นในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

อัคเค (Akca. 2015) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ STS ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เป็นการศึกษาเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STS และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเดิม โดยมีครูที่มีประสบการณ์ในการเรียนการสอนแบบ STS เป็นอาสาสมัครในการศึกษาวิจัยจำนวน 8 คน ครูทุกคนจัดการเรียนรู้ทั้งแบบ STS และการจัดการเรียนรู้แบบเดิม โดยมีนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STS เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเดิมเป็นกลุ่มควบคุม การวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STS มีคะแนนหลังเรียนด้านการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเดิม

อัลตุค (Altuk. 2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการรู้วิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2

และ 3 เป็นการศึกษาเชิงสำรวจและเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีระดับการรู้วิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 3

อัคเคและเยเกอร์ (Akca & Yager. 2015) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจหลักกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ STS และการจัดการเรียนรู้ที่ใช้หนังสือคู่มือเป็นหลัก กลุ่มตัวอย่างเป็นครูจำนวน 12 คน นักเรียนจำนวนทั้งหมด 403 คน โดยสุ่มเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ STS จำนวน 199 คน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้หนังสือคู่มือเป็นหลัก จำนวน 204 คน เครื่องมือได้แก่ แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครอบคลุมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STS มีคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้หนังสือคู่มือเป็นหลัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมिता (Smitha. 2014) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนในตำบล กะสาธากอด โดยการจัดการเรียนรู้แบบ STS และการจัดการเรียนรู้แบบใช้กิจกรรมเป็นหลัก การศึกษาใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STS แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้กิจกรรมเป็นหลัก แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา นักเรียนที่เรียนด้วย STS เป็นกลุ่มทดลองและนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมเป็นหลักเป็นกลุ่มควบคุม และกำหนดให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นตัวแปรต้น กำหนดตัวแปรควบคุม ได้แก่ คะแนนทดสอบก่อนเรียน สิ่งแวดล้อมในการเรียน เศรษฐฐานะและความสามารถในการใช้สัญลักษณ์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STS มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้กิจกรรมเป็นหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น สรุปได้ว่า แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ทำให้

- 1) นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์
- 2) สามารถอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์
- 3) สามารถใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (ศิวัะ ปิ่นสา. 2556: 141-142; นิธิรัตน์ อาโยวงษ์. 2555: 170-174; วรณงาม มาระครอง. 2553: 93-94)

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน รวมทั้งมีส่วนร่วมในประเด็นและมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (อัคเคและเยเกอร์ . 2015; อัลดัด . 2012; สมिता. 2014; นันทิยา

สุวรรณวงศ์. 2553: 123-124; บาจิออกูและอะลิ. 2001: 31-39) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ทำให้มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มีความสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้และมีส่วนร่วมในประเด็นทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน (สุนันทา กองตาพันธุ์. 2556: 119-120)

อาจกล่าวได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ได้แก่การจัดการแบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นแนวการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยผู้มีบทบาทในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการลงมือปฏิบัติที่ต้องใช้วิธีการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้กับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเนื้อหาเรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน คณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนวัดราชบพิธ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 4 ห้องเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 105 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชบพิธ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร แผนการเรียน คณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 67 คน ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling) ดังนี้

1. จากประชากร 2 ห้องเรียน ที่นักเรียนแต่ละห้องมีความสามารถ ผู้วิจัยสุ่มมา 2 ห้องเรียน ด้วยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม
2. สุ่มห้องเรียน 1 ห้องเป็นกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ส่วนอีก 1 ห้องเป็นกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้การสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับฉลาก

2. แบบแผนการวิจัย

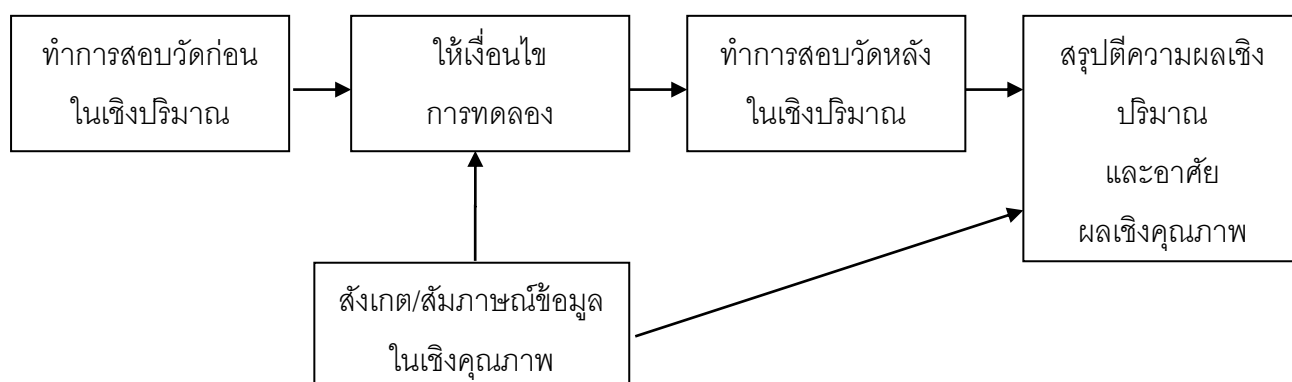
2.1 รูปแบบการวิจัย การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลองวัดก่อนและวัดหลังการทดลอง แบบสองกลุ่มมีกลุ่มเปรียบเทียบไม่สมมูลวัดก่อนและวัดหลังการทดลอง (Pretest-posttest nonequivalent control comparison group design) รูปแบบดังนี้

แบบแผนการวิจัย	กลุ่ม	การวัดก่อน	การให้สิ่งทดลอง	การวัดหลัง
แบบกึ่งทดลองวัดก่อนและ วัดหลังการทดลอง	E	O ₁	X	O ₂
	C	O ₁	~	O ₂

ภาพประกอบ 9 แบบแผนการวิจัย แบบสองกลุ่มมีกลุ่มเปรียบเทียบไม่สมมูลวัดก่อนและวัดหลังการทดลอง (Pretest-posttest nonequivalent control comparison group design)

E	หมายถึง กลุ่มทดลอง
C	หมายถึง กลุ่มควบคุม
O ₁	หมายถึง วัดการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนการทดลอง
O ₂	หมายถึง วัดการรู้วิทยาศาสตร์หลังการทดลอง
X	หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม
~	หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

2.2 ลักษณะของข้อมูลการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณผู้วิจัยได้ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ส่วนการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรม และตรวจใบงานของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนการสอน ดังนั้น ในการดำเนินการวิจัยจึงได้กำหนดกิจกรรมการวิจัยแบบผสมผสานแบบรองรับภายใน: รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก (One-Phase Embedded Design : Experimental Model by Quantitative Dominant) สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ตามภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 การวิจัยแบบผสมผสานแบบรองรับภายใน: รูปแบบการทดลองระยะเดียววิธีเชิงปริมาณเป็นหลัก (One-Phase Embedded Design : Experimental Model by Quantitative Dominant)

3. การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือ 2 ชนิด ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมี 2 วิธี คือ

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จำนวน 5 แผน เวลาแผนละ 3 คาบ รวม 15 คาบ

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 5 แผน แผนละ 3 คาบ รวม 15 คาบ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ คือ แบบทดสอบการรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งข้อสอบมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ เลือกตอบเชิงซ้อน และเขียนตอบ

2.2 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ไปงาน ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยแบ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมใช้กับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ใช้กับกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดช่วงชั้น

2) วิเคราะห์สาระการเรียนรู้ เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมเพื่อกำหนดสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้จากคู่มือครูสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 5

3) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จากตำรา เอกสาร และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยมีวิธีการจัดการเรียนรู้อย่างละ 5 แผน โดยผู้วิจัยได้จัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหา จำนวน 15 ชั่วโมง ดังนี้

ตาราง 12 โครงสร้างกำหนดเนื้อหาและเวลาเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	เวลาเรียน (คาบ)
1	ทรัพยากรน้ำ	3
2	ทรัพยากรดิน	3
3	ทรัพยากรอากาศ	3
4	ทรัพยากรป่าไม้	3
5	ทรัพยากรสัตว์ป่า	3

ในแต่ละแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ทุกแผนการเรียนรู้มีโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

- 1) มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
- 2) จุดประสงค์การเรียนรู้
- 3) สาระการเรียนรู้
- 4) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
- 5) กิจกรรมการเรียนรู้

ตาราง 13 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบ 5Es	การจัดการเรียนรู้แบบ 5Esร่วมกับ STS
1. สร้างความสนใจ (engagement) - เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม	1. ขั้นสร้างความสนใจ(engagement)และสืบค้น (Search) - นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในสังคม นักเรียนตั้งคำถาม และกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา
2. สำรวจค้นหา (exploration) - ใช้แนวคิดเดิมที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังเรียน หรือทำกิจกรรมการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาแนวคิดที่สัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังเรียน	2. ขั้นสำรวจค้นหา (exploration)และแก้ปัญหา(Solve) - วางแผนวิธีการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้คำตอบ - ลงมือปฏิบัติตามแผนการศึกษาที่กำหนด และเก็บรวบรวมข้อมูล
3. อธิบายและลงข้อสรุป (explanation) - นำแนวคิดที่ได้จากขั้นสำรวจค้นหามาอภิปรายและสรุปร่วมกันเป็นแนวคิดที่สัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังเรียนและหารูปแบบการนำเสนอแนวคิดนี้อาจเป็นในรูปของความเรียง แผนความคิดแผนภูมิ กราฟ ฯลฯ	3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)และ สร้างสรรค์ (Create) - นำข้อมูลที่ได้มาอภิปรายและสรุปร่วมกันเป็นแนวคิดที่ตอบปัญหาที่กำหนด - นำเสนอข้อมูลหรือคำตอบของปัญหาในรูปแบบต่างๆ ความเรียง แผนความคิด แผนภูมิ กราฟ ฯลฯ
4. ขยายความรู้ (elaboration) - นำความรู้ไปใช้โดยการเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้กับสถานการณ์หรือคำถามอื่นๆ	4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration)และ แลกเปลี่ยน (Share) - แลกเปลี่ยนแนวคิดและประสบการณ์โดยการอภิปรายร่วมกัน และเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่นๆได้
5. ประเมินผล (evaluation) - ประเมินโดยใช้คำถาม การสังเกต ตรวจใบงาน ทดสอบ	5. ขั้นประเมินผล (evaluation)และนำไปปฏิบัติจริง(Act) - สรุปทบทวนซ้ำอีกครั้งโดยใช้คำถาม การสังเกต ตรวจผลงาน - นำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่โดยการจัดป้ายนิเทศ แผนพับโปสเตอร์ เขียนจดหมายถึงหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหานั้น

6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

8. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

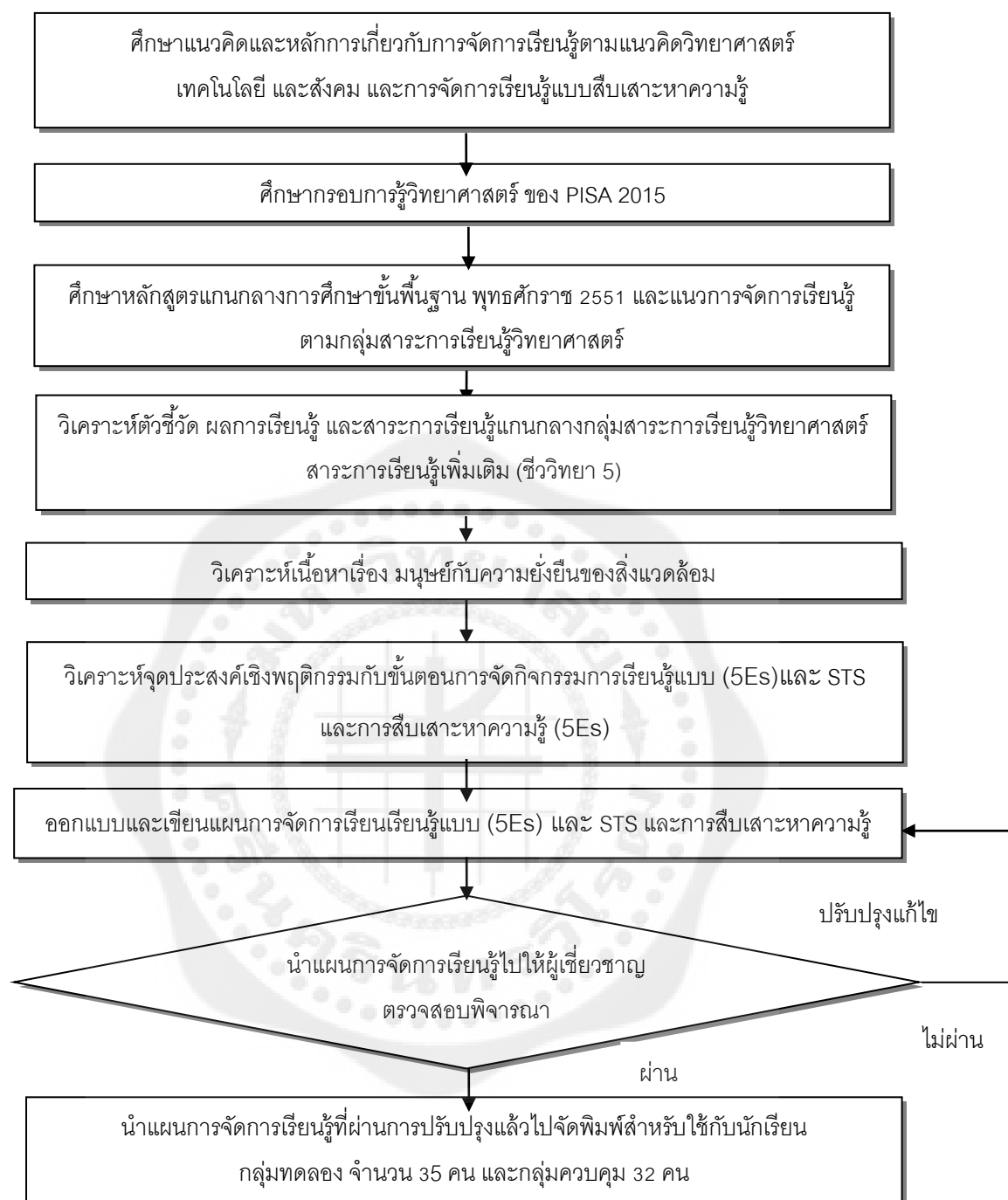
5. นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และแผนการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบ

เสาะหาความรู้ที่สร้างเสร็จแล้วไปเสนอต่อกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความชัดเจนและความถูกต้องของผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในแต่ละแผนการใช้ภาษาที่ถูกต้อง และนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้วพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนชีววิทยาจำนวน 3 คนเพื่อพิจารณาคุณภาพด้านความถูกต้องและความเหมาะสม ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จำนวน 5 แผน พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.76 – 5.00 และแผนการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.00 – 4.94

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีข้อปรับปรุง เช่น ปรับเวลาในแต่ละแผนกับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม เพิ่มสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละข้อควรเป็นกริยาที่นักเรียนแสดงออกอย่างใดอย่างหนึ่ง กระบวนการสอนของครูควรกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดโดยการใช้คำถาม ให้นักเรียนนำเสนอผลงานหรือจัดแสดงชิ้นงาน/ผลงานในห้องเรียนเพื่อให้เกิดความภาคภูมิใจ และครูควรสอดแทรกเทคนิคการสอนที่หลากหลาย เช่น เกม จิ๊กซอร์ บทบาทสมมติ จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์สำหรับนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

จากขั้นการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ดังภาพ 11



ภาพประกอบ 11 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ STS และการสืบเสาะหาความรู้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำแนกเป็น เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ แบบแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ และเครื่องมือเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ ใบบงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

2.1 แบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ผู้วิจัยใช้เนื้อหาเรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม และกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 และดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตร คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้พื้นฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายละเอียดเนื้อหาจากหนังสือเรียน เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ตลอดจนรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น เอกสารทางวิชาการ หนังสือพิมพ์ วารสาร ข่าว อินเทอร์เน็ต แหล่งเรียนรู้จากชุมชนหรือท้องถิ่น โดยการสืบค้น เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

2) ศึกษาแนวทางการสร้างแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ ตามกรอบโครงสร้างการประเมินผลการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 ซึ่งผู้วิจัยเน้นการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมในการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) สมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

3) สร้างแบบทดสอบการวัดการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมให้สอดคล้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งไว้ตามตารางวิเคราะห์การรู้วิทยาศาสตร์ จำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์รายด้าน และสอดคล้องกับโครงสร้างการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA ครอบคลุมความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติ 5 เรื่อง ได้แก่ น้ำ ดิน อากาศ ป่าไม้ สัตว์ป่า ลักษณะของแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย ข้อสอบแบบเลือกตอบ เลือกตอบเชิงซ้อน เลือกตอบและให้เหตุผลปลายเปิด โดยออกข้อสอบวัดความรู้เรื่องละ 2 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อสอบ 3 ข้อ เพื่อวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ดังตาราง 14

ตาราง 14 โครงสร้างแบบทดสอบการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ตาม
กรอบโครงสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015

การรู้วิทยาศาสตร์				
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	สถานการณ์	สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์		
		การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์
1. ทรัพยากรน้ำ	1.1 ความสำคัญของน้ำ	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
	1.2 ไมโครพลาสติก	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
2. ทรัพยากรดิน	2.1 ยูคาลิปตัส	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
	2.2 ดินเสื่อมโทรม	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
3. ทรัพยากรอากาศ	3.1 สถานที่ประสูติฯ	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
	3.2 มลพิษทางอากาศ	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
4. ทรัพยากรป่าไม้	4.1 เครื่องผลิตฝน	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
	4.2 ป่านาน	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
5. ทรัพยากรสัตว์ป่า	5.1 วาฬไรท์	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ
	5.2 ช้าง	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ

4) วิพากษ์และปรับแก้ข้อคำถามและตัวเลือกกับอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ เพื่อให้ข้อคำถามมีความเที่ยงตรงและมีความครอบคลุมตามนิยามเชิงปฏิบัติการ

5) นำแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนชีววิทยา 3 คน พิจารณาตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก และความสอดคล้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านภาษาและความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และคัดเลือกข้อสอบโดยใช้เกณฑ์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่มุ่งวัด (IOC) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

