



การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบ
เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด เบส โดยใช้การ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบ
เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด เบส โดยใช้การ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบ
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด เบส โดย
ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา"
ของ ชีระสิทธิ์ ดิสกุล
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนุนันท์)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณวงษ์)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา



ชื่อเรื่อง	การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ผู้วิจัย	ธีระสิทธิ์ ดิสกุล
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565
คำสำคัญ	สะเต็มศึกษา, สมรรถนะการประเมินและการออกแบบ, กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

บทคัดย่อ

สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยที่นักเรียนต้องระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงเสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ โดยจะต้องบอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์และประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบายได้ เนื่องจากในสังคมปัจจุบันต้องมีความสามารถในการระบุประเด็นปัญหาและแยกแยะประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาออกจากประเด็นปัญหาอื่นเพื่อตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ภายใต้บริบทนั้น ๆ และประเมินวิธีการตรวจสอบปัญหาได้ โดยการนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์ในออกแบบและวางแผนกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และหาคำตอบจากประเด็นปัญหา ซึ่งจากการสำรวจ พบว่าสมรรถนะดังกล่าวของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการพัฒนา งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 2) ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

จำนวน 26 คน ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนซึ่งเป็นการปฏิบัติการซ้ำตามวงจร PAOR จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 3 แผน แบบทดสอบสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ผลข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพแบบสามเส้า สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า 1) แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1.1) ชั้นสร้างความสนใจ ครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ รวมทั้งระบุปัญหาและแยกแยะประเด็นปัญหา หรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเลือกปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอประเด็นปัญหา 1.2) ขั้นการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนออกแบบและนำเสนอวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์และลงมือปฏิบัติการทดลองตามที่ออกแบบไว้ 1.4) ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนร่วมกันประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพื่อเรียนรู้แนวคิดสำคัญจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการทดลองและผลการทดลองและร่วมกันอภิปรายผลการทดลองรวมทั้งสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ 1.5) ขั้นปรับปรุงนวัตกรรมและขยายความรู้ นักเรียนปรับปรุงการทดลองและลงมือปฏิบัติการทดลอง และร่วมกันอภิปรายผลการทดลองรวมทั้งสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากปรับปรุงการทดลองและร่วมกันประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 1.6) ขั้นการวัดและประเมินผล นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ เพื่อการพัฒนาต่อไปหรือเป็นเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ และ 2) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนและนักเรียนมีการพัฒนาการที่ดีขึ้นอย่างเป็นลำดับในแต่ละวงจรปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

Title	AN ACTION RESEARCH ON ENHANCING GRADE 11 STUDENTS' SCIENTIFIC INQUIRY PROCESS EVALUATING AND DESIGN COMPETENCY USING INQUIRY BASED ON STEM EDUCATION LEARNING ACID BASE
Author	Theerasit Dissakul
Advisor	Assistant Professor Skonchai Chanunan, Ph.D.
Academic Paper	M.Ed. Independent Study in Science Education, Naresuan University, 2022
Keywords	STEM Education, Scientific Inquiry Process Evaluating and Design Competency

ABSTRACT

Competency of evaluation and scientific inquiry process design are very important since students have to identify problems they wish to explore in scientific studies, tell what problems or questions can be investigated using scientific methods, and also propose a method of exploration from a given scientific question. The goal is that students are able to specify and evaluate methods for scientific problem evaluation and methods used by scientists to ensure reliability of information and objectivity of explanations. This is because in today's society, a student must have an ability to identify issues and distinguish the issues to be studied from other issues to investigate by using scientific methods or to propose problem validation by using scientific methods given the context, and to assess problem validation by applying scientific knowledge and skills to design and plan a process of seeking knowledge and answer to problems. From the survey, it was found that students lacked of such competency so it was necessary to develop that competency. This research aims to 1) design scientific inquiry-based guidelines for learning management under STEM education approach which develop a competency of evaluation and scientific inquiry process design on the topic of acid-base for Grade 11 students, 2) measure the results of the scientific inquiry-based learning management under STEM education approach which influences the competency of evaluation and scientific inquiry

process design on the topic of acid-base for Grade 11 students from scientific inquiry-based learning management under STEM education approach. A target group of this research included 26 students in Grade 11 enrolled in 1st semester of academic year 2019 at one school in Kamphaeng Phet Province. The researcher adopted a classroom-based action research methodology which was a repeat operation according to the PAOR cycle. Research instruments included three scientific inquiry-based learning plans under STEM education, test of competency of evaluation and scientific inquiry process design, learning activity sheets. Data analysis was analyzed using content analysis and verified using triangulation. Statistics for data analysis were mean, standard deviation, and content analysis. Results of this research were as follows: 1) the appropriate approach in learning management consisted of 1.1) Engagement: the teacher presented situations to the students for discussion, problem analysis from the given situations, including problem identification and distinguishment, or answering what problems could be examined through scientific processes, then choosing the problem which needed to be explored by scientific methods and presenting that problem; 1.2) Inquiry Process Design: students designed and presented a method to examine scientific problems and conducted the experiments as designed; 1.3) Explanation and Conclusion: students jointly assessed how they explored scientific issues to learn key concepts from doing learning activities by giving them an opportunity to present an experimental method and results and to discuss those results and summarize knowledge or ideas from those learning activities; 1.4) Innovation Improvement and Knowledge Elaboration: students improved their experiments and conduct experiments, then jointly discussed experimental results, summarized what knowledge or ideas was gained from that improvement, and jointly assessed methods for exploring scientific problems; 1.5) Evaluation: students presented the concepts and knowledge inquiry process for creating a piece of work, or method development for further advancement, or evaluating learning through processes; and 2) From scientific inquiry-based learning management under STEM education, the students had higher scores on the competency of evaluation and scientific inquiry process design than before learning, and students improved steadily in each cycle of operation. This meant scientific

inquiry-based learning management under STEM education could improve the competency of evaluation and scientific inquiry process design for students.



ประกาศคุณูปการ

การวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาในการให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนในคำปรึกษาด้านการแก้ไขปัญหา ให้กำลังใจเป็นอย่างดีในช่วงที่ทำการศึกษาวิจัยและช่วยตรวจสอบแก้ไขรายงานการวิจัยในครั้งนี้จนการศึกษาวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้ทำการศึกษาวิจัยต้องขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือต่างๆ ในการทำศึกษาวิจัยตลอดจนให้กำลังใจเป็นอย่างดีในช่วงที่ทำการศึกษาวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญจิรา รัตนกรพิทักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร ชำรงโสทธิสกุลและ ครูรัตนา ปัญญา ที่ได้สละเวลามาร่วมเป็นเป็นผู้เชี่ยวชาญที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยการโรงเรียน สำสักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากำแพงเพชร ตลอดจนครูพี่เลี้ยงและคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและใช้สถานที่ในการทำการศึกษาวิจัยตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีคุณภาพยิ่งขึ้นต่อไป

ธีระสิทธิ์ ดิสกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุุณูปการ.....	ช
สารบัญ.....	ณ
ตาราง.....	ณ
ภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	5
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	10
2. หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน.....	11
3. สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์.....	16

4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	36
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	61
กลุ่มเป้าหมาย	61
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	61
รูปแบบการวิจัยและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	62
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	65
วิเคราะห์ข้อมูล	73
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	76
บทที่ 4 ผลการวิจัย	78
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	78
บทที่ 5 บทสรุป.....	135
สรุปผลผลการวิจัย	135
อภิปรายผลการวิจัย	141
ข้อเสนอแนะ	148
บรรณานุกรม	150
ภาคผนวก.....	157
ภาคผนวก ก.....	158
ภาคผนวก ข.....	160
ภาคผนวก ค.....	202
ภาคผนวก ง	205
ภาคผนวก จ	212
ประวัติผู้วิจัย	214

ตาราง

	หน้า
ตาราง 1 แสดงระดับของบริบท.....	18
ตาราง 2 แสดงกรอบโครงสร้างความรู้วิทยาศาสตร์.....	22
ตาราง 3 แสดงกรอบความรู้ด้านกระบวนการ.....	24
ตาราง 4 แสดงของเขตการประเมินความสนใจและเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์.....	25
ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 1.....	28
ตาราง 6 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 2.....	29
ตาราง 7 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 3.....	29
ตาราง 8 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 4.....	30
ตาราง 9 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 5.....	30
ตาราง 10 แสดงระดับสมรรถนะการประเมิน.....	31
ตาราง 11 แสดงการเปรียบเทียบแนวคิด.....	39
ตาราง 12 แสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสม.....	51
ตาราง 13 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	68
ตาราง 14 แสดงความสอดคล้องของบริบทสถานการณ์กับบริบทของ PISA.....	69
ตาราง 15 แสดงการวิเคราะห์แบบทวัตสอบสมรรถนะ.....	71
ตาราง 16 แสดงการสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้.....	128
ตาราง 17 แสดงระดับสมรรถนะการประเมิน.....	131
ตาราง 18 แสดงคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะ.....	132
ตาราง 19 แสดงคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการประเมิน.....	134

ตาราง 20 แสดงผลคะแนนสมรรถนะ	158
ตาราง 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสม	205
ตาราง 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสม	207
ตาราง 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสม	209
ตาราง 24 แสดงผลการผลการประเมินความสอดคล้อง	212



ภาพ

	หน้า
ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย	8
ภาพ 2 แสดงกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015.....	17
ภาพ 3 แสดงระดับการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	41
ภาพ 4 โมเดล จักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL	44
ภาพ 5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน	45
ภาพ 6 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	47
ภาพ 7 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิจัยเป็นฐาน	48
ภาพ 8 แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ.....	63
ภาพ 9 แสดงการระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจ.....	90
ภาพ 10 แสดงการแยกแยะประเด็นปัญหา.....	91
ภาพ 11 แสดงการออกแบบการทดลอง.....	93
ภาพ 12 แสดงการออกแบบการทดลอง.....	94
ภาพ 13 แสดงการร่วมกันประเมินวิธีการทดลอง	97
ภาพ 14 แสดงแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาการทดลอง.....	98
ภาพ 15 แสดงตัวอย่างชิ้นงานการนำเสนอของนักเรียน.....	99
ภาพ 16 แสดงการอภิปรายถึงปัญหา	108
ภาพ 17 แสดงการระบุประเด็นปัญหา	109
ภาพ 18 แสดงการออกแบบชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้	111
ภาพ 19 แสดงการร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผลการทดลอง	112

ภาพ 20 แสดงการร่วมกันปรับปรุงชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้.....	113
ภาพ 21 แสดงการนำเสนอชิ้นงานชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้.....	114
ภาพ 22 แสดงตัวอย่างชิ้นงานการนำเสนอของนักเรียน.....	114
ภาพ 23 แสดงการระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจ.....	121
ภาพ 24 แสดงการแยกแยะปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจ.....	122
ภาพ 25 แสดงการระบุตัวแปรในการทดลองในการศึกษา.....	123
ภาพ 26 แสดงการออกแบบการวิธีทดลอง.....	124
ภาพ 27 แสดงการนำเสนอการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหา.....	125
ภาพ 28 แสดงการอภิปรายนำเสนอการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหา.....	126
ภาพ 29 แสดงการชิ้นงานการนำเสนอหน้าชั้นเรียน.....	127
ภาพ 30 แสดงคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้.....	131