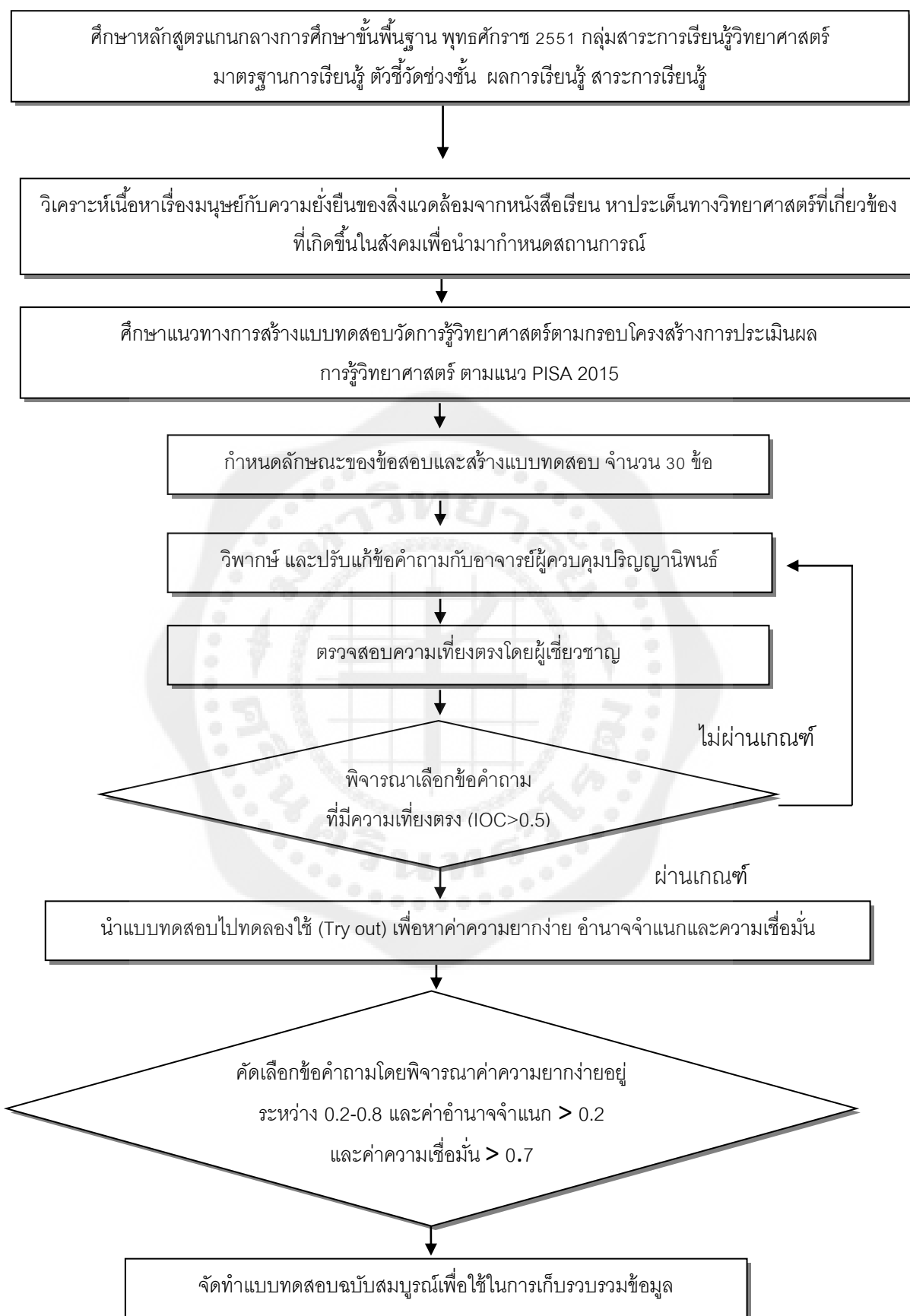
7. นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า $IOC > .50$ ไว้ใช้ทั้งหมด 30 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบที่มีค่าดัชนี IOC อยู่ระหว่าง .60-1.00

8. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน และนำคะแนนจากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ผลการวิเคราะห์ได้ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) .20 ถึง .60 และค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ .20 ถึง .88

9. นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ .910

8. จัดเตรียมแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือการเก็บข้อมูลการวิจัยต่อไป
จากขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบการรู้วิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังภาพ 12





ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สถานการณ์ เรื่อง ไมโครพลาสติก

นักวิทยาศาสตร์ชาวมาเลเซียและฝรั่งเศสได้ศึกษาปลาแมคเคอเรล กุ้งเคย ปลามิวส์เล็ดและปลาจวดจำนวน 120 ตัวอย่าง พบว่ามีชิ้นส่วนของพลาสติกขนาดเล็กหรือไมโครพลาสติก 36 ชิ้น โดยชิ้นส่วนของพลาสติกที่พบมีทั้งประเภทโพลีเอสเตอร์ (ผลิตภัณฑ์โฟม) ในล่อน และโพลีเอทิลีน (ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก) รายงานของนักวิจัยระบุว่า การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อชีวิตของสัตว์น้ำเมื่อบริโภคเข้าไป รวมถึงมนุษย์ด้วยเนื่องจากสัตว์น้ำเหล่านี้เป็นอาหารของมนุษย์

ข้อ 1 ข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน

จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่าขวดพลาสติก ถุงพลาสติก และโฟมก่อให้เกิดมลพิษในน้ำทะเลได้โดยการสลายตัวให้สารพวกไมโครพลาสติก คุณสมบัติของพลาสติกกับโฟมต่อไปนี้ เป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำหรือไม่ ให้นักเรียนเขียน **O** คำว่า “เป็น” หรือ “ไม่เป็น”

คุณสมบัติของพลาสติกและโฟม	คำตอบ
1. อายุการย่อยสลายช้า	เป็น / ไม่เป็น
2. สามารถลอยน้ำได้ทำให้ไป ได้ไกล ส่งผลกระทบในวงกว้าง	เป็น / ไม่เป็น
3. โมเลกุลของน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้	เป็น / ไม่เป็น
4. มีความยืดหยุ่นสูง ทำให้เป็นรูปร่างต่างๆได้หลากหลาย	เป็น / ไม่เป็น

เกณฑ์การให้คะแนน : ตอบถูกต้องคะแนนข้อละ 1 คะแนน , เป็น เป็น เป็น และไม่เป็น ตามลำดับ

ข้อ 2 ข้อสอบแบบเลือกตอบ

ข้อใดควรเป็นคำถามเกี่ยวกับ การศึกษาปริมาณของไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำของนักวิทยาศาสตร์

- ขยะลอยน้ำทำให้เกิดมลพิษทางทะเลหรือไม่
- ขยะในทะเลเมื่อเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปของสารใด
- ขยะในทะเลประเภทโฟม พลาสติกทำให้สัตว์น้ำตายหรือไม่
- ขยะในทะเลประเภทโฟม พลาสติกทำให้ระบบนิเวศเสียหายหรือไม่

เกณฑ์การให้คะแนน : ตอบตัวเดียวถูก ข ตอบถูกต้อง 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

ข้อ 3 ข้อสอบแบบเขียนตอบ

ถ้าหากมีผู้สงสัยว่าไมโครพลาสติกไปอยู่ในสัตว์น้ำได้อย่างไร โดยการให้นักเรียนอธิบาย ทั้งนี้ นักเรียนได้ทราบข้อมูลมาแล้วว่าไมโครพลาสติกคือพลาสติกที่แตกกระจายเป็นชิ้นเล็กๆจนเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรและเล็กลงไปเรื่อยๆจนมองไม่เห็น นักเรียนจะนำเสนอข้อมูลขยะในทะเลจนกลายเป็นสารไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำแก่คนอื่นอย่างไร

คำตอบ

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	แนวคำตอบ
0	ไม่ตอบคำถาม
1	คำตอบที่ตอบไม่ได้กล่าวถึงการกินต่อเป็นทอดๆ
2	คำตอบที่อธิบายการถ่ายทอดไมโครพลาสติกจากสัตว์น้ำขนาดเล็กไปสู่สัตว์น้ำขนาดใหญ่ผ่านการกินต่อกันเป็นทอดๆในระบบนิเวศในทะเลแต่ไม่เขียนแผนภาพห่วงโซ่อาหารประกอบ
3	คำตอบที่อธิบายการถ่ายทอดไมโครพลาสติกจากสัตว์น้ำขนาดเล็กไปสู่สัตว์น้ำขนาดใหญ่ผ่านการกินต่อกันเป็นทอดๆในระบบนิเวศในทะเลโดยเขียนแผนภาพห่วงโซ่อาหารประกอบ

2.2 ใบงานของนักเรียน (student worksheet)

ใบงานของนักเรียน หมายถึง ใบงานและใบกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม กับแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนจะต้องทำใบงานเพื่อแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสามด้านเพื่อสืบหาตัวบ่งชี้สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ แสดงการรู้วิทยาศาสตร์ หลังจากการได้เผชิญกับประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและมีผลกระทบต่อสังคม

2.3 แบบสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant observation)

ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อสร้างความเข้าใจในประสบการณ์หรือพฤติกรรมต่างๆของนักเรียน ซึ่งจะทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงตรง (validity) สูง เพราะนักเรียนจะแสดงพฤติกรรมที่แท้จริงออกมาซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติ ไม่แสร้งทำพฤติกรรม โดยผู้วิจัยจะทำบันทึกหลังการสอน โดยพฤติกรรมและการแสดงออกของนักเรียนจะสะท้อนพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

4. วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ใช้เวลา 19 คาบ ทำการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ 15 คาบ ทำการทดสอบหลังเรียน 2 คาบ โดยผู้วิจัยทดลองสอนด้วยตนเอง

4.2 เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 5 รหัสวิชา ว30245 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดโครงสร้างเนื้อหา วางแผนออกแบบจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีทั้งหมด 5 แผนการจัดการเรียนรู้ตามหัวข้อ ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

แผนที่ 1 ทรัพยากรน้ำ	(3 คาบ คาบละ 50 นาที)
แผนที่ 2 ทรัพยากรดิน	(3 คาบ คาบละ 50 นาที)
แผนที่ 3 ทรัพยากรอากาศ	(3 คาบ คาบละ 50 นาที)
แผนที่ 4 ทรัพยากรป่าไม้	(3 คาบ คาบละ 50 นาที)
แผนที่ 5 ทรัพยากรสัตว์ป่า	(3 คาบ คาบละ 50 นาที)

เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลา 15 คาบ ทำการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ และทำการทดสอบหลังเรียน 2 คาบ

4.3 วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์เป็นเวลา 2 คาบ คาบละ 50 นาที แล้วนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน

2. ดำเนินการทดลองโดยผู้วิจัยดำเนินการสอนเอง โดยใช้เนื้อหาเดียวกันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และใช้ระยะเวลาในการทดลองเท่ากันซึ่งใช้เวลาในการทดลองกลุ่มละ 15 คาบๆ ละ 50 นาที เป็นเวลา 5 สัปดาห์

2.1 กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

2.2 กลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

3. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนด ทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ชุดเดิมเป็นเวลา 2 คาบ คาบละ 50 นาที

4. ทำการตรวจให้คะแนนการทำแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของเวลาในการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

5.2 วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ โดยการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา หาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) จากการตอบคำถามในใบงาน และการตรวจสอบรายการจากแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

5.4 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

5.4.1 วิเคราะห์สถิติบรรยายของตัวแปรการรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง

5.4.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ t-test for independent sample

5.4.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายสมรรถนะของการรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบสมมติฐานของกลุ่มทดลองก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยการวิเคราะห์สถิติ Hotelling's T^2

5.4.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

n	แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
M	แทน คะแนนเฉลี่ย (Mean)
SD	แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
SS	แทน ผลบวกกำลังสองของค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลและค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล (Sum of Square)
MS	แทน ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสอง (Mean Square)
Λ	แทน ค่าสถิติทดสอบแลมบ์ดาของวิลคส์ (Wilks' Lambda)
F	แทน ค่าสถิติการแจกแจงแบบเอฟ (F-Distribution)
Sk	แทน ค่าความเบ้
Ku	แทน ค่าความโด่ง
p	แทน ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ
df	แทน ระดับองศาความเป็นอิสระ (Degree of freedom)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

การนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณ

ส่วนที่ 1 สถิติบรรยายของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์

1.1 สถิติบรรยายของคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

1.2 สถิติบรรยายของคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม

1.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุมโดยใช้การวิเคราะห์ t-test for independent sample

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสังคม โดยใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T^2

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

ส่วนที่ 1 สถิติบรรยายของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์

1.1 สถิติบรรยายของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์รายด้านก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในทุกด้าน เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของข้อมูลพบว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ($Sk < 0$) และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ ($Ku < 0$) แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยและข้อมูลมีการกระจายมากกว่าโค้งปกติ รายละเอียดดังตาราง 15

ตาราง 15 ค่าสถิติบรรยายของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์รายด้านก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	การทดสอบ	คะแนนเต็ม	MIN	MAX	M	SD	Sk	Ku
การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	28	6	23	15.02	4.82	-0.41	-0.92
	หลังเรียน	28	20	27	23.54	1.82	0.11	-0.70
การออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	27	0	17	9.050	4.62	-0.21	-1.01
	หลังเรียน	27	20	27	16.34	3.13	0.11	-0.70
การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	21	0	13	5.34	3.84	0.19	-1.09
	หลังเรียน	21	0	21	14.25	3.40	-0.26	8.82
การรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวม	ก่อนเรียน	66	9	50	29.40	12.40	-0.23	-1.28
	หลังเรียน	66	28	62	54.10	6.24	-2.17	8.13

หมายเหตุ standard error of skewness = .398 standard error of kurtosis = .778

1.2 สถิติบรรยายของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์รายด้านก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม พบว่านักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในทุกด้าน เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของข้อมูลพบว่าข้อมูลก่อนเรียนส่วนใหญ่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ($Sk > 0$) และมีความโด่งมากกว่าโค้งปกติ ($Ku > 0$) แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยและข้อมูลมีการกระจายน้อยกว่าโค้งปกติ สำหรับข้อมูลหลังเรียนส่วนใหญ่มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ($Sk < 0$) และมีความโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ ($Ku < 0$) แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยและข้อมูลมีการกระจายมากกว่าโค้งปกติ รายละเอียดดังตาราง 16

ตาราง 16 ค่าสถิติบรรยายของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์รายด้านก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	การทดสอบ	คะแนน เต็ม	MIN	MAX	M	SD	Sk	Ku
การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	28	5	22	14.30	4.01	-0.59	0.04
	หลังเรียน	28	17	24	21.20	1.83	-0.58	-0.16
การออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	27	5	17	9.41	2.79	0.39	0.35
	หลังเรียน	27	8	20	14.70	3.02	-0.38	-0.44
การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	21	1	16	6.50	3.56	0.56	0.42
	หลังเรียน	21	6	20	12.19	3.44	-0.09	-0.52
การรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวม	ก่อนเรียน	66	13	51	30.20	8.27	0.03	0.28
	หลังเรียน	66	35	62	48.10	6.56	0.10	-0.54

หมายเหตุ standard error of skewness = .414 standard error of kurtosis = .809

1.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = .315$, $p = .762$) รายละเอียดดังตาราง 17

ตาราง 17 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียน
กลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	M	SD	t	p
กลุ่มควบคุม	32	30.22	12.36	.305	.762
กลุ่มทดลอง	35	29.43	8.27		

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายสัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง
ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด
วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T^2

2.1.1 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น (Test of Assumption)

การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ โดย
ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม ด้วย Bartlett's test of Sphericity พบว่า ค่าสถิติ Approx.
chi-square = 82.395 และค่า $p = .000$ ซึ่งค่า $p < .05$ แสดงว่า คะแนนการอธิบายปรากฏการณ์ใน
เชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
และคะแนนการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น รายละเอียดดังตาราง 18

ตาราง 18 การทดสอบความสัมพันธ์ของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการ
เรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

Bartlett's test of Sphericity	
Likelihood Ratio	.000
Approx. chi square	82.395
df	5
p	.000

2.1.2 การทดสอบเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนาม พบว่าเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามทั้งสามตัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilks' Lambda=.202, $F=42.084$, $df=32$, $p=.000$) จึงสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามรายตัว (ANOVA) ได้ โดยนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Hotelling's $T^2 = 134.142$, $df = 32$) รายละเอียดดังตาราง 19

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายด้านของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ Hotelling's T^2

Effect	Multivariate test	Value	F	Hypothesis df	Error df	p
ก่อนเรียนและ หลังเรียน	Pillai's Trace	.798	42.084*	3.000	32.000	.000
	Wilks' Lambda	.202	42.084*	3.000	32.000	.000
	Hotelling's Trace	3.945	42.084*	3.000	32.000	.000
	Roy's Largest Root	3.945	42.084*	3.000	32.000	.000
Hotelling's $T^2 = 134.142$, $df = 32$ (Hotelling's $T^2 > 9.363$)						

หมายเหตุ * $p < .05$

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรตามที่ละตัวด้วยการวิเคราะห์ ANOVA โดยพิจารณาจากค่า Sphericity Assumed พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีคะแนนเฉลี่ยการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ($F=88.867$, $p=.000$) คะแนนเฉลี่ยการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ($F=78.650$, $p=.000$) และคะแนนเฉลี่ยการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ($F=121.743$, $p=.000$) หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 รายละเอียดดังตาราง 20

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายด้านของ
นักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน

Source			Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
time	การอธิบายปรากฏการณ์ฯ	Sphericity Assumed	1268.629	1	1268.629	88.867*	.000
		Greenhouse-Geisser	1268.629	1.000	1268.629	88.867*	.000
		Huynh-Feldt	1268.629	1.000	1268.629	88.867*	.000
		Lower-bound	1268.629	1.000	1268.629	88.867*	.000
	การออกแบบและประเมินฯ	Sphericity Assumed	928.929	1	928.929	78.650*	.000
		Greenhouse-Geisser	928.929	1.000	928.929	78.650*	.000
		Huynh-Feldt	928.929	1.000	928.929	78.650*	.000
		Lower-bound	928.929	1.000	928.929	78.650*	.000
	การแปลความหมายข้อมูลฯ	Sphericity Assumed	1390.629	1	1390.629	121.743*	.000
		Greenhouse-Geisser	1390.629	1.000	1390.629	121.743*	.000
		Huynh-Feldt	1390.629	1.000	1390.629	121.743*	.000
		Lower-bound	1390.629	1.000	1390.629	121.743*	.000
Error(time)	การอธิบายปรากฏการณ์ฯ	Sphericity Assumed	485.371	34	14.276		
		Greenhouse-Geisser	485.371	34.000	14.276		
		Huynh-Feldt	485.371	34.000	14.276		
		Lower-bound	485.371	34.000	14.276		
	การออกแบบและประเมินฯ	Sphericity Assumed	401.571	34	11.811		
		Greenhouse-Geisser	401.571	34.000	11.811		
		Huynh-Feldt	401.571	34.000	11.811		
		Lower-bound	401.571	34.000	11.811		
	การแปลความหมายข้อมูลฯ	Sphericity Assumed	388.371	34	11.423		
		Greenhouse-Geisser	388.371	34.000	11.423		
		Huynh-Feldt	388.371	34.000	11.423		
		Lower-bound	388.371	34.000	11.423		