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและรุนแรงในทุกมิติทั้งทางสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และเทคโนโลยี อันเป็นผลมาจากการพัฒนาความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มนุษย์หาความรู้ คิดค้นและพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิตมากขึ้น วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามาเสริมปัจจัยพื้นฐานการดำรงชีวิตได้เป็นอย่างดี ทำให้การสร้างที่พักอาศัยมีคุณภาพมาตรฐาน สามารถผลิตสินค้าและให้บริการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์มากขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 78) วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างมาก พร้อมกันนั้นเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญมากที่จะให้การศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง ดังนั้น ในปัจจุบันความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์จึงเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตมากขึ้น (ราชกิจจานุเบกษา, 2551, หน้า 55-73) ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่ระหวังและยอมรับว่า ในประเทศที่พัฒนาแล้วนั้นปัจจัยหนึ่งซึ่งเป็นสิ่งที่ยังต้องการพัฒนาประเทศและพัฒนาคุณภาพชีวิตไปสู่การกินดี อยู่ดี ของประชากร โดยส่วนรวมนั้นคือ การมีรากฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เข้มแข็ง มีการค้นคว้าหาความรู้ มีการพัฒนาและนำความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างจริงจัง เพื่อเป้าหมายสูงสุดคือประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคม ดังคำกล่าวที่ว่า “ผู้ใดครองเทคโนโลยี ผู้นั้นครองเศรษฐกิจ ผู้ใดครองเทคโนโลยี ผู้นั้นครองอำนาจ” ดังนั้น เป้าหมายสูงสุด ของการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อคุณภาพชีวิตก็คือ เพื่อความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (นิศรา การุณอุทัยศิริ, 2556) สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมให้ประชาชนมีความรู้วิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตราที่ 23 ได้กำหนดให้มีจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แก่นักเรียนทุกระดับการศึกษา (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ, 2542)

โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ในปี ค.ศ. 2015 ให้ความหมายการรู้วิทยาศาสตร์ คือ บุคคลมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างไตร่ตรองและสามารถเชื่อมโยงประเด็นทางวิทยาศาสตร์เข้ากับสิ่งต่าง ๆ ในบริบทรอบตัวได้ (OECD, 2013, P.3) ซึ่งวิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิสัยทัศน์ ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ การวิจารณ์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็น

ระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์ เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) โดยเป้าหมายของการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 คือวัดความสามารถและ ทักษะในการนำความรู้ ทักษะและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนมาไปใช้ในชีวิตจริงนอกโรงเรียน ได้มากน้อยเพียงใด สามารถนำสิ่งที่ได้ศึกษาในโรงเรียนไปประยุกต์ใช้หรือสืบค้นหาความรู้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะต้องพบเจอในชีวิตจริงได้หรือไม่ ซึ่ง PISA ถือว่าเป็นทักษะในการใช้ชีวิตและสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแปลความหมายข้อมูลและประสิทธิภาพในเชิงวิทยาศาสตร์ (OECD, 2013, P.5)

สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากผู้คนในสังคมปัจจุบันต้องมีความสามารถในการระบุประเด็นปัญหาและ แยกแยะประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาออกจากประเด็นปัญหาอื่นเพื่อตรวจสอบด้วยวิธีการทาง วิทยาศาสตร์หรือเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ภายใต้บริบทนั้น ๆ และ ประเมินวิธีการตรวจสอบปัญหาได้ โดยการนำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์ใน ออกแบบและวางแผนกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และหาคำตอบจากประเด็นปัญหา (สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, หน้า 17) เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทาง วิทยาศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA ในปี ค.ศ. 2006-2012 กับ ค.ศ. 2015 พบว่ามีการ เปลี่ยนแปลงชื่อสมรรถนะมาจากสมรรถนะการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ แต่ทว่าตัวบ่งชี้และ รายละเอียดของสมรรถนะในปี ค.ศ. 2015 ส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกับ ค.ศ. 2006-2012 (สิรินภา กิจเกื้อกุล, 2557, หน้า 51-52) โดยสมรรถนะดังกล่าวประกอบด้วยตัวชี้วัด ได้แก่

1) ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ 2) บอกได้ว่าประเด็น ปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3) เสนอวิธีการสำรวจจาก คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ 4) บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ได้ 5) อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและ ความเป็นกลางของคำอธิบาย (OECD, 2013, P.15)

จากการศึกษาและวิเคราะห์รายงานผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตามโครงการ ประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ในปี ค.ศ. 2006-2015 พบว่าผลคะแนนการรู้ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และในปี ค.ศ. 2006 และ ค.ศ. 2015 เป็นการ ประเมินที่เน้นการประเมินความรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีคะแนนคะแนนเฉลี่ยมาตรฐาน OECD เท่ากับ 500 และ 493 คะแนน โดยนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 421 คะแนน เช่นเดียวกับในปี ค.ศ.

2009 และ ค.ศ. 2012 นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 425 และ 444 คะแนน ตามลำดับ (โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ, 2554-2557) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการประเมินในปี ค.ศ.2006 พบว่าสมรรถนะการระบุประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยมีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 413 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (สุนี คล้ายนิล และคณะ, 2551) และสอดคล้องกับการสังเกตและสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างครูผู้ที่มีประสบการณ์สอนรายวิชาเคมีกว่า 4 ปี ในโรงเรียนขนาดเล็ก จังหวัดกำแพงเพชร พบว่านักเรียนไม่สามารถระบุปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ ไม่สามารถบอกวิธีตรวจสอบปัญหาได้ ไม่สามารถวางแผนหรือออกแบบการทดลองได้ และไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนในห้องเรียนมาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่เป็นการสอนแบบบรรยายไม่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เน้นการสอนให้ครบตามเนื้อหาที่ยึดตามหนังสือและไม่ส่งเสริมให้นักเรียนหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย อันเนื่องมาจากผู้สอนมีวิธีการสอนที่ไม่หลากหลายและมีเวลาให้การเตรียมการสอนน้อย การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการบรรยายนั้นไม่อาจส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากการสอนแบบบรรยายเน้นเนื้อหาเป็นสำคัญไม่มุ่งเน้นให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและกิจกรรมการเรียนการสอนไม่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากการเรียนมาเชื่อมโยงใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริงได้ ดังนั้นการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มศักยภาพของผู้เรียนการจัดรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้สอนควรเน้นบูรณาการความรู้และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

จากการศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหารายวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าเนื้อหามีความเกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียนเป็นอย่างมาก เนื่องจากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ต้องอาศัยอยู่ร่วมกันสิ่งแวดล้อมอื่น ซึ่งต้องศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อม ระบบนิเวศ รวมไปถึงของเหลวในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ การใช้สารเคมีต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันแต่ละชนิดนั้นมีสมบัติที่แตกต่างกัน มีทั้งชนิดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนหรือที่เรียกว่า มีสมบัติเป็นกรดและชนิดที่มีสมบัติเป็นเบส สารบางชนิดเป็นอันตรายแต่บางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยสารแต่ละชนิดมีค่า pH เป็นค่าเฉพาะตัวบางชนิดมีสมบัติเป็นกรด ซึ่งสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนได้เมื่อละลายน้ำ สารบางชนิดมีสมบัติเป็นเบส ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดจะให้เกลือกับน้ำและเบสที่ละลายน้ำจะแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน การรู้จักสมบัติความเป็นกรดและเบสของสารและวิธีการตรวจสอบจะทำให้สามารถเลือกใช้สารเคมีในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) คุณสมบัติที่กล่าวมานั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน อุตสาหกรรม เกษตรกรรมและทางการแพทย์ในขณะเดียวกันบางชนิดก็ให้ผลลบต่อสิ่งแวดล้อมและชีวิตของมนุษย์เอง และไตร่ตรองถึงผลกระทบของ

การใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และแนวทางแก้ไขโดยคำนึงถึงผลกระทบที่อาจมีต่อสิ่งมีชีวิตอื่นและสิ่งแวดล้อมด้วย

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาเป็นรูปแบบหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียนการสอนใช้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งกล่าวไว้ว่าเป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำนวจตรวจสอบ และ ค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน (สาขาชีววิทยา สสวท., 2550) แต่ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้งจะใช้เวลามาก บางครั้งได้อะไรไม่ครบตามที่กำหนด ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และไม่สนใจ ทำให้ให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนมีระดับสติปัญญาต่ำ และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นองค์ความรู้เป็นหลักไม่เชื่อมโยงเข้าสู่ชีวิตจริง (ภพ เลหาไพบุลย์, 2540, หน้า 126, กระทรวงศึกษาธิการ, 2545. หน้า 38, พันธุ์ ทองชุมนุม, 2547. หน้า 57, พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์และเพียรวิ ยินดีสุข, 2548. หน้า 78) จากข้อจำกัดดังกล่าวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถช่วยลดข้อจำกัดนั้นได้ เนื่องจากสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม สืบเสาะหาองค์ความรู้ แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (สะเต็มศึกษา สสวท, 2559)

จากความสำเร็จและสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษา เรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกรดเบส ที่ส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื่องกิจกรรมการเรียนรู้มีบูรณาการความรู้ที่นำไปสู่การเชื่อมโยงเข้ากับชีวิตจริงของนักเรียนและเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาใช้ในการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ประเมินวิธีการแก้ไข ปัญหาและสามารถเชื่อมโยงความรู้นำไปสู่มาใช้ในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริงได้ เพื่อ

เป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียนให้มีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิต

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ควรมีแนวทางอย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รูปแบบทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสำหรับครู เพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนและสมรรถนะอื่น ๆ

ขอบเขตของงานวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดกำแพงเพชร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 26 คนประกอบด้วยนักเรียนชายจำนวน 4 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 22 คน ซึ่งได้เลือกแบบเจาะจง

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เวลาในการวิจัยทั้งหมด 15 ชั่วโมง โดยทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหารายวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง กรด เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ตัวแปรตาม ได้แก่ สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาทาง
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กรด เบส หมายถึง การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งบริบทของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่อง กรด เบส เป็นบริบทที่อยู่รอบตัวของนักเรียนหรือเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันที่ส่งผลกระทบต่อตัวนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสนใจและเห็นถึงความสำคัญของปัญหานั้น และนำไปสู่กระบวนการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวางแผนในการตรวจสอบปัญหาโดยนำความรู้และข้อมูลมาบูรณาการในการลงมือปฏิบัติการตรวจสอบปัญหา ซึ่งประกอบด้วย 5 ชั้น

ชั้นตอนที่ 1 ชั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหา แยกแยะประเด็นปัญหาและกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา

ชั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นปัญหาหรือคำถามแล้ว ทำการสืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูลและมีการบูรณาการความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลและนำมาประกอบการตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา การวางแผนและออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ เพื่อเลือกแนวทางหรือวิธีการซึ่งมีความเหมาะสมที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือการหาคำตอบในประเด็นที่ต้องการศึกษา และลงมือปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีการวางแผนและออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรมร่วมด้วย

ขั้นตอนที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูล ความรู้และแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อทดสอบชิ้นงานหรือวิธีการในการสืบเสาะหาความรู้ โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและการสื่อสาร โดยนำเสนอวิธีการออกแบบ การแก้ปัญหา รวมทั้งวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน

ขั้นตอนที่ 4 ขยายความรู้ ปรับปรุงกระบวนการออกแบบ การทดลอง ชิ้นงาน หรือแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับการต่อยอดความรู้ ซึ่งผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างเหมาะสมที่สุดเพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบ การทดลอง ชิ้นงาน หรือแนวทางการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ขั้นตอนที่ 5 การวัดและประเมินผล เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ สะท้อนความคิดเห็นต่อวิธีการแก้ปัญหา และร่วมกันตรวจทานงานหรือตรวจสอบผลงานเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไปหรือเป็นเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ

2. สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกมาตามกรอบการประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA ดังนี้ (OECD, 2013, p15)

- 2.1 นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์
- 2.2 นักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 2.3 นักเรียนสามารถเสนอวิธีการสำรวจจากประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
- 2.4 นักเรียนสามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

2.5 นักเรียนสามารถอธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบายได้

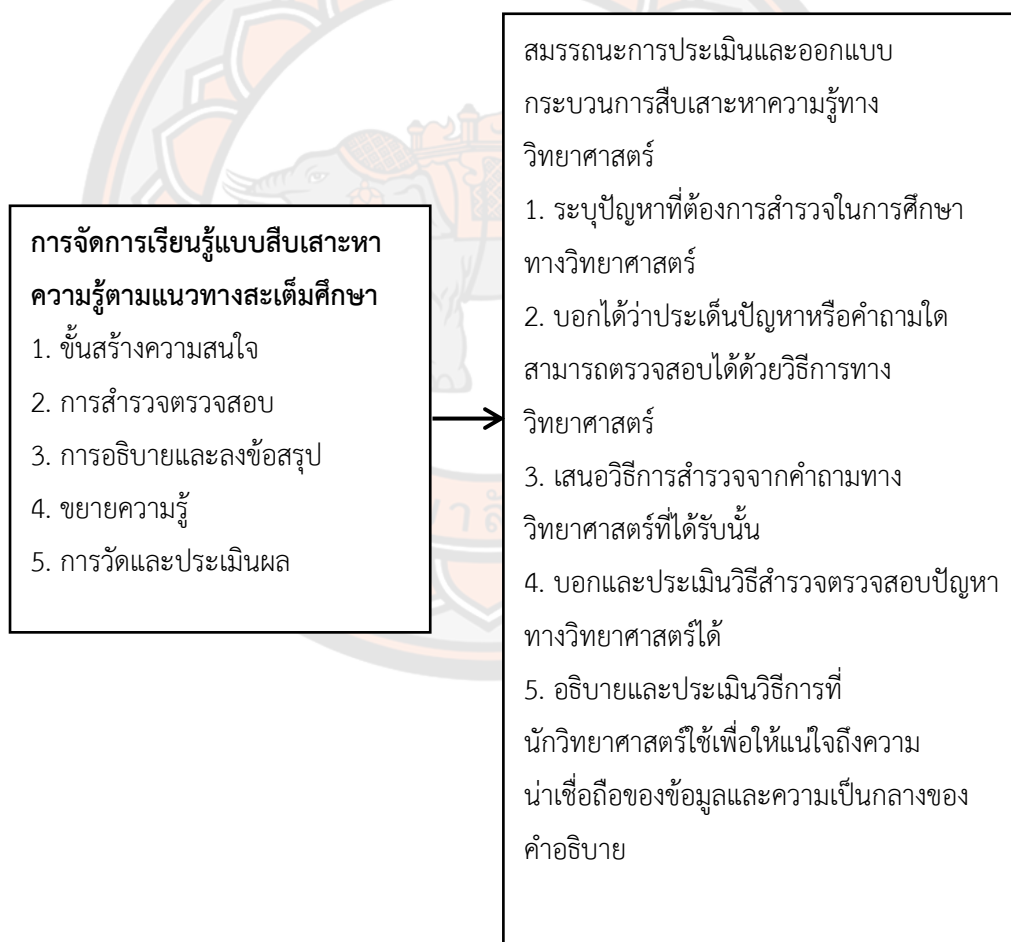
3. นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดกำแพงเพชร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 26 คนประกอบด้วยนักเรียนชายจำนวน 4 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 22 คน ซึ่งได้เลือกแบบเจาะจง

4. แบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ

(Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ในปี ค.ศ.2015 เพื่อวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเรืองวิทย์พิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยมีรูปแบบการทดสอบดังนี้ (OECD, 2013)

- 4.1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- 4.2 แบบทดสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน
- 4.3 แบบทดสอบแบบเขียนตอบแบบอิสระ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีรายละเอียด ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)
 - 1.1 มาตรฐานและตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.2 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน
 - 2.1 วิสัยทัศน์
 - 2.2 จุดมุ่งหมาย
 - 2.3 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
 - 2.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์
 - 2.5 โครงสร้างหลักสูตร
3. สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
 - 3.1 กรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ PISA 2015
 - 3.2 การวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 4.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 4.1.1 ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 4.1.2 ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 4.1.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 4.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 4.2.1 ความหมายการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 4.2.2 ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 4.2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

(ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้อันซับซ้อนกับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กำหนดสาระการเรียนรู้ 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี รวมทั้งยังมีสาระเพิ่มเติมอีก 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ มีรายละเอียดดังนี้

1. มาตรฐานและตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยมีโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสารความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ว 2.1 ม.5/13 ระบุว่าสารเกิดการละลายแบบแตกตัวหรือไม่แตกตัว พร้อมให้เหตุผลและระบุว่าสารละลายที่ได้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรืออนอิเล็กโทรไลต์

ว 2.1 ม.5/16 ระบุสมบัติความเป็นกรด-เบส จากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

1.2 สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ

เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

ว 4.1 ม.1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวม
วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ว 4.1 ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม
วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการ
แก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ว 4.1 ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และ
ตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้
ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผน
ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ว 4.1 ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้เหตุผลของปัญหาหรือ
ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา
พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยมีโดยมีรายละเอียด
ดังนี้

1. การแก้ไขปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์
วางแผน แก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ พร้อม
ทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

2. การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุน
หรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รับรอง

2. หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน

จากการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา พบว่าโรงเรียนมีบริบทและเป้าหมายในการพัฒนา
ผู้เรียนโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. วิสัยทัศน์

โรงเรียนได้ส่งเสริมการจัดการศึกษาสู่มาตรฐานสากล พร้อมเข้าสู่ประชาคมอาเซียน
โดยเน้นผู้เรียนให้มีคุณธรรมจริยธรรม บนพื้นฐานของความเป็นไทย ภายในปีพุทธศักราช 2560

2. จุดมุ่งหมาย

2.1 นักเรียนมีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2.2 นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม มีความเป็นไทย ห่างไกลจากยาเสพติด น้อมนำหลักเศรษฐกิจพอเพียงสู่การปฏิบัติ

2.3 นักเรียนมีโอกาสเสมอกันในการรับการศึกษาขั้นพื้นฐานอย่างมีคุณภาพ

3. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการดังนี้

3.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

3.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่าง ถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

3.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

3.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

4. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรสถานศึกษามุ่งพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนด้านคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่กำหนดขึ้นโดยพิจารณาจากสภาพของสังคม และการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคปัจจุบัน ซึ่งทำให้มีความจำเป็นต้องเน้นและปลูกฝังลักษณะดังกล่าวให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนทุกคนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาในองค์รวมทั้งด้านสติปัญญา และคุณธรรม อันจะนำไปสู่ความเจริญก้าวหน้าและความมั่นคงสงบสุขในสังคม โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 4.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- 4.2 ซื่อสัตย์สุจริต
- 4.3 มีวินัย
- 4.4 ใฝ่เรียนรู้
- 4.5 อยู่อย่างพอเพียง
- 4.6 มุ่งมั่นในการทำงาน
- 4.7 รักความเป็นไทย
- 4.8 มีจิตสาธารณะ

จากการศึกษาวิจัยทัศน์ จุดมุ่งหมาย สมรรถนะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของโรงเรียน สรุปได้ว่าโรงเรียนมีเป้าหมายในการพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา มีความสามารถในการสื่อสาร การค้นคว้าความรู้ และคิดแก้ไขปัญหาเพื่อสามารถนำความรู้ไปใช้จริงในชีวิตประจำวัน รวมถึงเป็นผู้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพื่อนำไปสู่การเป็นพลเมืองที่ดีในสังคมและดำรงชีวิตอยู่ในวังสังคมได้อย่างสงบสุข

5. โครงสร้างหลักสูตร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์)

มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลเคมี และกรด เบส มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ศึกษาความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทดลองเพื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารจากกราฟ ศึกษาและวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ทฤษฎีจลน์และการชนกันของอนุภาค การเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา และการใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการเรียนรู้

1. บอกความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

2. เขียนและแปลความหมายกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลา รวมทั้งสามารถหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากกราฟได้

3. อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์และการชนกันของอนุภาค และการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์

4. แปลความหมายกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินของปฏิกิริยาเคมีและสามารถระบุได้ว่าเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงานได้

5. ระบุปัจจัยต่างๆที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวยับยั้งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

6. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลองในเรื่อง ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

ศึกษาปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ การเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับและปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ทดลองเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างสถานะสมดุลในสารละลายอิมตัว สมดุลไดนามิก ศึกษาและทดลองสมดุลเคมีในปฏิกิริยา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารต่างๆ ณ ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี คำนวณหาค่าคงที่ของสมดุลและหาความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยา ณ ภาวะสมดุล ทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น ความดัน อุณหภูมิต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุล หลักของเลอชาเตอลิเอและการนำหลักของเลอชาเตอลิเอไปใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม กระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้ ภาวะสมดุล สมดุลระหว่างสถานะสมดุลในสารละลายอิมตัว สมดุลในปฏิกิริยาเคมี ค่าคงที่สมดุล และสมบัติต่างๆ ของระบบ ณ ภาวะสมดุลเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับสารผลิตภัณฑ์ ณ ภาวะสมดุล และคำนวณค่าคงที่สมดุลและความเข้มข้นของสารต่างๆ ณ ภาวะสมดุลได้

2. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลของระบบ พร้อมทั้งอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบถูกรบกวน และระบุปัจจัยที่มีผลต่อค่าคงที่สมดุลพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้อธิบายการปรับตัวของระบบเพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลโดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอ รวมทั้งการเลือกภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สูงในอุตสาหกรรมได้อธิบายการเกิดสมดุลเคมีในกระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้

3. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลอง ในเรื่อง ปฏิกริยาระหว่าง CuSO_4 กับ HCl การทดสอบ Fe^{3+} Fe^{2+} และ I_2 และการทดสอบภาวะ สมดุลระหว่าง Fe^{3+} กับ Fe^{2+} การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกับภาวะสมดุล และการศึกษาผลของ ความดันและอุณหภูมิต่อภาวะสมดุล

ศึกษาและทดลองสมบัติบางประการของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลาย นอนอิเล็กโทรไลต์ ประเภทของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ศึกษาไอออนในสารละลายกรดและเบส ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอน โพรตอนของสารละลายกรด-เบส ศึกษาคู่กรด-เบส การคำนวณและการเขียนสมการการแตกตัวของ กรด-เบส การคำนวณค่าคงที่การแตกตัวเป็นไอออนของกรดอ่อนและเบสอ่อน ศึกษาและทดลองการ แตกตัวเป็นไอออนของน้ำ การคำนวณค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ pH ของสารละลาย และการคำนวณ ค่า pH อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันและในสิ่งมีชีวิต ศึกษาและ ทดลองเรื่องปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาการเกิดเกลือจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกับ สารละลายเบส ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ ศึกษาเกี่ยวกับการไทเทรตสารละลายกรด-เบส การ เขียนกราฟและการหาจุดสมมูลจากกราฟของการไทเทรตและคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย กรด-เบส ศึกษาหลักการเลือกใช้อินดิเคเตอร์สำหรับไทเทรตกรด-เบส การประยุกต์ความรู้ เรื่องการ ไทเทรตไปใช้ในชีวิตประจำวัน ศึกษาและทดลองสมบัติความเป็นบัฟเฟอร์ของสารละลาย

ผลการเรียนรู้

1. ระบุ และอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิส
2. ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี
3. คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและ เบส
4. คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของ สารละลายกรดและเบส
5. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของ สารละลายหลังการสะเทิน
6. เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลาย เกลือ
7. ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรตและเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับการไทเทรตกรด-เบส
8. คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต

9. อธิบายสมบัติองค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์

10. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส

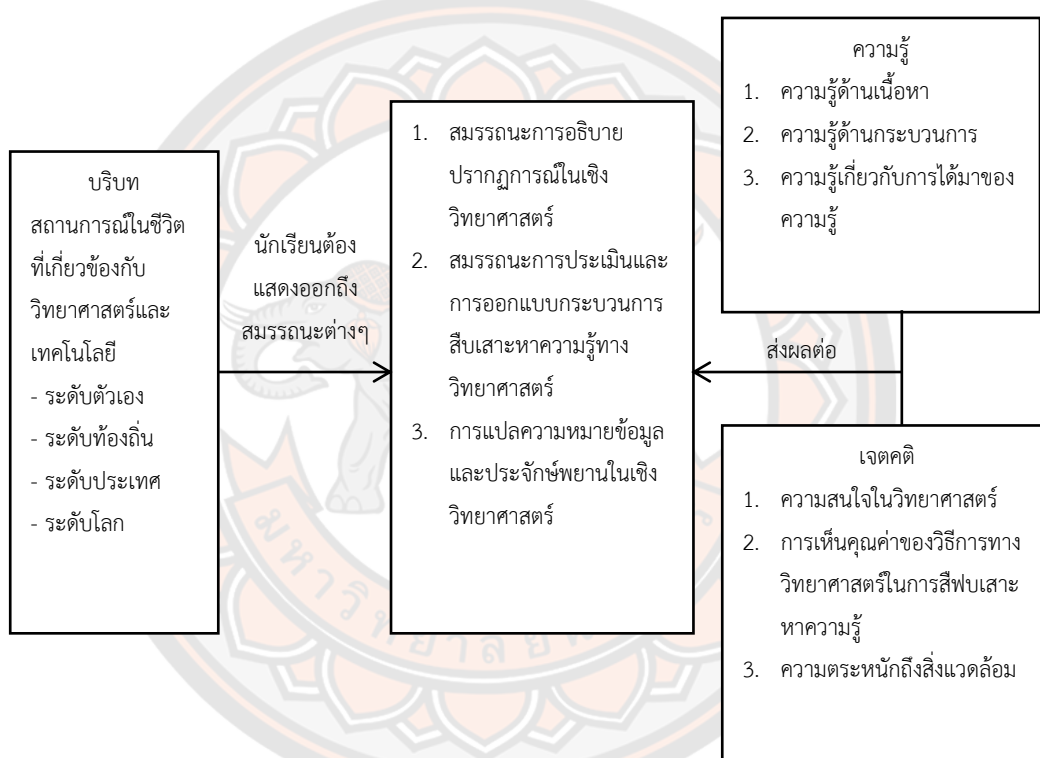
โดยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กรด เบส มีความเกี่ยวข้องในงานวิจัยครั้งนี้อยู่ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสารละลายกรด-เบส ใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้มีความสามารถในการตัดสินใจ แก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กรด เบส โดยมี เรื่องย่อย 3 เรื่อง คือ 1) pH ของสารละลายและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส 2) ปฏิกริยาของกรดและเบส 3) กรด-เบสในชีวิตประจำวันและในสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการทดสอบการวัดสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นั้นอิงตามผลการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามกรอบการรู้วิทยาศาสตร์สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในปี ค.ศ.2015 ซึ่งในการวิจัยจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง กรด เบส มุ่งพัฒนานักเรียนให้บรรลุตามผลการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามกรอบการรู้วิทยาศาสตร์สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินได้จากการสังเกตพฤติกรรมและการทดสอบวัดความรู้และวัดสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3. สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1. กรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

สิ่งหนึ่งที่ PISA ให้ความสำคัญในการประเมิน คือการใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่างอย่างหลากหลายในการการจดการกับประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การเลือกวิธีการที่ใช้จะขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของประเด็นปัญหานั้น ซึ่งปัญหาเดียวกันแต่อยู่ในสถานการณ์ต่างกันอาจเลือกใช้วิธีที่แตกต่างกันก็ได้ โดยการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ PISA 2015 ได้ให้ความหมายการรู้วิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถของบุคคลที่เชื่อมโยงสิ่งต่างๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไตร่ตรอง ซึ่งกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย บริบท สมรรถนะ ความรู้และเจตคติ โดยทั้ง 4 องค์ประกอบนี้มีความสัมพันธ์กัน

เนื่องจากแบบทดสอบของ PISA 2015 นั้นอยู่ในสถานการณ์ที่หลากหลายที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงที่เกิดขึ้นกับตัวเอง ท้องถิ่น ประเทศ หรือเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของโลก โดยที่นักเรียนต้องใช้ความรู้ที่มีใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสมเหตุสมผลตามแนวทางวิทยาศาสตร์และในการแก้ปัญหานั้นไม่อาจใช้ความรู้เพียงอย่างเดียวยังมีเจตคติต่างๆ ที่ในการแก้ไขปัญหาด้วย ซึ่งการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 ประกอบด้วย องค์ประกอบ คือบริบท สมรรถนะ ความรู้ และเจตคติโดยแสดงรายละเอียดดังนี้ (OECD, 2013)



ภาพ 2 แสดงกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015

1.1 สถานการณ์และบริบทของวิทยาศาสตร์

การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ PISA 2015 ให้ความสำคัญในการประเมินคือการใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์การที่หลากหลายเพื่อแก้ไขปัญหา โดยการเลือกวิธีการที่ใช้จะขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของประเด็นปัญหานั้น ปัญหาเดียวกันแต่อยู่ในสถานการณ์หรือบริบทต่างกัน วิธีการที่เลือกใช้ก็ต่างกัน การประเมินไม่ใช่การทดสอบความรู้หรือความเข้าใจในเนื้อหา

หลักสูตร แต่เป็นการประเมินการใช้วิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต ซึ่งสถานการณ์ในการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

1.1.1 ระดับบุคคล คือ วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องของกับตัวเอง ครอบครัว และเพื่อน

1.1.2 ระดับท้องถิ่นและระดับชาติ คือ วิทยาศาสตร์สิ่งที่เป็นประเด็นร้อนที่ส่งผลกระทบต่อสังคม วัฒนธรรม สุขภาพ หรือชีวิตมนุษย์

1.1.3 ระดับโลก คือ วิทยาศาสตร์ที่มีผลกระทบต่อสังคมโลกหรือต่ออนาคต

สถานการณ์ในการประเมินมีเกี่ยวข้องกับนักเรียนที่ไม่จำกัดอยู่เฉพาะสถานการณ์ภายในโรงเรียนเท่านั้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 เรื่อง ได้แก่ สุขภาพและโรค ทรัพยากรธรรมชาติ คุณภาพสิ่งแวดล้อม อันตราย พิษภัย และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการนำความรู้จากการเรียนมาใช้แก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ และการรักษาคุณภาพชีวิตในระดับบุคคล สังคม รวมไปถึงในรั้วรับโลก

ตาราง 1 แสดงระดับของบริบท

สำหรับการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015

บริบท	ระดับบุคคล	ระดับท้องถิ่น/ชาติ	ระดับโลก
สุขภาพและโรค	การรักษา สุขภาพ อุบัติเหตุ สารอาหาร	การควบคุมโลก การ แพร่กระจายในสังคม การเลือกอาหาร สุขภาพชุมชน	โรคระบาด การแพร่ ระบาดของโรค
ทรัพยากรธรรมชาติ	การใช้ทรัพยากรและ พลังงาน	การรักษาประชากร คุณภาพชีวิต ความ ปลอดภัยการผลิตและ กระจายอาหาร พลังงานสำรอง	ทรัพยากรธรรมชาติที่ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ และไม่ได้ การเติบโต ของประชากร ความ เหมาะสมในการใช้ ทรัพยากร การอนุรักษ์ สิ่งมีชีวิตที่ใกล้สูญพันธุ์
คุณภาพสิ่งแวดล้อม	การเป็นมิตรกับ สิ่งแวดล้อม การใช้และ การจัดวัสดุอุปกรณ์ ต่างๆ	การกระจายตัวของ ประชากร การกำจัด ของเสีย ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม	ความหลากหลายทาง ชีวภาพการรักษาระบบ นิเวศอย่างยั่งยืนการ ควบคุมมลพิษ การ

บริบท	ระดับบุคคล	ระดับท้องถิ่น/ชาติ	ระดับโลก
			ผลิตและสูญเสียมวล ทางชีวภาพ
อันตราย พิษภัย	การประเมินความเสี่ยง ในชีวิต	การเปลี่ยนแปลงอย่าง รวดเร็ว (เช่น แผ่นดินไหว พายุ คลื่น ยักษ์) การ เปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ (การกัดเซาะชายฝั่ง ทะเล การตกตะกอน ทบถม) การประเมิน ความเสี่ยง	การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ และ ผลกระทบจากการ ติดต่อสื่อสารสมัยใหม่
วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี	งานอดิเรกทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ส่วนบุคคลกิจกรรม ดนตรีและกีฬา	เทคโนโลยีวัสดุ อุปกรณ์และ กระบวนการ แร่ ตัดแปลงพันธุกรรม เทคโนโลยีเพื่อสุขภาพ การขนส่ง	การสูญพันธุ์ของ สิ่งมีชีวิต การสำรวจ อวกาศการเกิดและ โครงสร้างของจักรวาล

ในการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้บริบทอย่างหลากหลายที่มีความเชื่อมโยงกับเรื่อง กรด-เบส ซึ่งเกี่ยวข้องข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและมีความสอดคล้องกับสถานการณ์ในบริบทของ PISA 2015 เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยการสร้างความสนใจและความตระหนักถึงคุณค่าของบริบทจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง โดยบริบทประกอบด้วย 2 บริบท ได้แก่บริบทสร้างความสนใจจะเป็นบริบทที่กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมและเป็นกรอบในการจัดกิจกรรม และบริบทที่คล้ายคลึง จะเป็นที่ส่งเสริมให้นักเรียนหาความรู้เพื่อนำความรู้มาออกแบบและเลือกวิธีแก้ไขปัญหาในสถานการณ์อื่นๆ

1.2 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ในปี ค.ศ. 2015 ให้ความสำคัญกับการรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์นำมาวิเคราะห์ข้อมูล และเป็นความสามารถที่ทุกคนคาดว่าจะต้องใช้ระหว่างช่วงการดำรงชีวิต เพื่อให้เข้าใจและมีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1.2.1 สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการดึงความรู้มาใช้อธิบาย เหตุการณ์ที่กำหนดอย่างเหมาะสมที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถดังนี้

- 1) นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล
- 2) ระบุ ใช้ และสร้างรูปแบบการอธิบายและการแสดงข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย
- 3) พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล
- 4) เสนอสมมติฐานในการอธิบาย
- 5) อธิบายถึงศักยภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อ

อธิบาย

สังคม

1.2.2 สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์

การประเมินและออกแบบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้อธิบายและนำเสนอวิธีการที่อยู่ในคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถดังนี้

- 1) ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์
- 2) บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 3) เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
- 4) บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
- 5) อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความ

น่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

สมรรถนะนี้นักเรียนจะต้องระบุประเด็นปัญหา แยกแยะประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ออกจากประเด็นปัญหาอื่นหรือสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในหลายรูปแบบที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้บริบทที่กำหนด

1.2.3 สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะที่หลากหลายและทำการสรุปผลอย่างเหมาะสมที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถดังนี้

- 1) เปลี่ยนแปลงข้อมูลในการนำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปยังรูปแบบอื่นๆ
- 2) วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป
- 3) ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวข้องทางวิทยาศาสตร์
- 4) แยกแยะระหว่างข้อมูลโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการพิจารณาจากสิ่งอื่นๆ
- 5) ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย

จากการศึกษาและวิเคราะห์สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 สมรรถนะ สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากนักเรียนจะต้องสามารถระบุปัญหา แยกแยะปัญหาหรือวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายรูปแบบที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ภายใต้บริบทที่กำหนดให้ ซึ่งยังขาดการส่งเสริมและประสบกับปัญหาดังที่กล่าวมาในบทที่ 1 ซึ่งในการหาความรู้ต้องใช้ความเข้าใจในความรู้วิทยาศาสตร์ที่จะสืบค้นข้อมูลเพื่อที่จะประเมินและออกแบบจากแก้ไขปัญหานั้นต้องอาศัยกระบวนการและวิธีการที่ใช้ในการสร้างองค์ความรู้มีส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่ใช้ตัดสินใจเลือกกระบวนการและวิธีการแก้ปัญหอย่างเหมาะสม (OECD, 2013, pp. 14-17)

1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 ในการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความรู้ด้านกระบวนการวิทยาศาสตร์ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้

1.3.1 ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์

การประเมินการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีเนื้อหาจากสาขาหลักของฟิสิกส์ เคมี

- 1) เนื้อหาต้องมีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
- 2) เนื้อหาต้องอธิบายกรอบความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญหรือทฤษฎีที่เป็นการอธิบายส่วนสำคัญที่เป็นประโยชน์
- 3) เนื้อหาต้องมีความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนที่มีอายุในช่วง 15ปี

ตาราง 2 แสดงกรอบโครงสร้างความรู้วิทยาศาสตร์

ระบบทางกายภาพ
<ol style="list-style-type: none"> 1. โครงสร้างของสสาร เช่น อนุภาค พื้นธะ 2. สมบัติของสสาร เช่น การเปลี่ยนสถานะ การนำความร้อน และการนำไฟฟ้า 3. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การถ่ายโอนพลังงาน กรด-เบส 4. การเคลื่อนที่และแรง เช่น ความเร็ว แรงเสียดทาน 5. สนามของแรง เช่น สนามแม่เหล็ก แรงโน้มถ่วงและแรงทางไฟฟ้าสถิต 6. พลังงานและการถ่ายโอน เช่น การอนุรักษ์พลังงาน ปฏิกริยาเคมี 7. การปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและสสาร เช่น คลื่นแสง คลื่นวิทยุ คลื่นเสียง และคลื่นแผ่นดินไหว
ระบบสิ่งมีชีวิต
<ol style="list-style-type: none"> 1. เซลล์ เช่น โครงสร้างและหน้าที่ DNA พืชและสัตว์ 2. มโนทัศน์ของสิ่งมีชีวิต เช่น สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ 3. มนุษย์ เช่น สุขภาพ โภชนาการ ระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบย่อยอาหาร ระบบหายใจ ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบขับถ่าย รวมถึงความสัมพันธ์ของระบบสืบพันธุ์ 4. ประชากร เช่น เผ่าพันธุ์ วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีววิทยา ความแปรผันทางพันธุกรรม 5. ระบบนิเวศ เช่น ห่วงโซ่อาหาร การถ่ายทอดสารและพลังงาน 6. ไบโอสเฟีย เช่น การอนุรักษ์และความยั่งยืนของระบบนิเวศ
ระบบของโลกและอวกาศ
<ol style="list-style-type: none"> 1. โครงสร้างของโลกทั้งระบบ เช่น ผิวโลก บรรยากาศ พื้นน้ำ 2. พลังงานในระบบโลก เช่น แหล่งพลังงาน ดิน ฟ้า และอากาศของโลก 3. การเปลี่ยนแปลงในระบบโลก เช่น การเกิดขึ้นดิน ระบบทางเคมีในพื้นที่โลก แรงที่สร้างและทำลายโลก
ระบบของโลกและอวกาศ
<ol style="list-style-type: none"> 4. ประวัติศาสตร์ของโลก เช่น ฟอสซิล การเริ่มต้นของโลกและวิวัฒนาการ 5. โลกและอวกาศ เช่น แรงโน้มถ่วง และระบบสุริยะ 6. หน่วยการวัดเอกภพ เช่น ปีแสง ทฤษฎีบิกแบง

1.3.2 ความรู้ด้านกระบวนการ

จุดมุ่งหมายเบื้องต้นของวิทยาศาสตร์คือ การสร้างคำอธิบายเหตุผล ข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก โดยใช้เหตุผลที่ผ่านการทดลองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่อาศัยการสังเกต การสืบเสาะหาความรู้ การตรวจสอบหรือทดลองที่มีความน่าเชื่อถือ เช่น มีการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม เพื่อหาข้อเท็จจริงจากหลักฐานหรือข้อมูล ประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ รูปแบบการเก็บข้อมูลและวิธีการนำเสนอข้อมูล วิธีการที่จะลดความผิดพลาด ซึ่งเป็นความรู้ของแนวคิดและกระบวนการที่มีความจำเป็นสำหรับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และการตีความจากข้อมูลหรือหลักฐาน ความรู้ดังกล่าวก่อให้เกิดความรู้ด้านกระบวนการ ความรู้ด้านกระบวนการเหมือนกับกระบวนการมาตรฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องนั้นต้องหาเหตุผลมาสนับสนุนข้อมูล เช่น ความรู้เชิงวิชาการเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเป็นมีส่วนสำคัญในการตรวจสอบหรือนำมาสนับสนุนหลักฐานที่อาจนำมาสนับสนุนสมมติฐานหรือหรือสิ่งที่คาดหวัง ดังเช่น นักเรียนจะรู้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีระดับที่แตกต่างกันของความน่าเชื่อถือและความถูกต้องในหลายระดับ ความน่าเชื่อนั้นมีความสัมพันธ์กับบุคคลและความสามารถในการอธิบายเหตุผล ซึ่งวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็มีความแตกต่างกันเช่นกัน ทั้งนี้แต่ละวิธีก็สามารถอธิบายได้ว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น ซึ่งมีรอบความรู้ด้านกระบวนการ ดังนี้

ตาราง 3 แสดงกรอบความรู้ด้านกระบวนการ

ความรู้ด้านกระบวนการ

1. กรอบความคิดของตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม
2. ความเข้าใจในการวัด เช่น วัดเชิงปริมาณ วัดเชิงคุณภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบการวัด ตัวแปร จัดกลุ่มและตัวแปรต่อเนื่อง
3. การประเมินและลดความคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทำซ้ำ การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น
4. กลไกความน่าเชื่อถือโดยข้อมูลต้องมีความเที่ยงคือเป็นการทำซ้ำที่ส่งผลให้การทดลองมีค่าใกล้เคียงกันและความแม่นยำคือเป็นการทำซ้ำที่ส่งผลให้การทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริง
5. แนวทางโดยทั่วไปของการคิดในเชิงทฤษฎีและการแสดงข้อมูลโดยใช้ตาราง กราฟ และแผนภาพวงกลม
6. การควบคุมวิธีการที่เปลี่ยนแปลงได้และการออกแบบการทดลองหรือการใช้การทดลองซึ่งถูกควบคุมโดยการสุ่มเพื่อหลีกเลี่ยงการความสับสนในการหาค่าตอบและระบุถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ของโลกและกระบวนการต่างๆ เป็นต้น
7. ธรรมชาติของการออกแบบที่เหมาะสมสำหรับการให้คำตอบทางวิทยาศาสตร์ เช่น วิธีการทดลอง พื้นฐานสาขาวิชา และรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้

1.3.3 ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้

ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและคุณสมบัติที่จำเป็นต่อกระบวนการสร้างความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์และเป็นบทบาทสำคัญที่จะนำความรู้มาใช้ในการตัดสินใจ เช่น สมมติฐาน ทฤษฎีหรือการสังเกต และเป็นบทบาทสำคัญในการเลือกวิธีการที่เราใช้ในสิ่งที่เรารู้ การสร้างรูปแบบโดยการดำเนินตามทฤษฎีหรือทางคณิตศาสตร์เป็นคุณลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์และรูปแบบดังกล่าวจะคล้ายกับแผนที่มากกว่าภาพที่มีความถูกต้องของวัสดุ เช่น แบบจำลองของอะตอม ซึ่งสามารถอธิบายด้วยแบบจำลองอะตอมของโบร์ เป็นรูปแบบที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับความรู้เรื่องแบบจำลองอะตอมและส่วนประกอบของอะตอม แสดงให้เห็นว่าความคิดของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่เป็นเช่นเดียวกับแนวคิดทฤษฎีในภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันจะใช้คำว่าเดาหรือรางสัจธรรม ในขณะที่ความรู้ที่เป็นขั้นตอนจะต้องอธิบายสิ่งที่มีความหมาย โดยการควบคุมของตัวแปร ความสามารถในการอธิบายว่าทำไมการใช้การควบคุมตัวแปรหรือการจำลองแบบของการวัดเป็นศูนย์กลางในการสร้างความรู้ในทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้เรื่องทฤษฎีวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ส่วนบุคคลที่มีความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์นั้นจะเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์มีการค้นพบข้อมูลที่จะนำไปสู่การนำความรู้และข้อโต้แย้งได้ ซึ่งเป็นลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขัดแย้งบางอย่างในทาง