หมายเหตุ * $p < .05$

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายสมรรถนะหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Variance : MANOVA)

2.2.1 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น (Test of Assumption)

การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ดังนี้

1) การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม ด้วย Box's Test of equality of Covariance matrices พบว่า ค่า Box's M = 13.060 F= 2.067 และ ค่า p = .054 ซึ่งค่า p > .05 แสดงว่า เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และคะแนนการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น รายละเอียดดังตาราง 21

ตาราง 21 การทดสอบความเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายสมรรถนะหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

Box's Test of Equality of Covariance Matrices ^a	
Box's M	13.060
F	2.067
df1	6
df2	29925.712
p	.054

2) การทดสอบความความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม ด้วย Bartlett's test of Sphericity พบว่า ค่าสถิติ Approx. chi Square = .62.669 และค่า p = 0.00 ซึ่งค่า p < .05 แสดงว่าคะแนนการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น รายละเอียดดังตาราง 22

ตาราง 22 การทดสอบความสัมพันธ์ของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายสมรรถนะหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

Bartlett's test of Sphericity	
Likelihood Ratio	.000
Approx. chi Square	62.669
df	5
p	.000

3) การทดสอบความเท่ากันของตัวแปรตาม ด้วย Levene's Test of Equality of Error Variance พบว่า ความแปรปรวนของคะแนนการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ($F=.030$, $df_1=1$, $df_2=1$, $p=.864$) คะแนนการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ($F=.037$, $df_1=1$, $df_2=1$, $p=.849$) และคะแนนการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ($F=1.633$, $df_1=1$, $df_2=1$, $p=.206$) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น จึงสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณได้ รายละเอียดดังตาราง 23

ตาราง 23 การทดสอบความแปรปรวนของคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายสมรรถนะหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

Levene's Test of Equality of Error Variance				
ตัวแปรตาม	F	df1	df2	p
1. การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	.030	1	65	.864
2. การออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	.037	1	65	.849
3. การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์	1.633	1	65	.206

2.2.2 การทดสอบเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนาม พบว่าเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามทั้งสามตัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilks' Lambda=.670, $F=10.343$, $df=3,63$, $p=.000$) จึงสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามรายตัว (ANOVA) ได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่

ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีคะแนนการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และคะแนนการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 รายละเอียดดังตาราง 24

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์คะแนนการรู้วิทยาศาสตร์รายด้านของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถิติ MANOVA

Effect	Multivariate test	value	F	Hypothesis df	Error df	p
กลุ่มทดลอง	Pillai's Trace	.330	10.343*	3.00	63.00	0.00
และกลุ่ม	Wilks' Lambda	.670	10.343*	3.00	63.00	0.00
ควบคุม	Hotelling's Trace	.493	10.343*	3.00	63.00	0.00
	Roy's Largest Root	.493	10.343*	3.00	63.00	0.00

Test of Between-Subject Effect						
Source	Dependent Variables	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Correct Model	การอธิบายปรากฏการณ์ฯ	90.293	1	90.293	27.152*	.000
	การออกแบบและประเมินฯ	44.093	1	44.093	4.650*	.035
	การแปลความหมายข้อมูลฯ	71.603	1	71.603	6.111*	.016
Intercept	การอธิบายปรากฏการณ์ฯ	33493.040	1	33493.040	10071.722*	.000
	การออกแบบและประเมินฯ	16128.392	1	16128.392	1700.881*	.000
	การแปลความหมายข้อมูลฯ	11690.111	1	11690.111	997.763*	.000
Group	การอธิบายปรากฏการณ์ฯ	90.293	1	90.293	27.152*	.000
	การออกแบบและประเมินฯ	44.093	1	44.093	4.650*	.000
	การแปลความหมายข้อมูลฯ	71.603	1	71.603	6.111*	.000
Error	การอธิบายปรากฏการณ์ฯ	216.154	65	3.325		
	การออกแบบและประเมินฯ	616.354	65	9.482		
	การแปลความหมายข้อมูลฯ	761.561	65	11.716		
Total	การอธิบายปรากฏการณ์ฯ	34023.000	67			
	การออกแบบและประเมินฯ	16897.000	67			
	การแปลความหมายข้อมูลฯ	12629.000	67			

การนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพ

จากแบบแผนการวิจัยการทดลองแบบผสมผสานแบบรองรับภายใน : รูปแบบการทดลอง 1 ระยะ วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยการสังเกตพฤติกรรม ตรวจใบงาน ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสะท้อนถึงผลที่เกิดขึ้นต่อตัวผู้เรียนในแต่ละขั้นตอนของการสอน การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) ร่วมกับขั้นสืบค้น (search) นักเรียนมีความสนใจในการเรียน ได้คิดวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น ร่วมกันตั้งคำถาม ใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับการทำกิจกรรม ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน สังเกตจากเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจก็จะถามครูจนได้ความเข้าใจที่ชัดเจนและนำไปอภิปรายกับเพื่อน ในขั้นนี้ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนสามารถตอบคำถามในใบงานได้ตามที่ครูกำหนดหรืออาจจะมากกว่า โดยการตั้งคำถามจากสถานการณ์ที่ให้มาและช่วยกันจัดกลุ่มของคำถามเพื่อให้อยู่ในประเด็นเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน นอกจากนั้นนักเรียนยังสามารถบอกได้ว่าคำถามใดที่สามารถหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) ร่วมกับขั้นแก้ปัญหา (solve) นักเรียนมีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นมากขึ้น มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันมากขึ้นเพราะต้องเสนอแนวทางในการหาคำตอบของปัญหาที่ช่วยกันกำหนดเป็นประเด็นกิจกรรมการเรียนรู้ การเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมยังมีความสำคัญเนื่องจากนักเรียนต้องรู้สิ่งที่ตนเองมีอยู่ก่อน และจะต้องหาความรู้ด้านใดเพิ่มเติมจึงจะเป็นข้อมูลที่เพียงพอในการตอบคำถาม นอกจากนั้นนักเรียนยังได้ระดมความคิดเพื่อวางแผน กำหนดขั้นตอนการลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหา สังเกตได้ว่านักเรียนมีความกล้าแสดงความคิดเห็นส่วนตัวมากขึ้น รวมทั้งรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่ม แต่นักเรียนยังไม่สามารถกำหนดแหล่งเรียนรู้ที่จะสืบค้นได้อย่างหลากหลายเท่าที่ควร ทุกแผนการจัดการเรียนรู้จะสังเกตได้ว่านักเรียนจะกำหนดแหล่งสืบค้นในอินเทอร์เน็ต โดยละเลยแหล่งเรียนรู้อื่นๆ ที่น่าสนใจและเป็นแหล่งเรียนรู้ใกล้ตัว เช่น ครูที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ หน่วยงาน องค์กรที่รับผิดชอบในเรื่องนั้นๆ ที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) ร่วมกับขั้นสร้างสรรค์ (create) นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม ร่วมแสดงความคิดเห็น อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าฝึกทักษะการตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป นักเรียนสามารถออกแบบการนำเสนอข้อมูลด้วย ตาราง กราฟ รูปภาพ แผนผังความคิด นักเรียนมีความมั่นใจในตนเอง กล้าแสดงออก สังเกตจากการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน นักเรียนบางคนมีความสามารถในการพูดมีทักษะการสื่อสารที่ดี และยังสามารถสะท้อนถึง

ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่ได้ศึกษาเรื่องนั้นด้วยตนเองจนสามารถถ่ายทอดความรู้สู่ผู้อื่นได้นอกจากนั้นยังทำให้เห็นศักยภาพของนักเรียนมากขึ้น เนื่องจากในขั้นนี้นอกจากนักเรียนจะร่วมกันทำงานภายในกลุ่มแล้วต้องนำเสนอผลงานต่อเพื่อนกลุ่มอื่น ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการเรียนทำให้เรียนรู้อย่างมีความสุข สืบเนื่องจากการแสดงความคิดเห็นอย่างหลากหลายและความสนุกสนานในการเรียน

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) ร่วมกับขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (share) นักเรียนมีความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียน ได้ประสบการณ์และความรู้เพิ่มเติม โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะได้เห็นสถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่หลากหลายและเห็นวิธีการแก้ปัญหาในแต่ละกรณีที่เหมาะสมความสำเร็จและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับชุมชนได้ นักเรียนได้เห็นความแตกต่างของแต่ละปัญหาในด้านต่างๆ เช่น สาเหตุของปัญหา ผลกระทบที่เกิดขึ้นและวิธีการแก้ไข เช่น เรื่องทรัพยากรน้ำ นักเรียนได้เห็นปัญหาเกี่ยวกับน้ำในประเทศสิงคโปร์ซึ่งเป็นประเทศที่ขาดแคลนแหล่งน้ำจืด แต่สามารถคิดค้นเทคโนโลยีในการนำน้ำทะเลเพื่อผลิตน้ำจืดใช้ในการอุปโภคและบริโภคภายในประเทศได้ ในขั้นตอนการสอนนี้นักเรียนมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมากขึ้นว่าวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่จะนำไปสู่การสร้างเทคโนโลยีที่ช่วยแก้ปัญหาในสังคม จะเห็นได้จากการที่นักเรียนสามารถอธิบายแสดงความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนๆ

5. ขั้นประเมินผล (evaluation) ร่วมกับขั้นนำไปปฏิบัติจริง (act) นักเรียนมีความสนใจและความกระตือรือร้นในการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้แก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว เช่น ในโรงเรียน ชุมชนที่อาศัย สังเกตได้ว่านักเรียนมีความตั้งใจในการทำชิ้นงาน จะซักถามและขอคำแนะนำจากครู เพื่อนๆ รวมทั้งผู้ปกครอง เพื่อให้ชิ้นงานมีความสมบูรณ์มากที่สุด หากเป็นวิธีการหรือกิจกรรมนักเรียนมีความสนุกสนาน มีความสุขในการทำงาน นอกจากนั้นจากการพูดคุยสนทนพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่และเกิดความเห็นใจ เช่น เรื่อง ทรัพยากรป่าไม้ นักเรียนได้แสดงความเห็นใจต่อเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติหน้าที่ดูแลรักษาป่า ที่ได้รับความไม่สะดวกในการปฏิบัติงานและได้รับเงินเดือนน้อย ทั้งๆที่หน้าที่ที่ปฏิบัติมีความสำคัญต่อสังคมส่วนรวม

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 2 ประการ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ก่อนเรียนและหลังเรียน และ 2) เพื่อเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสานแบบรองรับภายใน: รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก (One-Phase Embedded Design : Experimental Model by Quantitative Dominant) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental research) แบบสองกลุ่มมีกลุ่มเปรียบเทียบไม่สมมูล วัดก่อนและวัดหลังการทดลอง (Pretest-posttest nonequivalent control comparison group design)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชบพิธ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (two - stage random sampling) ทั้งนี้ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองห้องเรียนมีความคล้ายคลึงกัน คือ มีแผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์เช่นเดียวกัน เรียนวิชาชีววิทยาเนื้อหาเดียวกัน ระดับผลการเรียนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน จากนั้นผู้วิจัยใช้วิธีการจับฉลากเพื่อเลือกห้องเรียนว่าห้องใดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 35 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และนักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 32 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จำนวน 5 แผน แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 5 แผน แบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ แบบสังเกต และใบงาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม Hotelling's T^2 และ MANOVA

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนเรียน 29.40 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 54.10 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลัง

เรียนจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์รายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 15.02 คะแนน หลังเรียน 23.54 คะแนน คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนด้านการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 9.05 คะแนน หลังเรียน 16.34 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ 5.34 คะแนน หลังเรียน 14.25 คะแนน เมื่อทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ 54.10 คะแนน ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ 48.10 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์รายด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง 23.54 คะแนน กลุ่มควบคุม 21.20 คะแนน คะแนนเฉลี่ยด้านการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง 16.34 คะแนน กลุ่มควบคุม 14.70 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง 14.25 คะแนน กลุ่มควบคุม 12.19 คะแนน เมื่อทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม พบว่านักเรียนมีความสนใจในการเรียน มีความกระตือรือร้น ตั้งใจและพยายามทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ โดยการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ รวมทั้งมีการสอบถามให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน นักเรียนมีความสุขสนุกสนานในการได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนๆ

อภิปรายผล

1. ผลการเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม มีคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในทุกด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้บูรณาการรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยแบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็น 5 ขั้นตอน ในแต่ละขั้นมีลักษณะการเรียนการสอนและส่งผลต่อนักเรียนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) ร่วมกับขั้นสืบค้น (search) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนนักเรียนได้ฝึกตั้งคำถาม กำหนดปัญหา จากสถานการณ์หรือประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปัญหา ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคำถามที่ตั้งขึ้นว่าเป็นประเด็นปัญหาอย่างไร และสามารถหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้แสดงความสามารถในการระบุปัญหา บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) ร่วมกับขั้นแก้ปัญหา (solve) ในขั้นตอนนี้ นักเรียนร่วมกันวางแผนวิธีการหาคำตอบและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดซึ่งอาศัยแนวคิดและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้และรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาอธิบายหรือแก้ปัญหานั้น ผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันคิดหาวิธีการในการค้นหาคำตอบของคำถามหรือประเด็นปัญหาที่นักเรียนเลือกมาดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ เริ่มตั้งแต่การสำรวจความรู้เดิมเกี่ยวกับประเด็น แหล่งข้อมูลใหม่ที่ใช้ในการสืบค้น ลำดับขั้นตอนในการสืบค้น วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และลงมือสืบเสาะหาความรู้ตามลำดับขั้นตอนจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ที่กำหนด ในขั้นนี้นักเรียนได้ฝึกการออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) ร่วมกับขั้นสร้างสรรค์ (create) ในขั้นนี้ ผู้วิจัยให้นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการลงมือปฏิบัติสืบเสาะหาความรู้มาอภิปรายและสรุปร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่และนำมาอธิบายปรากฏการณ์หรือวิธีแก้ปัญหานั้นๆ โดยการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ความเรียง ตาราง แผนภูมิ แผนที่ความคิด ดังนั้นในขั้นนี้นักเรียนจึงได้ฝึกการเลือกองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายปรากฏการณ์หรืออธิบายคำตอบของประเด็นปัญหาต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้นักเรียนยังได้

ฝึกนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นมาพยากรณ์และเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ และสื่อสารข้อมูลที่ได้จากรูปแบบการนำเสนอเดิมด้วยรูปแบบอื่นๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration) ร่วมกับขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (share) ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลหรือองค์ความรู้ที่เพื่อนนำเสนอในแง่มุมต่างๆ ทั้งการสนับสนุนและการโต้แย้งโดยอยู่บนพื้นฐานขององค์ความรู้ หลักฐานและประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำมากล่าวอ้างได้ นอกจากนั้นยังให้นักเรียนนำองค์ความรู้มาอธิบายและเสนอวิธีแก้ปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอื่นๆ ที่นอกเหนือจากกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้นในขั้นนี้นักเรียนได้เชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการสรุปไปยังสถานการณ์อื่นโดยการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิด และได้แสดงความสามารถในวิเคราะห์ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล สามารถโต้แย้งและสนับสนุนประเด็นต่างๆ บนพื้นฐานของข้อมูลและประจักษ์พยานที่มีได้อย่างชาญฉลาด

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (evaluation) ร่วมกับขั้นนำไปปฏิบัติจริง (act) ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนนำองค์ความรู้หรือข้อสรุปของกลุ่มไปใช้ในสถานการณ์จริง โดยการสื่อสารข้อมูลองค์ความรู้และวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้และทำกิจกรรมร่วมกันจากในชั่วโมงเรียนสู่นอกห้องเรียน ทั้งนี้ให้นักเรียนนำองค์ความรู้หรือข้อสรุปของกลุ่มไปใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและเป็นประเด็นที่นักเรียนมีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อมในโรงเรียน ในชุมชนที่นักเรียนอยู่อาศัย ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้สำรวจตรวจสอบผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยการตั้งคำถาม ตรวจสอบงาน ทดสอบและการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน จะเห็นได้ว่านักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้สู่ชีวิตจริงโดยการนำแนวคิด องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์จริง นักเรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์ทั้งทักษะกระบวนการ เนื้อหาความรู้ การประยุกต์ใช้ และกระบวนการได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กับสังคม มีความตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ทั้ง 5 ขั้น ส่งผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในทุกด้าน เพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนสืบค้นความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้สนับสนุนการเรียนรู้ กระตุ้น ยั่วยุให้นักเรียนเกิดความคิดหรือรับ อำนวยความสะดวกในการจัดหาสื่อ อุปกรณ์ ให้คำแนะนำ แนะนำแนวทาง ทั้งนี้ให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง สอดคล้องกับพิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ (2545: 70) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการให้นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์และมีครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติอย่าง นักวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีชีวิตชีวา เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงในสิ่งที่เรียน ไม่ใช่แค่ การท่องจำอย่างเดียว ความรู้ได้จากการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่จนเกิดเป็น ความรู้ที่คงทน ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้จะช่วยส่งเสริมศักยภาพการทำงานของสมอง (ประสาท เนืองเฉลิม. 2558: 137-138)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีลักษณะสำคัญหลายประการที่ส่งเสริมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ กล่าวคือ การตั้งคำถามซึ่งนำไปสู่การสำรวจหาคำตอบ การใช้หลักฐานหรือประจักษ์ พยานในการอ้างอิงเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การสร้างคำอธิบายและการลงข้อสรุปเพื่อ ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ซึ่งต้องผ่านการตีความ การคิดวิเคราะห์ อย่างมีเหตุผล การเชื่อมโยงองค์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแนวความคิด หลักการ กฎ หรือทฤษฎี และการสื่อสาร คำอธิบายและการให้เหตุผลสู่ผู้อื่น (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. 2551: 4-5; กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. 2558: ออนไลน์; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557: 7 อ้างอิงจาก NRC. 2000 ; สุทธิดา จำรัส. 2556: 14)

สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมสามารถพัฒนาการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มจากความคิด ความสนใจในปัญหา เหตุการณ์ ประเด็นปัญหาในสังคมเกิดขึ้นจริงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จากประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งแต่การตั้ง คำถาม วางแผนดำเนินการหาคำตอบ ลงมือปฏิบัติในการค้นหาคำตอบนำเสนอความรู้และ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันรวมถึงการนำไปปฏิบัติจริง ซึ่งทุกขั้นตอนนักเรียนได้นำความรู้และ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ ประสบการณ์ตรงที่เกิดขึ้นส่งผลให้นักเรียนเห็น ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีกับสังคม สามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ในห้องเรียนกับชีวิตจริง และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์อื่นที่มีประเด็นปัญหาเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อรอนงค์ สอนสนาม. 2553: 78) สอดคล้องกับเยเกอร์และทาเมอร์ (Yager and Tamir. 1993: 644) ได้กล่าวถึงลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาและประเด็นในปัจจุบันให้นักเรียนร่วมมือกันดำเนินการ แก้ปัญหาโดยการคิด วางแผนการเรียนรู้และค้นหาคำตอบด้วยตนเองโดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนและช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุดด้วย ประสบการณ์ของตนเอง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับคาริน (Carin. 1993: 25-26) ที่ได้เสนอโมเดลการ สอนตามแนวคิด STS Approach ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหา (solve model) ว่าเป็นรูปแบบการสอนที่ สามารถตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนและเพิ่มพูนความรู้ใหม่ได้โดยผ่านทักษะการแก้ปัญหา การ

ลงมือปฏิบัติ และการนำไปใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของนิริรัตน์ อาโยวงษ์ (2555: 170-174) ที่ได้ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมของ Yuenyong (2006) ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามกรอบการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2009 คือ นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ ใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการตีความหลักฐาน ลงข้อสรุปและสื่อสารข้อสรุป รวมทั้งมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในด้านความสนใจในวิทยาศาสตร์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณงาม มาระครอง (2553: 93-94) ได้ศึกษาการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในการเรียนรู้เรื่องปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS Approach) ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมของ Yuenyong (2006) ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งประเมินได้จากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การระบุคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์

2. ผลการเปรียบเทียบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม มีคะแนนเฉลี่ยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในทุกด้านสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม สามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพราะผู้วิจัยได้บูรณาการรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาและทักษะในการสืบเสาะสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เกิดเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดเชื่อมโยง คิดวิเคราะห์ นำความรู้ไปศึกษาต่อในเรื่องที่ตนเองสนใจ มีโอกาสลองผิดลองถูก ฝึกแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีอิสระทางความคิดภายใต้ความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ค้นพบ มีความสุขกับการเรียน (Barhydt. 1989: 7; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2558: 72-73) สอดคล้องกับแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ตามวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมว่าเป็นหลักสูตรการเรียนการสอนที่ออกแบบมาเพื่อให้แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่อยู่ในหลักสูตรเท่านั้น แต่มีความหมายและมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน (Ziman. 1980; citing Yager. 1993. School Science and Mathematics. 145)

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ NSTA (เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์. 2544: 14 อ้างอิงจาก NSTA. 1993) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจริง แทนการเรียนการสอนที่เริ่มต้นด้วยแนวคิดและกระบวนการ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการคิดวิเคราะห์และประยุกต์ใช้แนวคิดและกระบวนการในสถานการณ์จริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้ในห้องเรียนกับสถานการณ์จริงในท้องถิ่นของผู้เรียนได้ ผู้เรียนจะพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ได้ใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน และกล้าตัดสินใจด้วยตนเอง สอดคล้องกับคำกล่าวของเยเกอร์ (Yager. 1992: 8) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมว่าเป็นการรวมเอาประสบการณ์ของผู้เรียน คำถาม และประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง สถานการณ์ที่นักเรียนมีส่วนร่วม โดยครูผู้สอนสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนจำเป็นต้องใช้แนวคิดพื้นฐานและทักษะกระบวนการ ทำให้นักเรียนมีทักษะ เกิดความกระตือรือร้น มีความรับผิดชอบโดยตอบสนองต่อประเด็นที่มีผลกระทบต่อชีวิต ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับนฤมล ยุตามคม (2542: 33-39) ได้กล่าวว่าโมเดลการสอนแบบ STS เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (active learner) และมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหาความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งได้นำความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง เชื่อมโยงความรู้ในห้องเรียนสู่การเผชิญสถานการณ์อื่นที่เป็นประเด็นปัญหาเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสังคม มีบทบาทและมีส่วนร่วมสร้างสังคม วิทยาศาสตร์ทั้งในบริบทของการดำเนินชีวิตส่วนตัว บริบทของสังคม และบริบทของโลก รับรู้และตอบสนองต่อประเด็นปัญหา รับสาระข้อมูลข่าวสาร และเป็นผู้บริโภคที่ชาญฉลาด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553: 7-8) สอดคล้องกับงานวิจัยของอัคเค (Akçay. 2015) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ STS ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STS มีคะแนนหลังเรียนด้านการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเดิม และสอดคล้องกับงานวิจัยของอัคเคและเยเกอร์ (Akçay & Yager. 2015) ที่ศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจหลักกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ STS และการจัดการเรียนรู้ที่ใช้หนังสือคู่มือเป็นหลัก พบว่า นักเรียนที่ได้รับการ

จัดการเรียนรู้แบบ STS มีคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้หนังสือคู่มือเป็นหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้งานวิจัยของสมिता (Smitha. 2014) ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ STS และการจัดการเรียนรู้แบบใช้กิจกรรมเป็นหลัก พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ STS มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้กิจกรรมเป็นหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) สามารถใช้พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังนั้นผู้ที่สนใจสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนโดยมีข้อคำนึงถึงดังนี้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ครูผู้สอนต้องมีประเด็นทางสังคมที่ชัดเจน กระตุ้นนักเรียนให้ตั้งคำถามและใช้คำถามของนักเรียนเป็นประเด็นในการหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ศักยภาพในการเรียนรู้มากที่สุด เช่น ได้แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ วางแผนการทำงาน เป็นต้น

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ครูผู้สอนต้องจัดเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับสื่อและแหล่งเรียนรู้ให้พร้อมสำหรับการแนะนำนักเรียนในการศึกษาค้นคว้า ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากแหล่งเรียนรู้ เช่น การไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ไปศึกษาดูงานจากสถานที่จริงที่ไม่ไกลจากโรงเรียนหรือชุมชน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน

1.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ช่วยพัฒนาสมรรถนะสำคัญของนักเรียน เช่น ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี เนื่องจากนักเรียนมีการทำกิจกรรมร่วมกัน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งด้านเนื้อหา การแสดงความคิดเห็น การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ดังนั้น ครูผู้สอนควรวัดประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ครอบคลุมทุกมิติโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย และส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนทราบจุดแข็งและจุดที่ควรพัฒนาของตนเอง และสามารถนำผลการประเมินที่ได้ไปใช้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้มีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การศึกษาครั้งนี้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งดีกว่าการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพียงอย่างเดียว แต่ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยังมีวิธีการอื่น ๆ อีกหลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (project-based learning) การจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน (brain-based learning) เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาค้างต่อไปควรศึกษาผลการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้วิธีการสอนอื่น มาบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้หรือการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

2.2 การศึกษาครั้งนี้เน้นการศึกษาเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เท่านั้น ดังนั้นการศึกษาค้างต่อไปควรมีการศึกษาเพื่อติดตามผลหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นไปแล้วช่วงเวลาหนึ่ง เช่น 2 สัปดาห์ หรือ 4 สัปดาห์ ว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้หรือไม่

2.3 การศึกษาครั้งนี้เน้นศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ตามกรอบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) แต่การศึกษาศาสตร์วิทยาศาสตร์ยังมีประเด็นอื่น ๆ ที่น่าสนใจเพิ่มเติมที่ควรใช้ในการศึกษาค้างต่อไป เช่น ระดับการรู้วิทยาศาสตร์ ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการรู้วิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์ของการรู้วิทยาศาสตร์กับตัวแปรอื่น เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความผูกพันต่อวิทยาศาสตร์ เป็นต้น



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). 5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5 Essential features of inquiry). (เอกสารประกอบการสอน ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ PDF). สืบค้นเมื่อ 14 กรกฎาคม 2559 จาก http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5%20Essential%20features%20of%20inquiry_Kamonwan.pdf?timestamp=1434440007462.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กิตติภูมิ มีประดิษฐ์. (2550). *มนุษย์กับวิทยาศาสตร์กายภาพ*. (ตำราและเอกสารประกอบการสอน ลำดับที่ 14). พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ฝ่ายบริหาร มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- กุศลีน มุสิกกุล. (2553, มกราคม-ธันวาคม). ทำไมต้องเปลี่ยนการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21. *วารสารครูวิทยาศาสตร์*. 17: 11-15.
- เกียรติศักดิ์ ชิดวงศ์. (2544). การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี-สังคม (STS) โดยใช้ห้องเรียนธรรมชาติ. *วารสารวิชาการ*. 11: 14.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ตัวอย่างข้อสอบการประเมินผลนานาชาติ PISA และ TIMSS: วิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.
- ชุติมา วัฒนศิริ. (2541). *การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- โชคชัย ยืนยง. (2550). การใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science, Technology, and Society (STS) Approach for Science Teaching). *วารสารวิชาการ*. 2: 31-33.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). *การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง*. กรุงเทพมหานคร: สหมิตรพริ้นต์แอนด์พับลิชชิง.
- (2558). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. พิมพ์ครั้งที่ 6. (ฉบับปรับปรุง)นนทบุรี: พี บาลานซ์ดีไซน์แอนด์ปริ้นติ้ง.

- ณัฐวิทย์ พจนตันติ. (2544). การเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม. ใน *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*. เล่ม 2. หน้า 228
- ณัฐวิทย์ พจนตันติ. และคณะ. (2549). การจัดการเรียนการสอนวิชาวิธีสอนชีววิทยาตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม. ใน *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*. เล่ม 2. หน้า 168-169.
- ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. (2558). การวิจัยแบบผสม(Mixed Methods Research). *สารสมาคมวิจัยสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย*. 2(2): 10-14.
- ทศนา แชมณี. (2547). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นฤมล ยุตาคม. (2542). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้โมเดลการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science Technology and Society-STS Model). *ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*. 3: 33-39.
- นิริรัตน์ อาโยวงษ์. (2554). *การรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของ Yuengyog (2006)*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- นิพนธ์ จันเลน. (2557, มกราคม-กุมภาพันธ์). Inquiry กำลังจะหายไป. *นิตยสาร สสวท*. 42(186): 6-9.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: บริษัทศรีสุริยสาส์น จำกัด.
- ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. (2551, มกราคม-ธันวาคม). การจัดการเรียนการสอนที่ยึดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้. *วารสารครูวิทยาศาสตร์*. 15: 4-5.
- ประสาธ, เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้อิทธิพลในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปราณีย์ แสงลับ. (2555). *การรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในบริบทการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS)*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.

- ปาจารย์ ตีวสิขเรศ. (2549). *การวิจัยและพัฒนาคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแหล่งเรียนรู้ วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิจัยการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรพิมล พรพิรชนม์. (2550). *การจัดกระบวนการเรียนรู้*. จังหวัดสงขลา: เทมการพิมพ์สงขลา.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว.).
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิด วิธีการและเทคนิค การสอน*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- ภพ เล่าห์ไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. (2527). *เอกสารการสอนชุดวิชาสอน วิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ประชาชนจำกัด.
- (2550). *ประมวลสาระชุดวิชา วิทยาการจัดการเรียนรู้ หน่วยที่ 1-7 Learning Management Science*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- มังกร ทองสุตดี. (2544, มกราคม-มิถุนายน). *วิทยาศาสตร์เพื่อประชาชน*. *วารสารครูวิทยาศาสตร์*. 9: 9-11.
- รัตน์ บัวสนธ์. (2555). *วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลัดดาวรรณ ถันทสุวรรณ. (2546, พฤศจิกายน-ธันวาคม). *ลูกโซ่ของการเรียนรู้: กระบวนการอินโครี. การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*. 32(127): 7-13.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์บริษัทตาตา พับลิเคชั่น จำกัด.
- วิไลวรรณ แสนพาน. (2554). *การพัฒนาหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วีณา ประชากุล; และ ประสาท เนืองเฉลิม. (2553). *รูปแบบการเรียนการสอน*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2545). *เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544*. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมในศตวรรษที่ 21*.

สมุทรปราการ: บริษัทเนวเอดูเคชั่น จำกัด.

ศศิธร โสภารัตน์. (2559). การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ตอนที่ 1.

สืบค้นเมื่อ 14 กรกฎาคม 2559 จาก www.jokedarunee.com/master/quest/002.doc

ศิวะ ปินะสา. (2556). *การรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.

สกุณ มูลแสงง. (2554). *พฤติกรรมการสอนชีววิทยา Teaching Behavior in Biology*. กรุงเทพฯ:

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *ประชุมเชิง*

ปฏิบัติการระดมความคิดครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง วิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
ยุคหลังปี ค.ศ. 2000. กรุงเทพฯ

----- (2555). *การวัดผลและประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: วี. พรินท์ (1991) จำกัด.

----- (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ:
อินเตอร์เอดูเคชั่น ซัพพลาย.

----- *สรุปผลการวิจัย PISA 2015*.

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์. (2558). *การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่...เพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่*
21. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพรินต์.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. (2554). *วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ยุคใหม่ (The New Era of Qualitative Research Methodologise)*. กรุงเทพฯ. ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย: การพัฒนาการและภาวะถดถอย*. กรุงเทพฯ:

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *21 วิธีการจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 5.

กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). *รายงานการเสวนาทางวิชาการ เรื่อง*

ยุทธศาสตร์ในการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ศึกษา: บทเรียนจากประเทศ

สหรัฐอเมริกา. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานพัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์ศึกษา สำนักงาน

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). รายงานผลการจัดการเรียนรู้ด้วย
นวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา(Constructionism)ของสถานศึกษา. พิมพ์
ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการ
สภาการศึกษา.

อรอนงค์ สอนสนาม. (2553). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม.
วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
ถ่ายเอกสาร.

อัญชลี สิรินทร์วรวงศ์. (2543). สอนวิทยาศาสตร์อย่างไร ในระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Abbas, Tashakkori; & Charles, Teddlie. (2003). *Handbook of Mixed Methods in Social &
Behavioral Research*. United State of America: International Education and
Professional publisher Thousand Oaks London New Delhi.

Alsop, Steve; & Hicks, Keith. (2001). *Teaching Science : A Handbook for
Primary&Secondary School Teachers*. Glasgow: Bell & Bain Ltd.

Anthony, Fredericks D. (1988). *Science Adventures with Children's Literatures : A
Thematic Approach*. United State of America: Teacher Ideas Press A Division of
Libraries Unlimited Inc.

Bentley, Michael; Ebert, Christine; & Ebert II, Edward S. . (2000). *The Natural Investigator :
A Constructivist Approach to Teaching Elementary and Middle School Science*.
United States of America: Custom printing.

Brannen, Julia. Mixed Methods Research: A Discussion Paper. *ESRC National Centre for
Research Methods*.

Carin, Arthur A., Bass, Joel E; & Constant, Terry L. (2009). *Teaching Science as inquiry*.
11st ed. United State of America. Pearson educational edition.

Carin, Arthur A. (1993). *Teaching Science through Discovery* 7th ed. United States of
America Macmillan Company.

- Holbrook, Jack; & Rannikmae, Miia. (2009, July). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environment & Science Education*. 4(3): 275-278.
- Johnson, R. Burk., Onwuegbuzie, J. Anthony.; & Turner, A. Lisa.. (2007). Toward a Definition of Mixed Methods Research. *Journal of Mixed Methods Research*. 1(2): 122-133.
- Justin, Dillon. (2009). On Scientific Literacy and Curriculum Reform. *International Journal of Environmental & Science Education*. 4(3): 201-213.
- Kuslan, Louis I.; & Ston, Harris A. (1969). *Teaching Children Science: An Inquiry Approach*. Third Edition ed. United States of America: Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, California.
- Lederman, Norman G; Lederman, Judith S; & Antink, Allison. (2013, July). Nature of Science and Scientific Inquiry as Context for the Learning of Science and Achievement of Scientific Literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*. 1(3): 138-147.
- Lui, Xiufeng. (2009, July). Beyond Science Literacy: Science and the Public. *International Journal of Environment & Science Education*. 4(3): 301-311.
- Martin, Ralph. E. Jr.; et al. . (1994). *Teaching Science for All Children*. USA: Allyn and Bacon.
- Mbajiorgu, N M.; & Ali. (2003). Relationship between STS approach, Scientific Literacy, And Achievement in biology. *Science Education*. 87(1): 31-39.
- National, Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nelson, George D. (1999). Science Literacy for all in the 21st Century. *Educational Leadership*/October 1999. 14-17.
- Pedersen, Jon E. (1992). The Jurisprudential Model of Study for STS Issues. In *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*. Edited by Yager, Robert E. pp. 26-30. Virginia

- Saribas, D. (2015). Investigation the Relationship between Pre-Service Teachers' Scientific Literacy, Environmental Literacy and Life –Long Learning Tendency. *Science Educational International*. 26(1): 80-100.
- Sund, Robert B.; & Trowbridge, Leslie W. (1973). *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Second Edition ed. United State of America: Charles.E.Merrill Publishing Company A Bell & Howell Company Columbus,Ohio.
- Wynne, Harlen. (1996). *The Teaching of Science in Primary School*. second edition ed. London: David Fulton publisher Ltd.
- Yager, Robert E. (1992). The Constructivist Learning Model: A Must of Sts Classroom. In *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the Word*. Edited by Yager, Robert E. pp. 14-17. Virginia





ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพัทธ์ สுவทันพรกุล	อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธการ	อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร. รักชนก โคโต	อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
นางประภากร เหล่าพาณิชย์	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
นางสายสุณี แก้วเทศ	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเทพศิรินทร์



ภาคผนวก ข

- คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item – objective congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัด
การรู้วิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	คัดเลือก/ ตัดทิ้ง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
2	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
3	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
4	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
5	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
6	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
7	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
8	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
9	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
10	1	1	1	0	1	4	1.00	คัดเลือก
11	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
12	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
13	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
14	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
15	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
16	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
17	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
18	1	0	1	1	1	4	0.80	คัดเลือก
19	0	1	1	1	1	4	0.80	คัดเลือก
20	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
21	1	0	1	1	1	4	0.80	คัดเลือก

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 -1.0 แสดงว่าข้อคำถามมีความเที่ยงตรงสามารถนำไปใช้ได้

ตาราง 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item – objective congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัด
การรู้วิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	คัดเลือก/ ตัดทิ้ง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
22	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
23	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
24	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
25	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
26	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
27	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
28	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
29	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
30	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
31	1	0	1	1	1	4	0.80	คัดเลือก
32	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
33	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
34	1	0	1	1	1	4	0.80	คัดเลือก
35	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
36	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
37	1	0	1	1	1	4	0.80	คัดเลือก
38	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
39	1	0	1	1	1	4	0.80	คัดเลือก
40	0	-1	1	1	1	2	0.40	คัดเลือก
41	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
42	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 -1.0 แสดงว่าข้อคำถามมีความเที่ยงตรงสามารถนำไปใช้ได้

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	คัดเลือก/ ตัดทิ้ง
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
43	1	0	1	1	1	4	0.80	คัดเลือก
44	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก
45	1	1	1	1	1	5	1.00	คัดเลือก

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 -1.0 แสดงว่าข้อคำถามมีความเที่ยงตรงสามารถนำไปใช้ได้



ตาราง 27 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์

ข้อที่	p	ผลการวิเคราะห์	r	ผลการวิเคราะห์	คัดเลือก/ตัดทิ้ง
1	0.66	ใช้ได้	0.25	ใช้ได้	คัดเลือก
2	0.25	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	คัดเลือก
3	0.85	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	คัดเลือก
4	0.79	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก
5	0.25	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	คัดเลือก
6	0.25	ใช้ได้	0.25	ใช้ได้	คัดเลือก
7	0.77	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	คัดเลือก
8	0.59	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	คัดเลือก
9	0.38	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	คัดเลือก
10	0.70	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	คัดเลือก
11	0.45	ใช้ได้	0.37	ใช้ได้	คัดเลือก
12	0.63	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	คัดเลือก
13	0.78	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก
14	0.68	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	คัดเลือก
15	0.48	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	คัดเลือก
16	0.71	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	คัดเลือก
17	0.20	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	คัดเลือก
18	0.65	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	คัดเลือก
19	0.50	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	คัดเลือก
20	0.73	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	คัดเลือก
21	0.20	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
22	0.88	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	คัดเลือก
23	0.77	ใช้ได้	0.46	ใช้ได้	คัดเลือก
24	0.40	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	คัดเลือก
25	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	คัดเลือก

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อที่	p	ผลการวิเคราะห์	r	ผลการวิเคราะห์	คัดเลือก/ตัดทิ้ง
26	0.30	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	คัดเลือก
27	0.20	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	คัดเลือก
28	0.60	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	คัดเลือก
29	0.55	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	คัดเลือก
30	0.37	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	คัดเลือก

แบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ มีจำนวนที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง .20 - .88 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .20 - .60 และค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha) ของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ .910

ภาคผนวก ค

- เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

รายวิชาชีววิทยา รหัสวิชา ว 30245 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนวัดราชบพิธ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560
เรื่อง ทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน เวลา 3 ชั่วโมง
วันที่ เดือน พ.ศ. ครูผู้สอน : นางสาวจันทร์แสง ประเสริฐศรี

1. มาตรฐาน/ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1.1 มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

1.2 ผลการเรียนรู้ (3) สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาและการจัดการ หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายความสำคัญของทรัพยากรดิน ที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์
2. สืบค้นข้อมูล สัมภาษณ์ตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบความต้องการใช้ทรัพยากรดินของท้องถิ่น
3. ระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และศึกษาผลกระทบของปัญหาที่มีต่อทรัพยากรดิน และสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น
4. เสนอแนวความคิดการใช้ทรัพยากรดินอย่างยั่งยืนทั้งในระดับบุคคล ชุมชน และระดับประเทศ

3. สาระการเรียนรู้

1. องค์ประกอบของดิน
2. มลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน
3. การจัดการในการแก้ปัญหา มลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย

2. ใฝ่เรียนรู้

3. ซื่อสัตย์สุจริต

4. มุ่งมั่นในการทำงาน

5. มีจิตวิทยาศาสตร์

6. การจัดกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 ครูตั้งคำถาม เพื่อโยงไปสู่ประเภทของทรัพยากรธรรมชาติว่า “ดินจัดเป็นทรัพยากร ธรรมชาติประเภทใด” (ดินจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภทเกิดขึ้นทดแทนได้)

1.2 ครูให้นักเรียนอธิบายถึงเรื่องความสำคัญของทรัพยากรดิน โดยชี้ให้นักเรียนเห็นว่า ถึงแม้ดินจะสามารถเกิดขึ้นทดแทนได้แต่ระยะเวลาในการเกิดดินนั้นใช้เวลานานมากถึง 200 ปีขึ้นไป) และให้นักเรียนดูภาพ ชั้นของดิน (ครูอาจให้ดูภาพจาก Slide Presentation Program Power point หรือ Visualizer) ประกอบเหตุผลในการอธิบายว่าทำไมการเกิดดินจึงต้องใช้ระยะเวลานานมากดังกล่าว

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มๆละ 4-5 คน ทำใบงานที่ 1 เรื่อง มนุษย์กับการใช้ที่ดิน

2.2 หลังการทำกิจกรรม ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปปัญหาและสาเหตุของสถานการณ์เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรดิน

2.3 นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่อง มลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน

2.4 นักเรียนทำใบงานที่ 2 เรื่อง มลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน

3. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสอบถามเนื้อหา เรื่อง ทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน ว่ามีส่วนไหนที่ไม่เข้าใจและให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนนั้น

3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

3.1 นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น อภิปรายเกี่ยวกับมลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน การจัดการในการแก้ปัญหามลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน จนได้ข้อสรุป ครูช่วยสรุปแนวคิดหลักและอธิบายความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ถูกต้อง

3.2 นักเรียนช่วยกันสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับ มลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน การจัดการในการแก้ปัญหามลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน แล้วบันทึกลงสมุด

4. ขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 ครูยกตัวอย่างโครงการต่างๆ ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ซึ่งเป็นโครงการพระราชดำริเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรดินให้นักเรียนได้รับทราบดังนี้ เช่น

1. ทฤษฎี แก่ดิน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ
2. ทฤษฎีป้องกันการเสื่อมโทรมและพังทลายของดินโดยหญ้าแฝก
3. ทฤษฎีใหม่ : การจัดการที่ดินเพื่อการเกษตรตามพระราชดำริ

4.2 นักเรียนบอกกิจกรรมที่คนในชุมชนในท้องถิ่นของนักเรียนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ดินในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมหรือประเพณีต่างๆตามแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยอภิปรายกิจกรรมนั้นในชั้นเรียน ประเด็นที่อภิปราย เช่น ความสำเร็จ ปัญหา อุปสรรค

5. ชั้นประเมิน(Evaluation)

5.1 ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรมมีประเด็นใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ครูช่วยอธิบายขยายความเพิ่มเติม

5.2 นักเรียนและครูร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมและการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5.3 ครูสังเกตการพฤติกรรมนักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ เช่น การตอบคำถาม การร่วมอภิปราย และตรวจใบกิจกรรม

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

1. สมุดจดงาน
2. ใบกิจกรรม

8. สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 5 ของ สสวท.
2. ใบความรู้

3. ใบกิจกรรม

4. Slide Presentation Program Power point

5. Visualizer

9. การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	การสรุปความคิดรวบยอด	การสรุปความคิดรวบยอด	ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงาน/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

กิจกรรมเสนอแนะ :: -

.....

.....

ลงชื่อครูผู้สอน

(นางสาวจันทร์แสง ประเสริฐศรี)

วันที่/...../.....

ใบความรู้ เรื่อง มลพิษทางดินและการเสื่อมโทรมของดิน

มลพิษทางดิน (soil pollution) หรือดินเป็นพิษ หมายถึง ดินที่มีคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีววิทยา เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจากการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษมากเกินไปจนจำกัดทำให้ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ จนเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ตลอดจนการเจริญเติบโตของมนุษย์ พืช และสัตว์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เกิดจากปัญหาและสาเหตุ ดังนี้

1. การทิ้งสิ่งของต่างๆลงในดิน การทิ้งสิ่งของต่างๆลงในดินเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสะสมของสารเคมีและสารพิษในดิน ทำให้ดินเกิดปัญหามลพิษและทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนไป ส่วนใหญ่เกิดจากการทิ้งสิ่งของเหลือใช้จากบ้านเรือน เช่น ขยะมูลฝอย พลาสติก โฟม เศษแก้ว เศษโลหะ แบตเตอรี่ ถ่านฉาย หลอดไฟและน้ำมัน เป็นต้น สิ่งของเหล่านี้พบว่าบางชนิดย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน บางชนิดก็ไม่สามารถย่อยสลายได้เมื่อสะสมอยู่ในดินเป็นเวลานาน ทำให้สารพิษจำพวกปรอท ตะกั่ว และโลหะหนักชนิดอื่นๆที่เจือปนอยู่ในขยะรั่วซึมลงในดินได้ และเนื่องจากอนุภาคดินมีสมบัติเป็นประจุจึงสามารถดูดซับสารพิษที่มีประจุเอาไว้และถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้

2. การใช้สารเคมีทางการเกษตร สารเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้ในการแพทย์ เช่น ปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆ และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สารเคมีเหล่านี้เกษตรกรใช้เพื่อต้องการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งพบว่าปริมาณการนำเข้าค่อนข้างสูง ซึ่งพบว่าสารเหล่านี้เมื่อนำมาใช้จะตกค้างอยู่ในดิน บางชนิดสามารถสลายตัวได้เอง โดยธรรมชาติในระยะเวลาสั้นๆ แต่บางชนิดสลายตัวได้ช้าหรืออาจไม่สลายตัวจึงเกิดการสะสมในดินและถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้

3. สารกัมมันตรังสี สารกัมมันตรังสีต่างๆที่ใช้ในทางการแพทย์ การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม และการทดลองระเบิดปรมาณู สารกัมมันตรังสีเหล่านี้เมื่อมีการรั่วไหลอาจจะกระจายตัวจากแหล่งที่ใช้หรือแหล่งที่เก็บลงสู่ดินและมีอันตรายค่อนข้างสูงต่อสิ่งมีชีวิต และสารพิษมีการถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้

สาเหตุที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมและสมบัติของดินเปลี่ยนไป

1. การพังทลายของดิน (Soil erosion) เกิดได้ทั้งจากธรรมชาติ เช่น การตกกระทบของฝน การกัดเซาะของน้ำไหลบ่าหน้าดิน การกัดเซาะของคลื่น การพัดพาของลม การเกิดภัยธรรมชาติต่างๆ เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรือเกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์ในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การเพาะปลูกพืชไม่ถูกวิธี ตลอดจนการขุดดินเพื่อปรับระดับพื้นที่

2. ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การปลูกพืชชนิดเดียวกันเป็นเวลานานและขาดการบำรุงดิน การพังทลายของดิน การที่ดินชั้นบนที่มีสารอาหารของพืชสูงถูกพัดพาออกจากพื้นที่ โดยการกระทำของน้ำหรือลม การที่ดินถูกน้ำชะพาเอาสารอาหารลงสู่แม่น้ำลำธารและแหล่งน้ำใต้ดิน การปลูกพืชที่โตเร็วและใช้อาหารสูง เช่น ยูคาลิปตัสและมันสำปะหลัง การเผาวัชพืชหลังเก็บเกี่ยว ผลผลิต ทำให้สารอาหารในดินสูญเสียไป นอกจากนี้ยังพบว่ากรณีที่มนุษย์ขุดเอาหน้าดินไปขาย เพื่อใช้ถมที่ ทำให้ดินสูญเสียสารอาหารอีกด้วย

3. ดินที่มีสมบัติไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ในบางกรณีพบว่าสมบัติบางประการของดินเปลี่ยนไป เช่น ดินกรด หรือดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มที่เกิดจากหินเกลือที่อยู่ใต้ดินหรือดินที่มีน้ำทะเลท่วมขัง ดินพรุหรือดินอินทรีย์ที่เกิดจากการทับถมของซากพืชชั้นบนพันปีตามพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง ดินที่มีลูกรังปนอยู่ในชั้นดินมาก รวมทั้งดินในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก เป็นต้น

การจัดการในการแก้ปัญหาหมลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน

การแก้ปัญหาหมลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดินนั้น มีหลากหลายวิธีแนวทางในการจัดการ เช่น

1. การอนุรักษ์ดิน (Soil conservation) ทำได้โดยใช้ประโยชน์จากดินอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ เป็นการจัดการและแก้ปัญหาหมลพิษทางดินและการเสื่อมโทรมของดิน

2. การป้องกันการพังทลายของหน้าดิน ทำได้โดยการปลูกต้นไม้และสงวนรักษาป่าเพื่อให้มีสิ่งปกคลุมดิน ชะลอความรุนแรงของกระแสน้ำ และกระแสนลมที่มาปะทะผิวดิน ซึ่งมีแนวทางในการจัดการดังนี้

2.1 การปลูกพืชแบบขั้นบันไดตามบริเวณไหล่เขา เพื่อช่วยลดอัตราความเร็วและลดปริมาณการไหลบ่าของน้ำ ซึ่งจะป้องกันและลดปริมาณการชะหน้าดินเพื่อไม่ให้เกิดการพังทลายของดิน

2.3 การปลูกพืชคลุมดิน เช่น หญ้าแฝก และพืชที่ช่วยปรับปรุงดิน เช่น พืชวงศ์ถั่วช่วยเสริมอาหารและปริมาณความชื้นในดิน เป็นต้น

3. การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำได้โดยการปลูกพืชหมุนเวียน เพราะการปลูกพืชชนิดเดียวกันซ้ำซากบนที่ดินเดิม จะทำให้ดินจืดและปริมาณสารอาหารพืชในดินลดลงเป็นการทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดิน และยังเอื้อต่อการระบาดของโรคและศัตรูพืชอีกด้วย แต่การปลูกพืชหมุนเวียนบนพื้นที่แปลงเดียวกันจะช่วยลดปัญหาความเสื่อมโทรมของดินและศัตรูพืชลงด้วย เช่น หลังการเก็บเกี่ยวพืชผลชนิดหนึ่งแล้วควรสลับด้วยการปลูกพืชวงศ์ถั่วซึ่งเป็นพืชอายุสั้น เนื่องจากในรากของพืชวงศ์ถั่วจะมีแบคทีเรียพวกไรโซเบียม(Rhizobium sp.) อาศัยอยู่ ไรโซเบียมพวกนี้สามารถตรึงแก๊สไนโตรเจนจากอากาศได้จึงเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินด้วย นอกจากนี้การเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่ดินทำได้โดยใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์เหล่านี้ช่วยให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดี มีช่องว่างให้อากาศแทรกระหว่างอนุภาคดินและยังช่วยลดการสูญเสียหน้าดินได้อีกด้วย

4. การปรับปรุงสมบัติของดิน สามารถปรับปรุงสมบัติของดินได้ 2 ลักษณะ คือ การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและการปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน

4.1 การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ดินร่วนซุยขึ้นดูดซับน้ำและอากาศได้มากขึ้น เป็นการปรับปรุงโครงสร้างดินให้ยึดเกาะกันดีขึ้น เกิดช่องว่างในดิน ลดความแน่นทึบของดินโดยใช้อินทรีย์วัตถุหรือการไถพรวนดิน เป็นต้น

4.2 การปรับปรุงสมบัติทางเคมี มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ดินมีสภาพเป็นกลางมีสารอาหารที่มีประโยชน์มากขึ้น ดำเนินการโดยใช้สารประกอบที่เป็นเบสหรือปูนในดินกรด เช่น ปูนขาว หินปูนบด เปลือกหอยป่นหรือปูนมาร์ล เป็นต้น และอาจใส่อินทรีย์วัตถุควบคู่ไปด้วยจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมสารอาหารพืชไว้ในดินเพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

5. การปรับปรุงบำรุงดินที่มีปัญหาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ดินแต่ละบริเวณมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักเป็นดินเค็มเพราะมีเกลือสินเธาว์ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการทำเกลือสินเธาว์ไม่ให้น้ำเกลือไหลลงสู่ไร่นา หรือปลูกพืชทนเค็ม เช่น หน่อไม้ฝรั่ง กระถินณรงค์ ชีเหล็ก มะขาม เป็นต้น การมีพืชปกคลุมดินจะช่วยลดระดับน้ำใต้ดินซึ่งมีความเค็มไม่ให้ซึมขึ้นมาถึงผิวดินและยังเก็บ

ความชุ่มชื้นของน้ำจืดไว้ที่หน้าดิน ส่วนดินในภาคกลางและภาคตะวันออกมักจะเป็นดินเปรี้ยว จึงแก้ปัญหาโดยการเติมปูนขาวหรือปูนมาร์ล ซึ่งเป็นดินที่ได้จากการสลายตัวของหินปูนเพื่อลดความเป็นกรดของดิน

6. การเลือกใช้ประโยชน์จากที่ดินให้เหมาะสมกับลักษณะของดิน การใช้ประโยชน์จากที่ดินให้เหมาะสมกับลักษณะของดิน ทำให้สามารถนำดินมาใช้ได้ตรงตามศักยภาพของดิน และสามารถวางแผนการจัดการทรัพยากรดินได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน รวมถึงสามารถวางแผนการใช้ที่ดินตาม สภาพเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละพื้นที่ได้ เช่น การจัดแบ่งพื้นที่ในการเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ การสร้างที่อยู่อาศัยและเขตโรงงานอุตสาหกรรมให้ได้สัดส่วนที่สมดุลกัน การกำหนดผังเมืองให้ถูกต้องเหมาะสมเพื่อเป็น การรักษาระบบนิเวศ และควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง มนุษย์กับการใช้ที่ดิน

ชื่อกลุ่ม ชั้น

วันที่ทำกิจกรรม

รายชื่อสมาชิก

1. ชื่อนามสกุล เลขที่
2. ชื่อนามสกุล เลขที่
3. ชื่อนามสกุล เลขที่
4. ชื่อนามสกุล เลขที่
5. ชื่อนามสกุล เลขที่

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อตรวจสอบศักยภาพ

1. สืบค้นข้อมูล และวิเคราะห์ปัญหา สาเหตุเกี่ยวกับสถานการณ์ การใช้ที่ดิน
ของเกษตรกรในท้องถิ่นของประเทศไทย

2. เสนอแนวทางในการแก้ปัญหา และการจัดการที่ดิน การใช้ที่ดินของเกษตรกรที่ถูกต้อง
ตามหลักวิชาการเกษตร

คำชี้แจง

การทำกิจกรรมนี้นักเรียนต้องไปสืบค้นข้อมูลสถานการณ์การใช้ที่ดินของเกษตรกรในประเทศไทย
ที่มีปัญหากลุ่มละ 1 เรื่อง ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาในท้องถิ่นของนักเรียนเองก็ได้ เมื่อได้ปัญหาแล้ว
แต่ละกลุ่มต้องมาร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น ช่วยกันเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาเหล่านั้น
แล้วส่งตัวแทนอธิบายผลการวิเคราะห์

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง มลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน

ชื่อกลุ่ม ชั้น

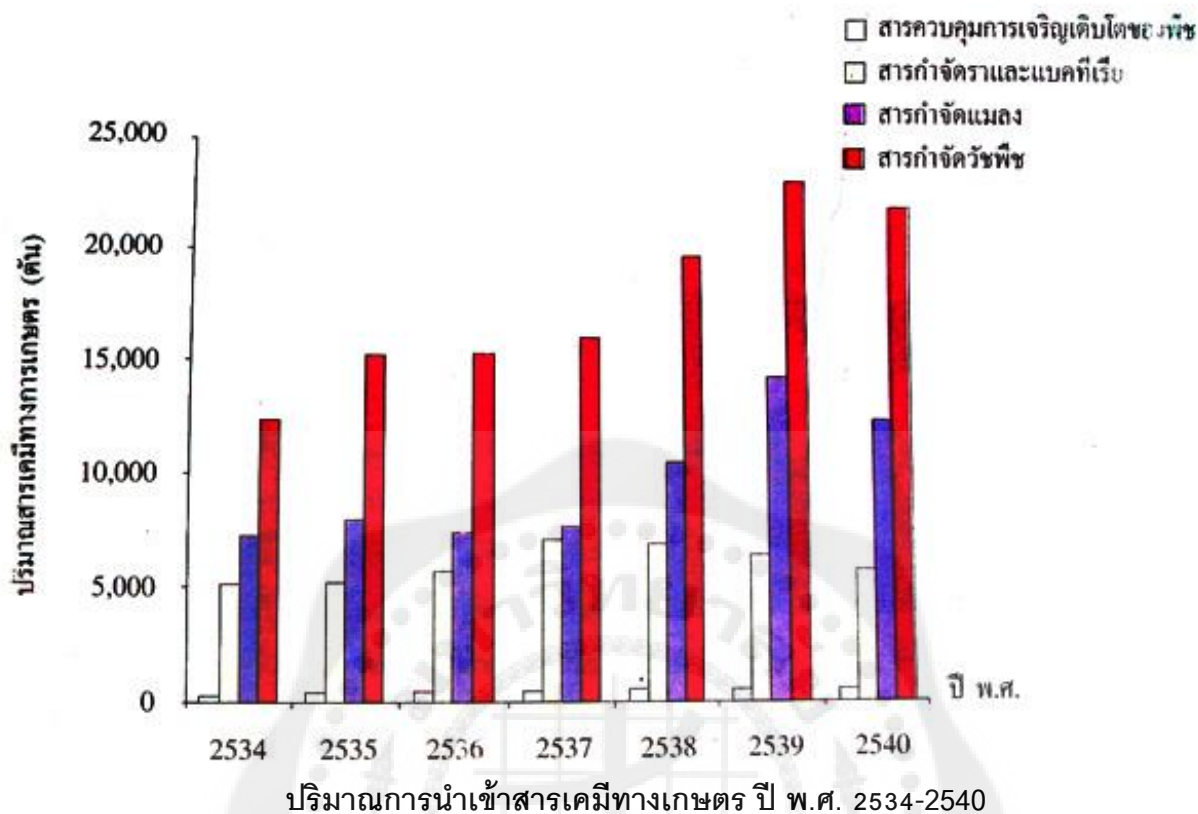
วันที่ทำกิจกรรม

รายชื่อสมาชิก

1. ชื่อ นามสกุล เลขที่
2. ชื่อ นามสกุล เลขที่
3. ชื่อ นามสกุล เลขที่
4. ชื่อ นามสกุล เลขที่
5. ชื่อ นามสกุล เลขที่
6. ชื่อ นามสกุล เลขที่
7. ชื่อ นามสกุล เลขที่

จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อตรวจสอบศักยภาพ

1. แปลงข้อมูลจากรูปแบบการนำเสนอเดิมไปสู่รูปแบบอื่น
 2. วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล
- จากข้อมูลปริมาณการนำเข้าปุ๋ยและสารเคมีชนิดต่างๆ ให้นักเรียนตอบคำถาม



2. การใช้สารเคมีทางการเกษตรมีแนวโน้มเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

3. ปริมาณการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรน่าจะมีผลกระทบต่อทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง สารพิษและสารเคมีที่สะสมในดินสามารถถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้อย่างไร

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนยกตัวอย่างผลดีและผลเสียจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร

.....

.....

**แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี และสังคม**

รายวิชาชีววิทยา รหัสวิชา ว 30245 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนวัดราชบพิธ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560
เรื่อง ทรัพยากรดิน เวลา 3 ชั่วโมง
วันที่ เดือน พ.ศ. ครูผู้สอน : นางสาวจันทร์แสง ประเสริฐศรี

1. มาตรฐาน/ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1.1 มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

1.2 ผลการเรียนรู้ (3) สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับประเภทของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาและการจัดการ หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายความสำคัญของทรัพยากรดิน ที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์
2. สืบค้นข้อมูล สำนวจตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบความต้องการใช้ทรัพยากรดินของท้องถิ่น
3. ระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และศึกษาผลกระทบของปัญหาที่มีต่อทรัพยากรดิน และสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น
4. เสนอแนวคิดการใช้ทรัพยากรดินอย่างยั่งยืนทั้งในระดับบุคคล ชุมชน และระดับประเทศ

3. สาระการเรียนรู้

1. องค์ประกอบของดิน
2. มลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน
3. การจัดการในการแก้ปัญหามลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย

2. ใฝ่เรียนรู้

3. ซื่อสัตย์สุจริต

4. มุ่งมั่นในการทำงาน

5. มีจิตวิทยาศาสตร์

6. การจัดการกระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) + ขั้นสืบค้น(Search)

1.1 ครูนำเสนอคลิปของกรมพัฒนาที่ดิน เรื่อง ปัญหาดินเสื่อม (<https://www.youtube.com/watch?v=H8tAVqXyGvc>) เพื่อชี้ให้เห็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับดิน และตั้งคำถามว่า ปัญหาทรัพยากรดินมีอะไรอีกบ้าง

1.2 นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 1 ศึกษาวิเคราะห์ อภิปรายบทความ สถานการณ์เกี่ยวกับ ทรัพยากรดิน ว่าเป็นปัญหาหรือไม่

1.3 นักเรียนตั้งคำถามและนำเสนอคำถามเกี่ยวกับประเด็นเหล่านั้นว่ามีสาเหตุมาจากอะไร

1.4 นักเรียนจัดกลุ่มคำถามที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันเพื่อให้ได้ประเด็นเกี่ยวกับสาเหตุของ มลพิษทางดิน การจัดการในการแก้ปัญหา มลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน(ใบกิจกรรมที่

2)

1.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกประเด็นคำถาม 1 คำถามเพื่อหาคำตอบ(ใบกิจกรรมที่)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) +ขั้นแก้ปัญหา (Solve)

2.1 นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 3 ครูตั้งคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีหาคำตอบของประเด็นเหล่านี้ อย่างไร นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงความคิดเห็น จากนั้นครูตั้งคำถามต่อว่า การจะตอบคำถามเหล่านี้ให้ดียิ่งขึ้น เราต้องมีความรู้เกี่ยวกับอะไรบ้าง เพื่อเป็นแนวทางในการหาความรู้

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดพร้อมกับวางแผนการปฏิบัติงานเพื่อหาแนวทางหาคำตอบ จากกลุ่มคำถามที่ได้จัดไว้

2.3 นักเรียนลงมือสืบค้นข้อมูลตามแนวทางการหาคำตอบจากแผนการปฏิบัติงานที่เสนอไว้

2.4 ครูแจกใบความรู้และแนะนำแหล่งสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมแก่นักเรียน เช่น เว็บไซต์ต่างๆ

3. ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) + ขั้นสร้างสรรค์ (create)

3.1 นักเรียนช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้เป็นผลงานของกลุ่ม ช่วยกันออกแบบการนำเสนอข้อมูล โดยอาจจัดทำเป็น แผนที่ความคิด (mind mapping) ตาราง กราฟ รูปภาพ

3.2 นักเรียนส่งตัวแทนนำเสนอข้อมูลหน้าชั้น เปิดโอกาสให้มีการซักถาม อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปร่วมกันอีกครั้ง และบันทึกผลสรุป

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) + ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share)

4.1 ครูยกตัวอย่างโครงการต่างๆ ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลปัจจุบัน ซึ่งเป็นโครงการพระราชดำริเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรดินให้นักเรียนได้รับทราบดังนี้ เช่น

1. ทฤษฎี แก่ดิน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ
2. ทฤษฎีป้องกันการเสื่อมโทรมและพังทลายของดินโดยหญ้าแฝก
3. ทฤษฎีใหม่ : การจัดการที่ดินเพื่อการเกษตรตามพระราชดำริ

4.2 นักเรียนบอกกิจกรรมที่คนในชุมชนในท้องถิ่นของนักเรียนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ดินในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมหรือประเพณีต่างๆตามแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยอภิปรายกิจกรรมนั้นในชั้นเรียน

5. ขั้นประเมิน(Evaluation) + ขั้นนำไปปฏิบัติจริง(Action)

5.1 ครูสังเกตการพฤติกรรมนักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ เช่น การตอบคำถาม การร่วมอภิปราย และตรวจใบกิจกรรม

5.2 นักเรียนออกแบบชิ้นงานที่ใช้ในการถ่ายทอดแนวคิดและความรู้เกี่ยวกับแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรดินที่ได้จากการเรียนให้ผู้อื่นรับทราบ เช่น แผ่นพับ จัดนิทรรศการ จัดรายการเสียงตามสาย

5.3 ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานของแต่ละกลุ่ม

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

1. สมุดจดงาน
2. ใบกิจกรรม

8. สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 5 ของ สสวท.

2. ใบความรู้
3. ใบกิจกรรม
4. Slide Presentation Program Power point
5. Visualizer
6. <https://www.youtube.com/watch?v=H8tAVqXyGvc>)

9. การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	การสรุปความคิดรวบยอด	การสรุปความคิดรวบยอด	ทำได้ถูกต้อง 70 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการ ทำงาน/ทักษะวิทยาศาสตร์	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึง ประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความ สนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความ สนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 2 ขึ้นไป

กิจกรรมเสนอแนะ :: -

.....

.....

.....

ใบความรู้ เรื่อง มลพิษทางดินและการเสื่อมโทรมของดิน

มลพิษทางดิน (soil pollution) หรือดินเป็นพิษ หมายถึง ดินที่มีคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีววิทยา เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจากการปนเปื้อนด้วยสารมลพิษมากเกินไปจนขีดจำกัดทำให้ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ จนเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ตลอดจนการเจริญเติบโตของมนุษย์ พืช และสัตว์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เกิดจากปัญหาและสาเหตุ ดังนี้

1. การทิ้งสิ่งของต่างๆลงในดิน การทิ้งสิ่งของต่างๆลงในดินเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสะสมของสารเคมีและสารพิษในดิน ทำให้ดินเกิดปัญหามลพิษและทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนไป ส่วนใหญ่เกิดจากการทิ้งสิ่งของเหลือใช้จากบ้านเรือน เช่น ขยะมูลฝอย พลาสติก โฟม เศษแก้ว เศษโลหะ แบตเตอรี่ ถ่านฉาย หลอดไฟและน้ำมัน เป็นต้น สิ่งของเหล่านี้พบว่าบางชนิดย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน บางชนิดก็ไม่สามารถย่อยสลายได้เมื่อสะสมอยู่ในดินเป็นเวลานาน ทำให้สารพิษจำพวกปรอท ตะกั่ว และโลหะหนักชนิดอื่นๆที่เจือปนอยู่ในขยะรั่วซึมลงดินได้ และเนื่องจากอนุภาคดินมีสมบัติเป็นประจุจึงสามารถดูดซับสารพิษที่มีประจุเอาไว้และถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้

2. การใช้สารเคมีทางการเกษตร สารเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้ในทางการแพทย์ เช่น ปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆ และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สารเคมีเหล่านี้เกษตรกรใช้เพื่อต้องการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งพบว่ามีปริมาณการนำเข้าค่อนข้างสูง ซึ่งพบว่าสารเหล่านี้เมื่อนำมาใช้จะตกค้างอยู่ในดิน บางชนิดสามารถสลายตัวได้เอง โดยธรรมชาติในระยะเวลาสั้นๆ แต่บางชนิดสลายตัวได้ช้าหรืออาจไม่สลายตัวจึงเกิดการสะสมในดินและถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารได้

3. สารกัมมันตรังสี สารกัมมันตรังสีต่างๆที่ใช้ในทางการแพทย์ การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม และการทดลองระเบิดปรมาณู สารกัมมันตรังสีเหล่านี้เมื่อมีการรั่วไหลอาจจะกระจายตัวจากแหล่งที่ใช้หรือแหล่งที่เก็บลงสู่ดินและมีอันตรายค่อนข้างสูงต่อสิ่งมีชีวิต และสารพิษมีการถ่ายทอดไปตามโซ่อาหารเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้

สาเหตุที่ทำให้ดินเสื่อมโทรมและสมบัติของดินเปลี่ยนไป

1. การพังทลายของดิน (Soil erosion) เกิดได้ทั้งจากธรรมชาติ เช่น การตกกระทบของฝน การกัดเซาะของน้ำไหลบ่าหน้าดิน การกัดเซาะของคลื่น การพัดพาของลม การเกิดภัยธรรมชาติต่างๆ เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรือเกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์ในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การเพาะปลูกพืชไม่ถูกวิธี ตลอดจนการขุดดินเพื่อปรับระดับพื้นที่

2. ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การปลูกพืชชนิดเดียวกันเป็นเวลานานและขาดการบำรุงดิน การพังทลายของดิน การที่ดินชั้นบนที่มีสารอาหารของพืชสูงถูกพัดพาออกจากพื้นที่ โดยการกระทำของน้ำหรือลม การที่ดินถูกน้ำชะพาเอาสารอาหารลงสู่แม่น้ำลำธารและแหล่งน้ำใต้ดิน การปลูกพืชที่โตเร็วและใช้อาหารสูง เช่น ยูคาลิปตัสและมันสำปะหลัง การเผาวัชพืชหลังเก็บเกี่ยว ผลผลิต ทำให้สารอาหารในดินสูญเสียไป นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรเฝ้าหน้าดินไปขาย เพื่อใช้ถมที่ ทำให้ดินสูญเสียสารอาหารอีกด้วย

3. ดินที่มีสมบัติไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ในบางกรณีพบว่าสมบัติบางประการของดินเปลี่ยนไป เช่น ดินกรด หรือดินเปรี้ยวจัด ดินเค็มที่เกิดจากหินเกลือที่อยู่ใต้ดินหรือดินที่มีน้ำทะเลท่วมขัง ดินพรุหรือดินอินทรีย์ที่เกิดจากการทับถมของซากพืชเน่าเปื่อยตามพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง ดินที่มีลูกรังปนอยู่ในชั้นดินมาก รวมทั้งดินในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก เป็นต้น

การจัดการในการแก้ปัญหาหมลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน

การแก้ปัญหาหมลพิษทางดินและปัญหาการเสื่อมโทรมของดินนั้น มีหลากหลายวิธีแนวทางในการจัดการ เช่น

1. การอนุรักษ์ดิน (Soil conservation) ทำได้โดยใช้ประโยชน์จากดินอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ เป็นการจัดการและแก้ปัญหาหมลพิษทางดินและการเสื่อมโทรมของดิน

2. การป้องกันการพังทลายของหน้าดิน ทำได้โดยการปลูกต้นไม้และสงวนรักษาป่าเพื่อให้มีสิ่งปกคลุมดิน ชะลอความรุนแรงของกระแสน้ำ และกระแสนลมที่มาปะทะผิวดิน ซึ่งมีแนวทางในการจัดการดังนี้

2.1 การปลูกพืชแบบขั้นบันไดตามบริเวณไหล่เขา เพื่อช่วยลดอัตราความเร็วและลดปริมาณการไหลบ่าของน้ำ ซึ่งจะป้องกันและลดปริมาณการชะหน้าดินเพื่อไม่ให้เกิดการพังทลายของดิน

2.3 การปลูกพืชคลุมดิน เช่น หญ้าแฝก และพืชที่ช่วยปรับปรุงดิน เช่น พืชวงศ์ถั่วช่วยเสริมอาหารและปริมาณความชื้นในดิน เป็นต้น

3. การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำได้โดยการปลูกพืชหมุนเวียน เพราะการปลูกพืชชนิดเดียวกันซ้ำซากบนที่ดินเดิม จะทำให้ดินจืดและปริมาณสารอาหารพืชในดินลดลงเป็นการทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดิน และยังเชื้อต่อการระบาดของโรคและศัตรูพืชอีกด้วย แต่การปลูกพืชหมุนเวียนบนพื้นที่แปลงเดียวกันจะช่วยลดปัญหาความเสื่อมโทรมของดินและศัตรูพืชลงด้วย เช่น หลังการเก็บเกี่ยวพืชผลชนิดหนึ่งแล้วควรสลับด้วยการปลูกพืชวงศ์ถั่วซึ่งเป็นพืชอายุสั้น เนื่องจากในรากของพืชวงศ์ถั่วจะมีแบคทีเรียพวกไรโซเบียม(*Rhizobium sp.*) อาศัยอยู่ ไรโซเบียมพวกนี้สามารถตรึงแก๊สไนโตรเจนจากอากาศได้จึงเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินด้วย นอกจากนี้การเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ให้แกดินทำได้โดยใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์เหล่านี้ช่วยให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดี มีช่องว่างให้อากาศแทรกระหว่างอนุภาคดินและยังช่วยลดการสูญเสียหน้าดินได้อีกด้วย

4. การปรับปรุงสมบัติของดิน สามารถปรับปรุงสมบัติของดินได้ 2 ลักษณะ คือ การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและการปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน

4.1 การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ดินร่วนซุยขึ้นดูดซับน้ำและอากาศได้มากขึ้น เป็นการปรับปรุงโครงสร้างดินให้ยึดเกาะกันดีขึ้น เกิดช่องว่างในดิน ลดความแน่นทึบของดิน โดยการใช้อินทรีย์วัตถุหรือการไถพรวนดิน เป็นต้น

4.2 การปรับปรุงสมบัติทางเคมี มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ดินมีสภาพเป็นกลางมีสารอาหารที่มีประโยชน์มากขึ้น ดำเนินการโดยใส่สารประกอบที่เป็นเบสหรือปูนในดินกรด เช่น ปูนขาว หินปูนบด เปลือกหอยปูนหรือปูนมาร์ล เป็นต้น และอาจใส่อินทรีย์วัตถุควบคู่ไปด้วยจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมสารอาหารพืชไว้ในดินเพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

5. การปรับปรุงบำรุงดินที่มีปัญหาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ดินแต่ละบริเวณมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักเป็นดินเค็มเพราะมีเกลือสินเธาว์ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการทำเกลือสินเธาว์ไม่ให้น้ำเกลือไหลลงสู่ไร่นา หรือปลูกพืชทนเค็ม เช่น หน่อไม้ฝรั่ง กระถินณรงค์ ชีเหล็ก มะขาม เป็นต้น การมีพืชปกคลุมดินจะช่วยลดระดับน้ำใต้ดินซึ่งมีความเค็มไม่ให้ซึมขึ้นมาถึงผิวดินและยังเก็บความชุ่มชื้นของน้ำจืดไว้ที่หน้าดิน ส่วนดินในภาคกลางและภาคตะวันออกมักจะเป็นดินเปรี้ยว จึงแก้ปัญหาโดยการเติมปูนขาวหรือปูนมาร์ล ซึ่งเป็นดินที่ได้จากการสลายตัวของหินปูนเพื่อลดความเป็นกรดของดิน

6. การเลือกใช้ประโยชน์จากที่ดินให้เหมาะสมกับลักษณะของดิน การใช้ประโยชน์จากที่ดินให้เหมาะสมกับลักษณะของดิน ทำให้สามารถนำดินมาใช้ได้ตรงตามศักยภาพของดิน และสามารถวาง

แผนการจัดการทรัพยากรดินได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน รวมถึงสามารถวางแผนการใช้ที่ดินตาม สภาพเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละพื้นที่ได้ เช่น การจัดแบ่งพื้นที่ในการเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ การสร้างที่อยู่อาศัยและเขตโรงงานอุตสาหกรรมให้ได้สัดส่วนที่สมดุลกัน การกำหนดผังเมืองให้ถูกต้องเหมาะสมเพื่อเป็น การรักษาระบบนิเวศ และควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อม



ใบกิจกรรมที่ 1

ชื่อกลุ่มชั้น

วันที่ทำกิจกรรม

รายชื่อสมาชิก

1. ชื่อนามสกุล เลขที่

2. ชื่อนามสกุล เลขที่

3. ชื่อนามสกุล เลขที่

4. ชื่อนามสกุล เลขที่

5. ชื่อนามสกุล เลขที่

จุดประสงค์ เพื่อตรวจสอบศักยภาพ

1. การระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์
2. บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทาง

วิทยาศาสตร์

คำชี้แจง นักเรียนศึกษาวิเคราะห์อภิปรายบทความว่าเป็นประเด็นปัญหาหรือไม่ และตั้งคำถามเกี่ยวกับประเด็นเหล่านั้น

ข้อบทความ	ประเด็นปัญหา
1. สผ. แคว้นคุณภาพดินกว่า 36 ล้านไร่ เสื่อมระดับวิกฤต	
2. ไทยเผชิญวิกฤตดินเสื่อม หวั่นกระทบผลิตอาหาร ป้อน “ครัวโลก”	
3. ผลวิจัยชี้ ดินเค็มที่นครราชสีมา เป็นผลกระทบจาก การทำนาเกลือ	
4. หวาดเสียว ดินสไลด์สนามกอล์ฟแม่เมาะ เป็นทาง ยาว 30 เมตร	
5. ยุคาลิปดัสประโยชน์หรือโทษมหันต์ต่อคุณภาพดิน	

คำถาม

1.....