วิทยาศาสตร์ของสมมติฐาน เช่น การโต้แย้งของโคเปอร์นิคัสสำหรับระบบ heliocentric การเข้าใจในเรื่องนี้อาจเป็นบทบาทสำคัญของกลไกการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ คุณสมบัติที่เกิดขึ้นเป็นแนวทางในการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นรากฐานสำหรับความเชื่อในการเรียกร้องที่จะให้วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับธรรมชาติ

1.4 เจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของตัวบุคคลนั้นมีบทบาทสำคัญต่อความสนใจและการตอบสนองต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและต่อปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นกับตัวบุคคลโดยตรง เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์คือเพื่อพัฒนาเจตคติของนักเรียน ซึ่งจะนำไปสู่การมีส่วนร่วมในประเด็นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อประโยชน์ส่วนบุคคล ชุมชน ประเทศชาติ ระดับโลกและนำไปสู่การพัฒนาสมรรถภาพของตัวนักเรียนเองด้วย เจตคติเป็นอีกปัจจัยหนึ่งของกรอบการรู้วิทยาศาสตร์คือ บุคคลที่มีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะ ดังนี้ มีเจตคติ ความเชื่อ แนวทางการสร้างแรงจูงใจ สมรรถนะและเห็นคุณค่าของตนเอง โครงสร้างเจตคติในโครงการ PSA นี้เขียนจากโครงสร้างของคอปเฟอร์ (Kopfe) ที่สำรวจเจตคติในการเรียนวิทยาศาสตร์ จึงต้องมีการวัดทัศนคติโดยใช้แบบสอบถามสำหรับทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็น ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงของเขตการประเมินความสนใจและเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์

ความสนใจในวิทยาศาสตร์	
เจตคติที่มีข้อบ่งชี้ดังนี้	
1.	ความอยากรู้อยากเห็นในวิทยาศาสตร์และประเด็นทางวิทยาศาสตร์ และมีความพยายาม
2.	ความตั้งใจที่จะเรียนรู้ทักษะและความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม รวมถึงเรียนรู้การใช้แหล่งข้อมูลและวิธีการที่หลากหลาย
3.	มีความสนใจในวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง รวมถึงการพิจารณาสายงานที่เกี่ยวข้องทางวิทยาศาสตร์
ระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์จะวัดตามโครงสร้างดังต่อไปนี้	
1.	มีความสนใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ : เป็นการวัดว่านักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้เกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยามนุษย์ ธรณีวิทยา กระบวนการและผลของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากเพียงใด
2.	มีความสุขกับวิทยาศาสตร์ : เป็นการวัดว่านักเรียนมีความชอบในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งในและนอกห้องเรียนมากเพียงใด
3.	กำหนดจุดมุ่งหมายของกิจกรรมด้านวิทยาศาสตร์ในอนาคต : เป็นการวัดระดับความสนใจ

ของนักเรียนที่ตั้งจุดมุ่งหมายในการทำงานในสายงานวิทยาศาสตร์หรือเรียนต่อทางด้าน
วิทยาศาสตร์

4. แรงจูงใจที่ช่วยเอื้อต่อการเรียนรู้ : เป็นการวัดขอบเขตแรงจูงใจภายนอกของนักเรียนต่อการ
เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการเสนอโอกาสในการทำงาน
5. การเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ : เป็นการวัดว่านักเรียนให้เกียรติบุคคลในสายงานทาง
วิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันในแต่ละอาชีพมากเพียงใด
6. สมรรถภาพของตนเอทางวิทยาศาสตร์ : เป็นการวัดว่านักเรียนสามารถรู้และเข้าใจ
วิทยาศาสตร์
7. การเคารพเกียรติในวิชาชีพเฉพาะทาง : เป็นการวัดว่านักเรียนมองว่าวิทยาศาสตร์มีคุณค่า
ต่อนักเรียนอย่างไร
8. การใช้เทคโนโลยี : เป็นการวัดระดับการเข้าถึงและการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยของวัยรุ่น
9. ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์นอกโรงเรียน : เป็นการวัดความครอบคลุมของหลักสูตร
เพิ่มเติมและกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ภายนอกโรงเรียนที่นักเรียนสามารถมีส่วนร่วม
10. อาชีพที่ใฝ่ฝัน : เป็นการวัดที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายโดยวัดความประสงค์ของ
นักเรียนที่มีต่อสายอาชีพทางวิทยาศาสตร์
11. การเตรียมพร้อมของโรงเรียนสำหรับสายอาชีพทางวิทยาศาสตร์ : เป็นการวัดว่านักเรียนสีก
ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ภายในโรงเรียนและเตรียมความพร้อมโดยให้ความรู้และทักษะแก่
นักเรียนเพื่อที่จะนำไปใช้ในสายอาชีพทางวิทยาศาสตร์
12. การให้ข้อมูลเกี่ยวกับสายอาชีพทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน : เป็นการวัดว่านักเรียนมีความรู้
กว้างขวางเกี่ยวกับสายอาชีพทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสามารถเป็นได้

การเห็นคุณค่าของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้

เจตคติที่มีข้อบ่งชี้ดังนี้

1. ความมุ่งมั่นในการใช้ประจักษ์พยานซึ่งเป็นพื้นฐานของความเชื่อและอธิบายประจักษ์ที่
ยอมรับของสากล
 2. มีความมุ่งมั่นในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ที่เหมาะสม
 3. เห็นคุณค่าของคำติชมหรือคำวิจารณ์ นำไปสู่การสร้างความถูกต้องของความคิดที่เป็นเหตุ
เป็นผล
-

ความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม

เจตคติมีข้อบ่งชี้ดังนี้

1. การตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาเพื่อชีวิตที่ยั่งยืน
2. การมีพฤติกรรมที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมและรรณรงค์ให้มีความห่วงใยต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

องค์ประกอบของความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมจะวัดตามโครงสร้างดังต่อไปนี้

1. ความตระหนักถึงประเด็นทางสิ่งแวดล้อม : เป็นการวัดความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน
 2. การรับรู้และเข้าใจถึงประเด็นทางสิ่งแวดล้อม : เป็นการวัดความตระหนักของนักเรียนเกี่ยวกับประเด็นทางสิ่งแวดล้อม
 3. การมองสิ่งแวดล้อมในแง่ดี : เป็นการวัดความเชื่อของนักเรียนว่ามนุษย์สามารถมีส่วนร่วมในการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน
-

ทั้งนี้จะบรรลุเป้าประสงค์ของการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาได้นั้น ต้องทำให้นักเรียนเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งของสังคม

2. การวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการประเมินด้านความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการประเมินในแต่ละเรื่องประกอบด้วยบริบทหรือสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับตัวเอง ท้องถิ่น ประเทศ หรือสถานการณ์ของโลก ที่เน้นการประเมินตามสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2013, p13) ซึ่งมีตัวชี้วัดทั้งหมด 5 ตัวชี้วัด ได้แก่

- 2.1 ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์
- 2.2 บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 2.3 เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
- 2.4 บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

2.5 อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

แบบทดสอบประเมินความรู้วิทยาศาสตร์อาจเป็นการเขียนตอบแบบสั้นๆ การเขียนแผนภาพหรือกราฟประกอบ ซึ่งมีรูปแบบการประเมิน 3 รูปแบบ คือ การเลือกตอบ 4 ตัวเลือก การเลือกตอบเชิงซ้อน การเขียนตอบแบบอิสระ

2.1 รูปแบบประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบของข้อสอบการวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์มี 3 แบบ ดังต่อไปนี้

2.1.1 ข้อสอบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบจากตัวเลือกทั้ง 4 ตัวเลือก

2.1.2 ข้อสอบแบบเขียนคำตอบ เป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนเขียนคำตอบแบบสั้นๆ หรือเนื้อความจากตาราง แผนภาพ และการเลือกตอบเชิงซ้อน

2.1.3 ข้อสอบเขียนตอบแบบอิสระ เป็นข้อสอบที่ให้นักเรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ ที่มีเหตุผลอธิบายสอดคล้องกับคำถาม โดยมีเกณฑ์คือ คำตอบอธิบายเหตุผลถูกต้องทั้งหมด ตอบอธิบายถูกบางส่วน และคำตอบไม่มีเหตุผลสอดคล้องกับคำถาม การตรวจข้อสอบจะแยกตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2.2 รูปแบบการประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบการประเมินตามกรอบการประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 โดยปรับเกณฑ์การประเมินเพื่อให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดของการประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ตัวชี้วัดที่ 1 ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 1

แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 1 ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
3	ระบุประเด็นปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ทั้งหมด
2	ระบุประเด็นปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้บางส่วน
1	ระบุประเด็นปัญหาได้แต่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้
0	ระบุประเด็นปัญหาไม่ได้

2.2.2 ตัวชี้วัดที่ 2 แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 6 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 2

แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 2 แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
3	สามารถแยกแยะประเด็นปัญหาได้มากกว่า 2 ประเด็นปัญหา
2	สามารถแยกแยะประเด็นปัญหาได้ 2 ประเด็นปัญหา
1	สามารถแยกแยะประเด็นปัญหาได้ 1 ประเด็นปัญหา
0	ไม่สามารถแยกแยะประเด็นปัญหาได้

2.2.3 ตัวชี้วัดที่ 3 เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

ตาราง 7 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 3

แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 3 เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
3	สามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสอดคล้องและถูกต้องทั้งหมด เลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องทั้งหมด และมีขั้นตอนและการบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องทั้งหมด
2	สามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสอดคล้องและถูกต้องบางส่วน เลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องบางส่วน และมีขั้นตอนและการบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องบางส่วน
1	สามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้แต่ไม่สอดคล้องและถูกต้อง เลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบได้ไม่ถูกต้อง และมีขั้นตอนและการบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ถูกต้อง
0	ไม่สามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้ ไม่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์สารเคมีในการตรวจสอบและขั้นตอนและการบวนการตรวจสอบตามกระบวนการทาง

คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
	วิทยาศาสตร์ได้

2.2.4 ตัวบ่งชี้ที่ 4 บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

ตาราง 8 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 4

แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 4 บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
3	สามารถประเมินวิธีการทดลองพร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องทั้งหมด
2	สามารถประเมินวิธีการทดลองพร้อมให้เหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน
1	สามารถประเมินวิธีการทดลองได้แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้
0	ไม่สามารถประเมินวิธีการทดลองได้