.....

2.....

.....

3.....

.....

4.....

.....

5.....

.....



ใบกิจกรรมที่ 2

ชื่อกลุ่ม ชั้น

วันที่ทำกิจกรรม

รายชื่อสมาชิก

1. ชื่อ นามสกุล เลขที่
2. ชื่อ นามสกุล เลขที่
3. ชื่อ นามสกุล เลขที่
4. ชื่อ นามสกุล เลขที่
5. ชื่อ นามสกุล เลขที่

จุดประสงค์ เพื่อตรวจสอบศักยภาพ

1. การเสนอวิธีการและประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. แปลงการนำเสนอข้อมูลจากรูปแบบการนำเสนอเดิมไปสู่รูปแบบอื่น

คำชี้แจงให้นักเรียนวิเคราะห์คำถาม จัดกลุ่มคำถามเกี่ยวกับประเด็นที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน

[illegible]

ใบกิจกรรมที่ 3

ชื่อกลุ่มชั้น

วันที่ทำกิจกรรม

รายชื่อสมาชิก

1. ชื่อนามสกุล เลขที่

2. ชื่อนามสกุล เลขที่

3. ชื่อนามสกุล เลขที่

4. ชื่อนามสกุล เลขที่

5. ชื่อนามสกุล เลขที่

จุดประสงค์ เพื่อตรวจสอบศักยภาพ

1. การเสนอวิธีการและประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2. แปลงการนำเสนอข้อมูลจากรูปแบบการนำเสนอเดิมไปสู่รูปแบบอื่น

คำชี้แจง ตอนที่ 1 ให้นักเรียนระดมความคิดวางแผนปฏิบัติงานเพื่อหาคำตอบของคำถามจากกลุ่ม และแสดงความรู้ความเข้าใจและความคิดเห็นต่อประเด็นคำถาม

ตอนที่ 2 นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้า สรุปและนำเสนอ

1. คำถามที่เลือก

.....

2. คำถามเกี่ยวกับเนื้อหาของทรัพยากรดิน เรื่อง

3. นักเรียนรู้อะไรมาบ้างแล้วเกี่ยวกับ.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ใดได้บ้าง

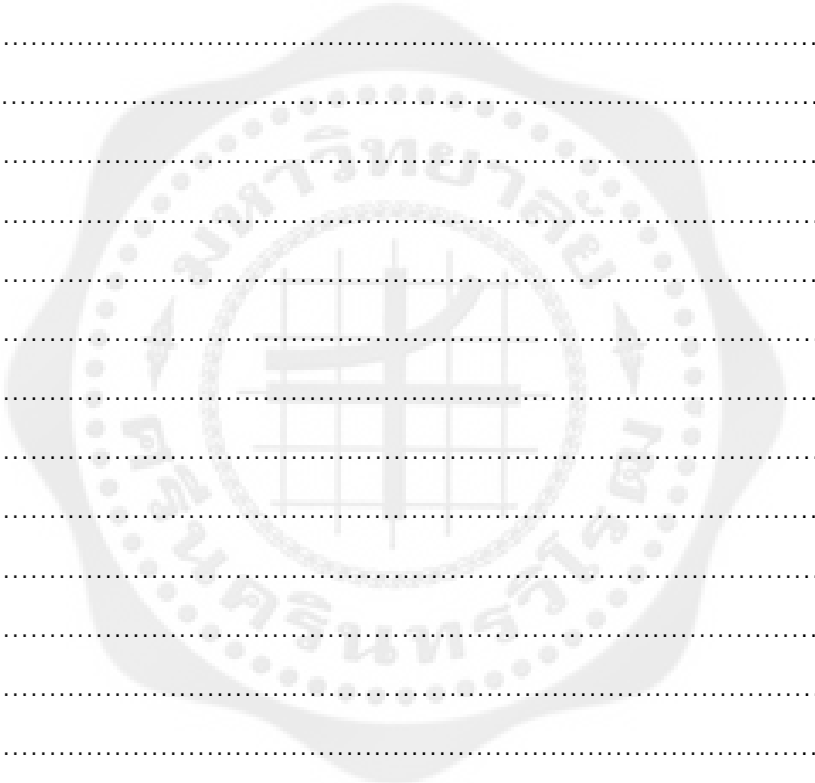
.....

.....

5. นักเรียนจะวางแผนการค้นคว้าความรู้เป็นลำดับขั้นตอนจนกระทั่งถึงการนำเสนออย่างไร

.....

ตอนที่ 2 สรุปการศึกษาค้นคว้า



ภาคผนวก ง

- เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- แบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์
- แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

แบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. ข้อสอบทั้งหมดมีจำนวน 5 เรื่องๆละ 2 สถานการณ์ ประกอบด้วย
 - 1.1 ทรัพยากรน้ำ
 - 1.2 ทรัพยากรดิน
 - 1.3 ทรัพยากรอากาศ
 - 1.4 ทรัพยากรป่าไม้
 - 1.5 ทรัพยากรสัตว์ป่า
2. แบบทดสอบมีทั้งหมด 30 ข้อ โดยเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 1 คำตอบ
แบบเชิงซ้อน และตอบอิสระ ใช้เวลาในการทำทดสอบทั้งสิ้น 90 นาที
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด หรือ เขียนคำตอบ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้
4. ตรวจสอบความเรียบร้อยแบบทดสอบก่อนลงมือทำ หากมีหน้าไม่ครบหรือแบบทดสอบมี
ปัญหาให้รีบแจ้งกรรมการคุมสอบ
5. เริ่มทำแบบสอบได้หลังจากกรรมการคุมสอบให้ สัญญาณ ไม่อนุญาตให้ออกจากห้องสอบ
ก่อนเวลา 30 นาที หลังจากกรรมการคุมสอบให้สัญญาณ
6. ในขณะที่เข้าห้องสอบ ห้ามใช้เครื่องมือสื่อสารและเครื่องคำนวณทุกชนิด มิฉะนั้นจะถือว่า
ทุจริตในการสอบ

ทรัพยากรน้ำ สถานการณ์ที่ 1 : ความสำคัญของน้ำ

น้ำเป็นความต้องการขั้นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในโลก ประชากรโลกมากกว่าครึ่งอาศัยแหล่งน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำอุปโภคและบริโภคที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นแหล่งธุรกิจหรือถิ่นทุรกันดาร ในขณะเดียวกันกลับพบว่าน้ำใต้ดินหลายแห่งมีการปนเปื้อนสารเคมีอันตรายจากการประกอบอุตสาหกรรม

- ให้นักเรียนพิจารณาว่าสารเคมีในแต่ละข้อเป็นสารมลพิษของน้ำหรือไม่ โดยเขียน **O** ล้อมรอบคำ ว่า “เป็น” หรือ “ไม่เป็น”

ชื่อสารเคมี	สารมลพิษ(pollutant)
1. ปุ๋ย	เป็น / ไม่เป็น
2. ตะกั่ว	เป็น / ไม่เป็น
3. แคดเมียม	เป็น / ไม่เป็น
4. แมงกานีส	เป็น / ไม่เป็น
5. โครเมียม	เป็น / ไม่เป็น
6. ฟอสเฟต	เป็น / ไม่เป็น

- วิธีการตรวจสอบมลพิษทางน้ำที่เหมาะสมในการตรวจหาสารเคมีอันตรายดังกล่าว ควรใช้วิธีการในข้อใด

- หาค่า DO
- หาค่า BOD
- หาค่า COD
- หาค่าปริมาณโลหะหนัก

- จากข้อมูล การแก้ไขมลพิษทางน้ำในข้อใดเหมาะสมที่สุด

	ผู้รับผิดชอบ	บทบาท
ก	โรงงานอุตสาหกรรม	ลดปริมาณสารพิษในน้ำเสียให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ
ข	ผู้บริโภค	ใช้น้ำทุกรูปแบบอย่างประหยัดในชีวิตประจำวัน
ค	โรงงานอุตสาหกรรม	ให้ทุนสนับสนุนการจัดกิจกรรมรณรงค์ในวันอนุรักษ์น้ำ
ง	ผู้บริโภค	ร่วมกิจกรรมในวันอนุรักษ์น้ำของทุกปี

ทรัพยากรน้ำ สถานการณ์ที่ 2 : ไมโครพลาสติก

นักวิทยาศาสตร์ชาวมาเลเซียและฝรั่งเศสได้ศึกษาปลาแมคเคอเรล กุ้งเคย ปลามิวส์เล็ดและปลาจวดจำนวน 120 ตัวอย่าง พบว่ามีชิ้นส่วนของพลาสติกขนาดเล็กหรือไมโครพลาสติก 36 ชิ้น โดยชิ้นส่วนของพลาสติกที่พบมีทั้งประเภทโพลีสเตอริน(ผลิตภัณฑ์โฟม)ในลอน และโพลิเอทิลีน(ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก) รายงานของนักวิจัยระบุว่า การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกเหล่านี้ จะส่งผลกระทบต่อชีวิตของสัตว์น้ำเมื่อบริโภคเข้าไป รวมถึงมนุษย์ด้วยเนื่องจากสัตว์น้ำเหล่านี้เป็นอาหารของมนุษย์

4. จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่าขวดพลาสติก ถุงพลาสติก และโฟมก่อให้เกิดมลพิษในน้ำทะเลได้โดยการสลายตัวให้สารพวกไมโครพลาสติก คุณสมบัติของพลาสติกกับโฟมต่อไปนี้ เป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำหรือไม่ ให้นักเรียนเขียน O คำว่า “ เป็น ” หรือ “ ไม่เป็น ”

คุณสมบัติของพลาสติกและโฟม	คำตอบ
1. อายุการย่อยสลายช้า	เป็น / ไม่เป็น
2. สามารถลอยน้ำได้ทำให้ไป ได้ไกล ส่งผลกระทบในวงกว้าง	เป็น / ไม่เป็น
3. โมเลกุลของน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้	เป็น / ไม่เป็น
4. มีความยืดหยุ่นสูง ทำให้เป็นรูปร่างต่างๆได้หลากหลาย	เป็น / ไม่เป็น

5. ข้อใดควรเป็นคำถามเกี่ยวกับ การศึกษาปริมาณของไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำของนักวิทยาศาสตร์

- ก. ขยะลอยน้ำทำให้เกิดมลพิษทางทะเลหรือไม่
- ข. ขยะในทะเลเมื่อเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำจะอยู่ในรูปของสารใด
- ค. ขยะในทะเลประเภทโฟม พลาสติกทำให้สัตว์น้ำตายหรือไม่
- ง. ขยะในทะเลประเภทโฟม พลาสติกทำให้ระบบนิเวศเสียหายหรือไม่

6. ถ้าหากมีผู้สงสัยว่าไมโครพลาสติกไปอยู่ในสัตว์น้ำได้อย่างไร โดยให้นักเรียนอธิบายให้ฟัง ทั้งนี้ นักเรียนได้ทราบข้อมูลมาแล้วว่าไมโครพลาสติกก็คือ พลาสติกที่แตกกระจายเป็นชิ้นเล็กๆจนเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรและเล็กลงไปเรื่อยๆจนมองไม่เห็น นักเรียนจะนำเสนอข้อมูลขยะในทะเลจนกลายเป็นสารไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำแก่คนอื่นอย่างไร

ตอบ

.....

.....

ทรัพยากรดิน สถานการณ์ที่ 1 : ..ยูคาลิปตัส

ประเด็นการถกเถียงกันเกี่ยวกับต้นยูคาลิปตัสว่าเป็นไม้โตเร็วที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมหรือไม่นั้น ผู้เชี่ยวชาญด้านป่าไม้กับผู้เชี่ยวชาญด้านพฤกษศาสตร์ได้มีข้อโต้แย้งในหลายประเด็น เช่น ใบของต้นยูคาลิปตัสมีน้ำมันเมื่อร่วงหล่นจะทำให้คุณภาพของดินเสียไป และต้นยูคาลิปตัสเป็นพืชที่ใช้น้ำในดินมาก สำหรับการเจริญเติบโต

มีการทดลองนำเอายูคาลิปตัสไปปลูกในทะเลทรายที่ประเทศอิสราเอล พบว่ายูคาลิปตัสเติบโตได้เร็ว จึงได้มีการศึกษาการใช้น้ำของพืชชนิดนี้และพบว่าระบบรากของยูคาลิปตัสสามารถที่จะชอนไชไปดึงน้ำที่ถูกเก็บไว้ใต้ดินหรือตามซอกหินมาใช้ได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น จึงเป็นการยืนยันว่ายูคาลิปตัสเป็นพืชที่มีระบบรากและระบบการดูดซึมน้ำที่ดี ข้อได้เปรียบในการเป็นพืชที่มีความสามารถในการดำรงชีวิตในเขตแห้งแล้ง จึงเป็นข้อควรระวังในการนำเข้ามาปลูกในพื้นที่ที่มีพืชประจำถิ่นอยู่ เพราะจะทำให้พืชประจำถิ่นไม่สามารถแข่งขันได้และตายไปในที่สุด

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบไม้โตเร็วระหว่างต้นยูคาลิปตัสกับต้นอัลบิเซีย (Albizia) โดยศึกษาในเรื่องของระบบราก ใบ การย่อยสลายของใบ ธาตุอาหารของพืชที่ได้จากการสลายตัว กับความหนาแน่นของไส้เดือนดินในหมู่เกาะฮาวาย ซึ่งปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมามีผลต่อความหนาแน่นของไส้เดือนดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย หลังจากปลูกเป็นระยะเวลา 9 ปี พบว่าต้นอัลบิเซียซึ่งเป็นไม้โตเร็ว เช่นกันมีอัตราการร่วงหล่นของใบมากกว่าต้นยูคาลิปตัสและมีอัตราการสลายตัวของใบเร็วกว่าต้นยูคาลิปตัส ทำให้มีใบกองอยู่บนพื้นน้อยกว่าแปลงเพาะปลูกยูคาลิปตัส เมื่อสำรวจดูปริมาณไส้เดือนดินในแปลงเพาะปลูกต้นไม้มทั้งสองชนิดก็พบว่าปริมาณไส้เดือนดินในแปลงที่ปลูกต้นอัลบิเซียมีมากกว่าปริมาณไส้เดือนดินในแปลงเพาะปลูกยูคาลิปตัสถึง 5 เท่า และเมื่อศึกษาเปรียบเทียบกับแปลงที่ปลูกยูคาลิปตัสร้อยละ 75 ผสมกับต้นอัลบิเซียร้อยละ 25 พบว่ามีปริมาณไส้เดือนดินมากกว่าแปลงที่ปลูกยูคาลิปตัสอย่างเดียวถึง 3 เท่า การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าใบยูคาลิปตัสมีคุณภาพต่ำในเรื่องของการนำกลับมาเป็นปุ๋ยบำรุงดินและย่อยสลายได้ช้า ทำให้คุณภาพของดินค่อยๆ เสื่อมลง ปริมาณไส้เดือนดินจึงน้อยลงตามลำดับ เพราะซากพืชซากสัตว์ในดินซึ่งเป็นแหล่งอาหารของไส้เดือนดินลดลงนั่นเอง และไส้เดือนดินเองก็มีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพดินด้วย

7. การทดลองปลูกต้นยูคาลิปตัสในทะเลทรายที่ประเทศอิสราเอล พบว่าการเจริญเติบโตเร็ว

ข้อความใดเป็นการสรุปผลการทดลองนี้ จงเขียน O ล้อมรอบ คำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่”

ข้อสรุป	คำตอบ
1.ต้นยูคาลิปตัสมีระบบรากและการดูดซึมน้ำที่ดี	ใช่ / ไม่ใช่
2.ต้นยูคาลิปตัสสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่แห้งแล้ง	ใช่ / ไม่ใช่
3.ควรส่งเสริมให้ประชาชนปลูกต้นยูคาลิปตัสเพื่อเพิ่มรายได้	ใช่ / ไม่ใช่

8. การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของดินระหว่างการปลูกต้นยูคาลิปตัสกับต้นอัลปีเซีย นั้น

จะระบุตัวแปรต่างๆ

5.2.1 ตัวแปรต้น.....

5.2.2 ตัวแปรตาม

5.2.3 ตัวแปรควบคุม

5.2.4 การทดลองนี้มีแปลงเพาะปลูกอย่างน้อยกี่แปลง อะไรบ้าง

ตอบ.....

.....

.....

9. ผลการทดลองอะไรบ้างที่บ่งบอกว่าการปลูกต้นอัลปีเซียทำให้คุณภาพของดินดีกว่าการปลูกต้นยูคาลิปตัส

ตอบ

.....

.....

ทรัพยากรดิน สถานการณ์ที่ 2 : ดินเสื่อมโทรม

ปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน มีสาเหตุทั้งจากธรรมชาติร่วมกับฝีมือมนุษย์และการใช้ที่ดินไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น การเปิดหน้าดิน การไถพรวน การปลูกพืชเชิงเดี่ยวโดยไม่มีการปรับปรุงดินเป็นระยะเวลานาน จนในที่สุดทำให้ดินมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมน้อยสำหรับการเพาะปลูกให้ผลผลิตน้อย และอาจกระทบต่อระบบนิเวศรุนแรง ปัญหาหนักของดินในประเทศไทย ประกอบด้วย ดินกรด 95.4 ล้านไร่ ดินตื้น 46.1 ล้านไร่ ดินดาน 27.3 ล้านไร่ ดินเค็ม 14.3 ล้านไร่ ดินทรายจัด 12.5 ล้านไร่ ดินเปรี้ยวจัด 6.2 ล้านไร่ และดินอินทรีย์ 0.3 ล้านไร่ และปัญหาการชะล้างพังทลายมีมากถึง 108 ล้านไร่

10. ให้นักเรียนอธิบายการปลูกพืชเชิงเดี่ยว และอธิบายผลกระทบที่เกิดขึ้น

ตอบ

.....

.....

11. นักเรียนได้ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุทางธรรมชาติที่ทำให้ดินพังทลายมีหลายประการ เช่น ปริมาณฝนที่ตก การกัดเซาะของกระแสน้ำที่ผิวดิน การกัดเซาะของคลื่น การพัดพาของลม ภัยธรรมชาติ เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ถ้านักเรียนได้รับมอบหมายให้หาวิธีการป้องกันจากสาเหตุดังกล่าว นักเรียนจะเลือกสาเหตุใดและออกแบบวิธีการอย่างไร

ตอบ

.....

.....

12. จากข้อมูล ให้นักเรียนออกแบบการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาของดินในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง กราฟ ฯลฯ

ตอบ

.....

.....

.....

.....

ทรัพยากรอากาศ สถานการณ์ที่ 1 : สถานที่ประสูติพระพุทธเจ้า เจริญมลพิษทางอากาศ

“ลุมพินีวัน” สถานที่ประสูติของพระพุทธเจ้ากำลังถูกผลกระทบอย่างหนักจากปัญหามลพิษ โดยนักวิทยาศาสตร์เนปาลอ้างเขตลุมพินีวัน ในอำเภอไกรว้า แคว้นอุทธของเนปาล วัดมลพิษทางอากาศ 173 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือเฉลี่ยค่าพีเอ็ม 2.5 เช่นเดียวกับเมืองชิตวันในพื้นที่ใกล้เคียง 113 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และกรุงกาฐมาณฑุ ค่ามลพิษทางอากาศ 109 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าวเกิดจากมลพิษยานพาหนะ ผสมกับควันโรงงานอุตสาหกรรมท้องถิ่น ใกล้พุทธสังเวชนียสถานสำคัญ การเก็บตัวอย่างมลพิษที่เสาอโคก เสาหินจารึกข้อความบริเวณพระพุทธเจ้าประสูติเต็มไปด้วยฝุ่นแร่ปิซม คัลไซด์ แมกนีไซด์ องค์การอนามัยโลกระบุค่ามลพิษทางอากาศไม่ควรเกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรส่วนรัฐบาลเนปาลกำหนดค่าปลอดภัยอยู่ที่ 40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

13. จากคำกล่าวที่ว่า ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเกิดจากมลพิษยานพาหนะ และควันโรงงานอุตสาหกรรม ในท้องถิ่น หากมีการวิเคราะห์สารมลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศ น่าจะพบสารใดบ้าง
จงบอกชื่อสารมลพิษจากยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรม อย่างละ 1 ชื่อ

ตอบ

14. คำถามต่อไปนี้สามารถตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

ให้นักเรียนเขียน O คำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่”

คำถาม	การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์
1. มลพิษทางอากาศของลุมพินีมาจากยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรม	ใช่ / ไม่ใช่
2. ค่ามลพิษทางอากาศที่องค์การอนามัยโลกกำหนดมีมาตรฐานสูงกว่าของรัฐบาลเนปาล	ใช่ / ไม่ใช่

15. ให้นักเรียนออกแบบการนำเสนอข้อมูลค่ามลพิษทางอากาศของสถานที่ทั้ง 3 แห่ง

ตอบ

.....

.....

.....

ทรัพยากรอากาศ สถานการณ์ที่ 2 : มลพิษทางอากาศในจีนและอินเดีย

สถาบันวิจัยผลกระทบด้านสุขภาพในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ติดตามการเสียชีวิตของประชากรโลกจากมลพิษของอากาศ พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 มีประชากรเสียชีวิตอย่างน้อย 4,200,000 คน โดยเป็นประชากรของประเทศจีนและอินเดียเสียชีวิตถึง 2,100,000 คน ซึ่งมลพิษทางอากาศนั้นเชื่อมโยงกับการเกิดโรคสูงขึ้น เช่น การเกิดโรคมะเร็ง โรคลมบ้าหมูและโรคหัวใจ รวมถึงโรคที่เกี่ยวกับทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด ซึ่งจีนและอินเดียมีประชากรเสียชีวิตประเทศละ 1,100,000 คน

16. มลพิษทางอากาศทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ การเกิดโรคต่อไปนี้เกิดจากมลพิษทางอากาศหรือไม่ ให้นักเรียนเขียน O คำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่”

ชื่อโรค	คำตอบ
1. หลอดลมอักเสบ	ใช่ / ไม่ใช่
2. ปอดอุดตันเรื้อรัง	ใช่ / ไม่ใช่
3. โรคโลหิตจาง	ใช่ / ไม่ใช่
4. โรคภูมิแพ้	ใช่ / ไม่ใช่

17. รัฐบาลของประเทศจีนกล่าวว่ายังไม่มีหลักฐานมากพอที่จะทำให้เชื่อว่ามลพิษทางอากาศมีความเชื่อมโยงกับอัตราการตายที่ค่อนข้างมากตามข้อมูลที่ถูกกล่าวถึง นักเรียนคิดว่าประเทศจีนควรดำเนินการอย่างไรเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

ตอบ

.....

.....

.....

18. จากข้อมูล ข้อสรุปใดถูกต้อง ให้นักเรียนเขียน O คำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่”

ข้อสรุป	คำตอบ
1. ครึ่งหนึ่งของประชากรที่เสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศคือจีนและอินเดีย	ใช่ / ไม่ใช่
2. ประชากรจีนและอินเดียเป็นโรคมะเร็งปอดมากกว่าประเทศอื่นๆ	ใช่ / ไม่ใช่

ทรัพยากรป่าไม้ สถานการณ์ที่ 1 : เครื่องผลิตฝน

เมืองเซาโปโลเป็นเมืองที่มีพื้นที่ใหญ่ที่สุดในประเทศบราซิล ในอดีตเคยได้รับการขนานนามว่า “เมืองแห่งน้ำฝน” แต่ปัจจุบันเซาโปโลกลับมีสภาพไม่ต่างจากทะเลทราย ซึ่งสาเหตุหนึ่งของการขาดแคลนน้ำของเมืองเซาโปโลเกิดจากความไม่ใส่ใจเนื่องจากการจัดการแข่งขันฟุตบอลโลกและการเลือกตั้งที่จัดขึ้นภายหลังฟุตบอลโลกไม่นาน

มีการศึกษาวิจัยหลายต่อหลายครั้งที่ยืนยันว่าป่าอะเมซอนนั้นคือแหล่งกำเนิดฝน เนื่องจากป่าทึบสามารถสร้างความชุ่มชื้นซึ่งจะถูกพัดพาโดยกระแสลมจากแอตแลนติก ความชุ่มชื้นนั้นเดินทางไปที่ศตวันตกปะทะกับเทือกเขาแอนดีสและพัดต่อมายังทิศใต้ ก่อนจะกลายเป็นฝนตกมายังพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งเป็นผู้ขำขันน้ำของประเทศบราซิลและเมืองเซาเปาโล ป่าอะเมซอนซึ่งเปรียบได้กับเครื่องผลิตฝนขนาดใหญ่ได้ถูกทำลายลงเนื่องจากพื้นที่ป่าหดหายไป

19. คำกล่าวที่ว่าป่าทึบสามารถสร้างความชุ่มชื้นซึ่งจะถูกพัดพาโดยกระแสลมจากแอตแลนติก คำว่า

“ความชุ่มชื้น” หมายถึงข้อใด เกิดจากกระบวนการใด ตามลำดับ

- ก. $H_2O(g)$, Transpiration
- ข. O_2 , Photosynthesis
- ค. CO_2 , Decomposition
- ง. $C_6H_{12}O_6$, Transportation

20. คำถามต่อไปนี้สามารถตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ จงเขียน O ล้อมรอบ คำว่า “ได้” หรือ “ไม่ได้”

คำถาม	การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์
1. การขาดแคลนน้ำในประเทศบราซิลมาจากการแข่งขันฟุตบอลโลก	ได้ / ไม่ได้
2. ความแห้งแล้งในประเทศบราซิลเกิดจากการทำลายป่าอะเมซอน	ได้ / ไม่ได้

21. หากมีผู้กล่าวว่า ประเทศบราซิลประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำขั้นวิกฤต นักเรียนคิดว่าข้อมูลใดสะท้อนปัญหานี้ชัดเจนที่สุด

ตอบ

ทรัพยากรป่าไม้ สถานการณ์ที่ 2 : ป่าน่าน

กลุ่มอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมได้ทำการสำรวจปลาดินน้ำน่านที่ จ.น่าน ซึ่งทำให้ได้พบกับการตัดไม้ทำลายป่าอย่างมาก เนื่องจากภูเขาแทบทุกลูกที่เห็นมีร่องรอยการตัดและเผาจนไล่กันไปหลายลูก ซึ่งเขากล่าวว่าหากไทยขาดป่าต้นไม้ที่เหมือนพองน้ำคอยอมน้ำไว้ จะทำให้ฝนในสภาพอากาศวิปริตไหลลงสู่พื้นที่ข้างล่างเป็นก้อนใหญ่อย่างรวดเร็ว และทำลายระบบนิเวศในแหล่งน้ำต่างๆ ก่อนที่จะท่วมพื้นที่ด้านล่าง ซึ่งไม่ว่าจะสร้างเขื่อน ทำแก้มลิงหรือแหล่งน้ำใดๆก็ไม่อาจรองรับน้ำปริมาณมหาศาลที่ไม่มีการดูดซึมจากต้นน้ำก่อนได้ เพราะน้ำฝนที่มีปริมาณมากเมื่อไหลลงสู่เบื้องล่างจะทำให้น้ำขุ่น จะทำให้ปลาอยู่ไม่ได้ เพราะปลาล่าเหยื่อในแหล่งต้นน้ำนั้นจะอาศัยสายตา ในการล่าเหยื่อหากน้ำขุ่นก็มองไม่เห็น ส่วนปลาประเภทที่กินตะไคร่น้ำที่เกาะตามก้อนหินก็จะได้รับผลกระทบหากตกลงมาเยอะจนทับถมหินก็ทำให้แสงส่องลงไปไม่ถึงและทำให้ตะไคร่น้ำไม่เติบโต

22. จากข้อมูล ให้นักเรียนบอกประโยชน์ของป่าต้นน้ำมา 1 ข้อ และบอกผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าต้นน้ำ 1 ข้อ

ตอบ

23. จากข้อมูล ถ้านักเรียนมีโอกาสไปสำรวจปลาดินน้ำ นักเรียนสามารถสำรวจข้อมูลใดได้บ้าง
จงเขียน ☐ ล้อมรอบ คำว่า “ได้” หรือ “ไม่ได้”

ข้อสรุป	คำตอบ
1. ชนิดของปลาดินน้ำ	ได้ / ไม่ได้
2. จำนวนของปลาดินน้ำ	ได้ / ไม่ได้
3. อาหารของปลาดินน้ำ	ได้ / ไม่ได้
4. พฤติกรรมการล่าเหยื่อ	ได้ / ไม่ได้
5. แหล่งอาศัยของปลาดินน้ำ	ได้ / ไม่ได้

24. จากข้อมูล การทำลายป่าต้นน้ำ ข้อใดสรุปเกี่ยวกับแหล่งที่อยู่ของปลาในป่าต้นน้ำได้ถูกต้อง

- ก. เกิดมลพิษจากดิน
- ข. น้ำไหลแรงเกินไป
- ค. มีปริมาณน้ำมากเกินไป
- ง. ขาดอาหารในการดำรงชีวิต

ทรัพยากรสัตว์ป่า สถานการณ์ที่ 1 : วาฬไรท์

วาฬไรท์ (Right whale) มีถิ่นอาศัยอยู่ในแถบแอตแลนติกเหนือ จนได้ชื่อว่าเป็นวาฬน้ำแข็งแห่งแอตแลนติก เป็นวาฬที่กินอาหารอย่างเชื่องช้า และยังคงเคลื่อนไหวตัวช้า มีไขมันมาก ชอบลอยตัวอยู่เหนือน้ำทำให้เป็นที่หมายตาของนักล่าวาฬ เพราะมันเหมาะที่จะถูกล่าได้ง่ายดาย เพื่อเอาไขมันไปทำน้ำมันจากการถูกล่าอย่างหนัก วาฬไรท์ได้ถูกขึ้นบัญชีเป็นสัตว์เสี่ยงสูญพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลว่าอัตราการเกิดของวาฬไรท์อยู่ในระดับต่ำมาก และอัตราการตายก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆซึ่งวาฬจำนวนมากตายนอกชายฝั่ง ส่วนใหญ่เกิดจากการคุกคามของเรือเดินสมุทร ซึ่งวาฬไม่สามารถปลดปล่อยตัวเองจากการลากเฟืองของเครื่องยนต์และมีหลักฐานว่าวาฬไรท์ตัวเมียที่ถูกลากติดไปกับเฟือง ความสามารถในการผสมพันธุ์จะลดลงไปด้วย

25. จากข้อมูล ให้นักเรียนบอกสาเหตุการลดลงของวาฬไรท์ 1 ข้อ

ตอบ

26. ถ้านักเรียนได้รับมอบหมายให้ศึกษาความเชื่อมโยงของเรือเดินสมุทรกับการลดลงของวาฬไรท์ นักเรียนจะกำหนดปัญหาอย่างไร

ตอบ

27. ถ้าผู้ประกอบการเรือเดินสมุทรกล่าวว่า การถูกลากติดไปกับเฟือง ไม่ได้เป็นสาเหตุทำให้วาฬไรท์ตัวเมียมีความสามารถในการผสมพันธุ์ลดลง นักเรียนจะให้เหตุผลโต้แย้งอย่างไร

ตอบ

ทรัพยากรสัตว์ป่า สถานการณ์ที่ 2 : ช้าง

ตามอนุสัญญาไซเตส (CITES) ช้างไทยและช้างแอฟริกาถูกจัดไว้ในบัญชี 1 (appendix I) ว่าด้วยชนิดพันธุ์ที่ห้ามค้าโดยเด็ดขาด ยกเว้นกรณีพิเศษ เช่น เพื่อการศึกษา วิจัย/เพาะพันธุ์ เพราะเป็นสัตว์ชนิดที่ใกล้จะสูญพันธุ์ การนำเข้าหรือส่งออกต้องได้รับการยินยอมจากประเทศที่จะนำเข้าก่อน ประเทศที่จะสำรวจจึงจะออกใบอนุญาตส่งออกให้ การพิจารณาให้นำเข้าหรือส่งออกของทั้งสองประเทศต้องคำนึงถึงความอยู่รอดของชนิดพันธุ์นั้นๆ เป็นความสำคัญมาก หากไม่ปฏิบัติตามจะถือว่าเป็นการกระทำที่ไม่ถูกกฎหมาย ทำให้ไม่สามารถนำเข้าหรือส่งออกได้ในเชิงพาณิชย์ ในส่วนของงาช้างแอฟริกาไม่สามารถจำหน่ายได้เนื่องจากถูกจัดให้เป็นโซนสีแดงในเรื่องอาชญากรรมค้ำงาช้าง โดยถูกจัดให้เป็น 1 ใน 8 กลุ่มประเทศที่มีปัญหาเรื่องการลักลอบค้ำงาช้างแอฟริกาในประเทศของกลุ่มประเทศที่เป็นจุดผ่าน (Transit) ในการค้างาช้างแอฟริกาเป็นลำดับสองของโลกรองจากประเทศจีน

28. จากสถานการณ์ของช้างไทยและช้างแอฟริกาดังกล่าว นักเรียนจะเสนอแนะวิธีการแก้ไขสถานการณ์นี้
อย่างไร

ตอบ

29. ถ้านักเรียนจะขออนุญาตทำการวิจัยเกี่ยวกับช้าง นักเรียนสามารถศึกษาวิจัยในประเด็นใดได้บ้าง

- ก. สำรวจจำนวนช้างไทยและช้างแอฟริกา
- ข. ศึกษาแหล่งอาศัย
- ค. ศึกษาพฤติกรรมการดำรงชีวิต
- ง. ศึกษาบทบาทของช้างกับมนุษย์

30. จากข้อมูล การลดลงของช้างเกิดจากสาเหตุใดเป็นสำคัญ ให้นักเรียนยกหลักฐานประกอบ

ตอบ

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้ โรงเรียน

เรื่อง ระดับชั้น วันที่

คำชี้แจง ใต้ ✓ ลงในรายการที่ตรงกับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

ที่	รายการพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน	มี	ไม่มี	หมายเหตุ
1	ความตั้งใจในการเรียน			
2	ความสนใจ กระตือรือร้นและการซักถาม			
3	การตอบคำถาม			
4	การแสดงความคิดเห็น			
5	การอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้			
6	การระดมความคิด			
7	การกล้าแสดงออก			
8	รับฟังความคิดเห็นคนอื่น			
9	ขยายความรู้สู่ผู้อื่น			
10	การทำงานกลุ่มร่วมกัน			

ลงชื่อ ผู้ประเมิน



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นางสาวจันทร์แสง ประเสริฐศรี
วันเดือนปี เกิด	17 พฤศจิกายน 2519
สถานที่เกิด	อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 628 ถนนจรูญสนทวงศ์ 46 แขวงบางยี่ขัน เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวัดราชบพิศ ถนนสนามไชย แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2537	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก โรงเรียนวาปีปทุม อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ. 2542	ปริญญาการศึกษาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ – ชีววิทยา) จาก มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
พ.ศ. 2561	ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