2.2.5 ตัวบ่งชี้ที่ 5 อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

ตาราง 9 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 5

แสดงเกณฑ์การให้คะแนนตัวชี้วัดที่ 5 อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

คะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
3	มีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้ถูกต้องทั้งหมด
2	มีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน
1	มีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองแต่ไม่สามารถปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้
0	ไม่มีการการทดลองซ้ำและระบุชุดควบคุมในการออกแบบการทดลองและการปฏิบัติการทดลองตามการออกแบบและอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล

ตาราง 10 แสดงระดับสมรรถนะการประเมิน

แสดงระดับสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

คะแนน	สมรรถนะของนักเรียน	เกณฑ์การตัดสิน
17-21	ดีมาก	นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ 11 ขึ้นไปหรือ ระดับดี ถือว่าผ่าน
12-16	ดี	
7-11	พอใช้	การประเมิน
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง	

จากเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยได้นำไปใช้ในการวัดประเมินนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบและใบกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดด้วยตนเอง รู้จักค้นคว้าหาเหตุผล และสามารถแก้ปัญหาได้ โดยการนำเอาวิธีการต่างๆ ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้นอกจากนี้ยังเป็นการเรียนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะการคิดอย่างมีระบบ โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ระยะแรกพัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ในเรื่องการปรับขยายโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Assimilation) การปรับหรือโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Accommodation) และการจัดระเบียบสิ่งเร้าใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Organization)

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 133) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หรือการสืบสอบ หมายถึง กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีหลายรูปแบบ มีการวิเคราะห์แยกปัญหาออกเป็นส่วน ๆ แล้วศึกษาอย่างเป็นระบบ

ทิตนา แคมมณี (2554, หน้า141) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึงผู้จัดการเรียนรู้กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาสู่คำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเองโดยผู้จัดการเรียนรู้ช่วยอำนวยความสะดวกในการ

เรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เช่น ด้านการสืบเสาะหาความรู้จากแหล่งข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การลงข้อสรุป และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 147) กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดกระบวนการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนค้นหาความจริงเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ และสำรวจตรวจสอบ ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยที่ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, หน้า 13) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง วิธีที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาองค์ความรู้ต่างๆ อย่างเป็นระบบ และนำเสนอคำอธิบายจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีที่หลากหลาย

จากแนวคิดดังกล่าว สรุปความหมายของการสืบเสาะหาความรู้คือเป็นเทคนิคหรือกลวิธีอย่างหนึ่งในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์กระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นเสาะแสวงหาความรู้โดยการถามคำถาม และพยายามค้นหาคำตอบ ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลาให้โอกาสแก่นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ ฝึกสร้างองค์ความรู้ โดยที่ครูเป็นผู้กำกับควบคุมดำเนินการให้คำปรึกษาเป็นผู้สนับสนุนชี้แนะ ช่วยเหลือตลอดจนแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอนให้กำลังใจเป็นผู้กระตุ้น ส่งเสริมให้นักเรียนคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง

2. องค์ประกอบสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ตามกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

2.1 ครู มีบทบาทที่สำคัญคือ เป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้าหาความรู้มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

2.1.1 เป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด โดยกำหนดปัญหาแล้วให้นักเรียนวางแผนหาคำตอบเอง หรือกระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาและวางแผนหาคำตอบเอง

2.1.2 เป็นผู้ให้การเสริมแรง โดยการให้รางวัล กล่าวชม เพื่อให้กำลังใจ เพื่อเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

2.1.3 เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยการบอกข้อดีข้อบกพร่องของผู้เรียน

2.1.4 เป็นผู้แนะนำและกำกับ เป็นผู้แนะนำเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิด และควบคุมไม่ให้ออกนอกกลุ่มนอกทาง

2.1.5 เป็นผู้จัดระเบียบ เป็นผู้จัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งอุปกรณ์สื่อการเรียนการสอนแก่ผู้เรียน

2.2 นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการทดลองหรือวางแผนการทดลองเพื่อหาคำตอบ หรือตั้งปัญหาและวางแผนการทดลองเพื่อหาคำตอบ การค้นหาคำตอบกระทำด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน และประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ระยะแรกพัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ในเรื่องการปรับขยายโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Assimilation) การปรับหรือโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Accommodation) และการจัดระเบียบสิ่งเร้าใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Organization) (ไพทอร์ย์ สุขศรีงาม. 2545 : อ้างอิงมาจาก Reilly and Lewis. 1983 : 60) ซึ่งมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) และขั้นการอธิบาย (Explanation) ซึ่งต่อมาโรเบิร์ต คาร์พลัส และคณะ ได้นำเสนอยุทธวิธีนี้เพื่อปรับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และพัฒนาทักษะกระบวนการเด็ก ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Science Curriculum Improvement Study : SCIS) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (Renner and Marek. 1990 : 241-246) คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept Introduction) และ การนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept Application) ขั้นตอน Mahasarakham Universityเหล่านี้ได้มีการจัดเรียงลำดับ และมีความสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ เพียเจต์ต่อมาได้มีกลุ่มนักการศึกษา BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้นำวิธีนี้มาใช้ และมีการพัฒนาวิธีการและขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ ออกเป็น 4 ขั้นตอน (Barman. 1989 : 28-31) ได้แก่ การสำรวจ(Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายความคิด (Expansion) และการประเมินผล(Evaluation) และในปีเดียวกันได้แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้จะมีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน กิจกรรมจะประกอบไปด้วย การซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมาย

2. การสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้ากิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติจะดำเนิน

ไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำ หรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

3. การอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรม หรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อ หรือแนวความคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและนำข้อมูลมาอภิปราย

4. การลงข้อสรุป (Elaboration) / ขั้นการขยายความคิด (Expansion phase) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่ อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเองเพื่อลงข้อสรุป เกิดเป็นแนวความคิดหลักขึ้นนักเรียนจะปรับแนวความคิดหลักของตัวเองในกรณีที่ไม่สอดคล้อง หรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้ โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้การประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไป ทั้งนี้รวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

จากขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็น 5 ขั้นตอน ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งหรือแต่ละแนวคิดจะเริ่มต้นจากขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนและจบลงโดยการประเมินผลผลที่ได้ก็จะถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนในครั้งต่อไป สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และนิกการศึกษาบางท่านเรียกว่าการสอนแบบสืบสวนสอบสวนหรือการสอนแบบสืบสวน ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกวิธีการเรียนรู้อย่างมีอิสระหรือประสบการณ์ตรง มีการทดลองและสรุปผลการทดลอง แก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาวิชาและกระบวนการสร้างแสวงหาความรู้ ได้มีผู้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หรือการสอนรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ครูผู้สอนจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่นหรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ทำให้ครูผู้สอนได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูผู้สอนควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียนและครูผู้สอนยังสามารถวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagcment Phase) ขั้นนี้เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือสิ่งที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสนใจของนักเรียนหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ยั่วให้นักเรียนเกิดความ

อยากรู้ อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่นักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูผู้สอนอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูผู้สอนเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูผู้สอนกำลังสนใจเป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สัมภาษณ์ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ ครูผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปภาพ ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจน เพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐาน แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) ขั้นนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้นและขยายกรอบแนวคิดของตนเองและต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไรและมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ ครูผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูผู้สอนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

7. **ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extention Phase)** ครูผู้สอนจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูผู้สอนเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้รูปแบบการจัดการสอนตามแนวคิดของ Einsenkraft เป็นรูปแบบที่ครูผู้สอนสามารถนำไปปรับประยุกต์ให้เหมาะสมตามธรรมชาติวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่จะทำให้ให้นักเรียนเข้าถึงความรู้ความจริงได้ด้วยตนเองและนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข

4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

“สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึงองค์ความรู้ วิชาการของศาสตร์ทั้งสี่ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่างๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ โดยมีจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556 : 13) สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด

ตั้งคำถาม แก่ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556 : 2) สะเต็มศึกษา คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติรวมถึงวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสถสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาการค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนๆ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลก

โลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

ชลธิป สมาหิโต (2557: 1) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็นรูปแบบ การจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง4สาระอันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาขาและกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะ ที่สำคัญและจำเป็นอีกทั้งยังตอบสนองต่อการดำรงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันและโลกอนาคต

สุพรรณณี ชาญประเสริฐ (2557: 4) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็น แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ และ ขณะเดียวกันต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2558: 23) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าเป็น แนวทางการจัดการเรียนรู้ลักษณะมาบูรณาการระหว่างสาขาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยนำองค์ความรู้ ทฤษฎี ตลอดจนจุดเด่นของแต่ละสาขามาสถสมผสานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะมาบูรณาการในบริบทหรือสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

จากความหมายของสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการศาสตร์เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น สนับสนุนให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการ แก้ปัญหาที่กล่าวข้างต้น ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้าน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็น ความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต

ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง โดยมีหัวข้อหลัก ที่กำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่างๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้

(Dejarnette, 2012; Wayne., 2012; Breiner, et al., 2012 ; รัช ชิตตระการ, 2555 ; รัชพล ธนานวงศ์, 2556 ; อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ, 2555 อ้างโดย พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556 : 50 ; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556 อ้างโดย วิษณุ ทุมมี, 2562 : 3) เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามา ผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (Science ; S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติโดยนักการศึกษา มักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนในทุกระดับเพราะทำให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนส่งผลให้ผู้เรียน สนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับขั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (Technology ; T) เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาปรับปรุงพัฒนาสิ่ง ต่างๆหรือกระบวนการต่างๆเพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือICTตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering ; E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนา นวัตกรรมต่างๆโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์ (Mathematics ; M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้นแต่เกี่ยวกับ องค์ประกอบอื่นที่สำคัญคือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบการจำแนก/จัดกลุ่มการจัดแบบรูปและการบอกรูปร่างและคุณสมบัติทางภาษาคณิตศาสตร์นักเรียนจะต้องสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept)

ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสารเช่นมากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่าใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ชั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเรียนรู้หรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล-มัธยม ศึกษาตอนปลาย

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาที่กล่าวข้างต้น ผู้สอนควรจัดการเรียนสอนให้ผู้เรียนได้เรียนองค์ความรู้ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง เพราะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น ไม่ใช่แค่การเรียนรู้เนื้อหาเพื่อการท่องจำแต่ผู้เรียนต้องมีบทบาทสำคัญในการลงมือเรียนรู้ ปฏิบัติจริง มีการค้นคว้าหาความรู้อย่างมีระบบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลากหลายสาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดในชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการระหว่าง สาขาวิชาให้มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ในการดำรงชีวิตหรือการประกอบอาชีพเพื่อให้ผู้เรียนเห็น ความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในชั้นเรียนกับบริบทโลกของความเป็นจริง เกิดทักษะสำคัญเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมและการนำมาซึ่งการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ หรือ นวัตกรรม เพื่อการพัฒนาขีดความสามารถของประเทศ

จากการกล่าวอ้างถึงการนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาบูรณาการกับการเรียนรู้ศาสตร์อื่นๆ อีก 4 ศาสตร์นั้น นำมาสู่ความพยายามในการอธิบายความแตกต่างระหว่างศาสตร์ 3 ศาสตร์ที่มีความใกล้เคียงกันมาก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี สภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Research Council: NRC) ได้ให้ความหมายของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี พร้อมทั้งเปรียบเทียบทักษะของศาสตร์ทั้งสองกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังตารางที่ 11

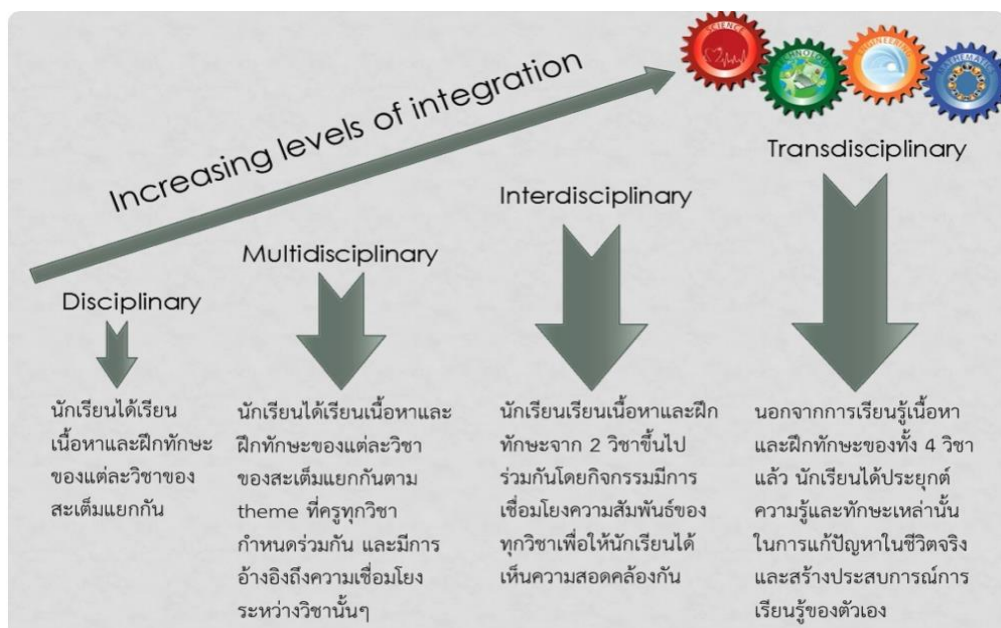
ตาราง 11 แสดงการเปรียบเทียบแนวคิด

แสดงการเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์ (Science)	วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)	เทคโนโลยี (Technology)	คณิตศาสตร์ (Mathematics)
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจ ธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อ พัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของ เทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและ พยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการ สร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือ	ออกแบบและลงมือ	เรียนรู้วิธีการใช้งาน	ใช้เครื่องมือที่

วิทยาศาสตร์ (Science)	วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)	เทคโนโลยี (Technology)	คณิตศาสตร์ (Mathematics)
ทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	ทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เทคโนโลยีใหม่ๆ	เหมาะสมในการ แก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญ ความแม่นยำ
ใช้คณิตฯ ช่วยในการ คำนวณ	ใช้คณิตฯ ช่วยในการ คำนวณ	เข้าใจบทบาทของ เทคโนโลยีในการพัฒนา ด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ ความหมายหรือ เหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีแก้ปัญหา		พยายามหาและใช้ โครงการในการ แก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยัน แนวคิด	ใช้หลักฐานในการ ยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้ เทคโนโลยีโดยพิจารณา ถึงผลกระทบต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและ สามารถวิพากษ์การให้ เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสาร แนวคิด	ประเมินและสื่อสาร แนวคิด		มองหาและนำเสนอ ระเบียบวิธีในการ เหตุผลซ้ำๆ

สะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ ทั้งนี้ ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ disciplinary, multidisciplinary integration, interdisciplinary integration และ transdisciplinary integration ดังแสดงในรูป



ภาพ 3 แสดงระดับการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.1 การบูรณาการภายในวิชา (disciplinary) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2.2 การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (multidisciplinary integration) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่างๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

2.3 การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary integration) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

2.4 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (transdisciplinary integration) คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการ

แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือ theme ของปัญหากว้างๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ (1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ (2) ตัวชีวิตในวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และ (3) ความรู้เดิมของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบ problem/ project based learning เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (instructional strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาการแบบ นี้ หากพิจารณาการใช้กระต๊อบข้าวเป็นหัวข้อหลักในการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ครูสามารถจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาโดยกำหนดกรอบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคุณภาพของกระต๊อบข้าวโดยกำหนดเป็นสถานการณ์

4. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการได้แก่ (1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ (2) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ (3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (4) ทำทลายความคิดของนักเรียน และ (5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

5. ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการศาสตร์เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็น ความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพ

และพัฒนาประเทศในอนาคต ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ให้เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาทางความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องต่อการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลายวิธี

5.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (สกนซ์ชัย ชะนูนันท์, 2559) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของผู้เรียนโดยสร้างความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม ตัวปัญหาจะเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่รู้ใฝ่เรียน

ขั้นตอนและกระบวนการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน

1. ขั้นวิเคราะห์สภาพและระบุปัญหา เป็นขั้น การจัดกิจกรรมให้นักเรียน ทำความเข้าใจกับปัญหาโดยอาศัยความรู้พื้นฐาน หรือการศึกษา จากเอกสารตำราหรือสื่ออื่น ๆ ที่น่าสนใจ และใกล้ตัวนักเรียนเป็นอันดับแรก รวมทั้งการระบุปัญหาหรือ ข้อมูลสำคัญ เพื่ออธิบายองค์ประกอบและความต้องการของปัญหา โดยพยายามจัดกิจกรรม ให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มเข้าใจปัญหา และสามารถค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลอย่างชัดเจน

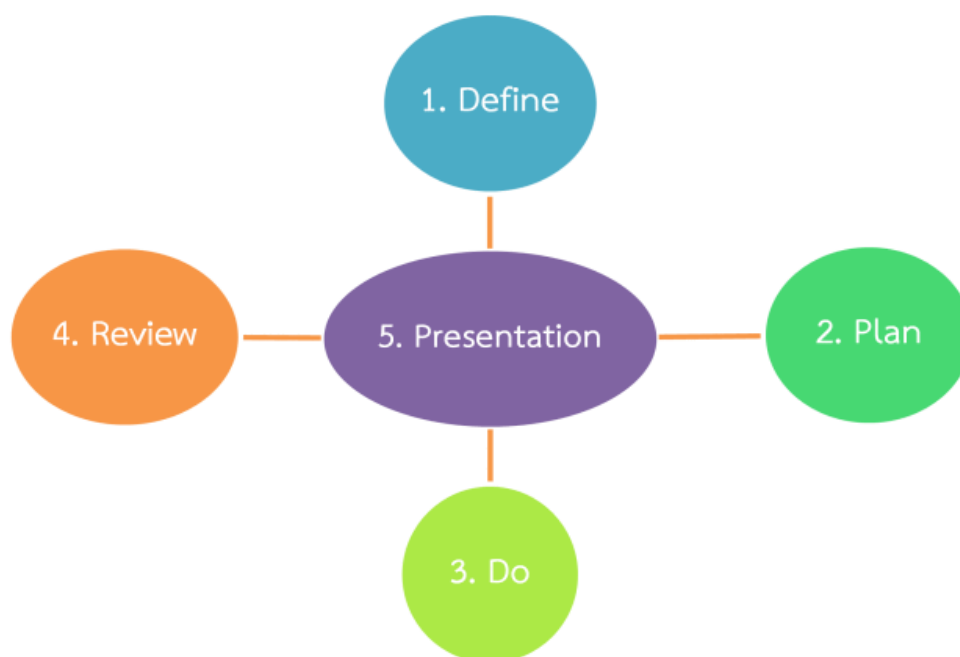
2. ขั้นสำรวจ สืบหาวิธีการแก้ปัญหา/การหาคำตอบ เป็นขั้นการระดมสมองเพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหาที่กำหนดให้ รวมทั้งการอธิบายความเชื่อมโยงของข้อมูลหรือปัญหาที่เกี่ยวข้องทุกส่วน ดำเนินการศึกษาค้นคว้า กำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนและดำเนินการศึกษาค้นคว้าอย่างหลากหลาย

3. ขั้นวิเคราะห์ ประเมินและตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหา เป็นขั้นสังเคราะห์ความรู้ ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปสรุปลงงานของกลุ่มตนเอง ประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ได้อธิบายค้นคว้ามีความเหมาะสมเพียงใด โดยการตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มร่วมกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

4. ขั้นดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการที่เลือกไว้ เป็นขั้นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ เพื่อศึกษาค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง

5. ขั้นตรวจสอบวิธีการที่เลือกไว้ เป็นขั้นกิจกรรมการรายงานข้อมูลหรือสารสนเทศใหม่ที่นักเรียนได้จากการสรุปความรู้หรือกระบวนการ แก้ปัญหา โดยการอภิปราย วิเคราะห์ สังเคราะห์ ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการและประเมินผลการเรียนรู้

5.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การทำโครงการตามแนวทางสะเต็มศึกษา
จัดการเรียนรู้โดยใช้การทำโครงการ (วิจารณ์ พาณิช, 2555:71-75) ซึ่งแนวคิดนี้ มีความเชื่อว่า หากต้องการให้การเรียนรู้มีพลังและฝังในตัวผู้เรียนได้ ต้องเป็นการเรียนรู้ที่เรียนโดยการลงมือทำเป็นโครงการ (Project) ร่วมมือกันทำเป็นทีม และทำกับปัญหาที่มีอยู่ในชีวิตจริง ซึ่ง ส่วนของ วงล้อ แต่ละชิ้น ได้แก่ Define, Plan, Do, Review และ Presentation



ภาพ 4 โมเดล จักรยานแห่งการเรียนรู้แบบ PBL

1. Define คือ ขั้นตอนการทำให้สมาชิกของทีมงาน ร่วมทั้งครูด้วยมีความชัดเจนร่วมกันว่า คำถาม ปัญหา ประเด็น ความท้าทายของโครงการคืออะไร และเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อะไร

2. Plan คือ การวางแผนการทำงานในโครงการ ครูก็ต้องวางแผน กำหนดทางหนีทีไล่ในการทำหน้าที่โค้ช รวมทั้งเตรียมเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำโครงการของนักเรียน และที่สำคัญ เตรียมคำถามไว้ถามทีมงานเพื่อกระตุ้นให้คิดถึงประเด็นสำคัญบางประเด็นที่นักเรียนมองข้าม โดยถือหลักว่า ครูต้องไม่เข้าไปช่วยเหลือจนทีมงานขาดโอกาสคิดเองแก้ปัญหาเอง นักเรียนที่เป็นทีมงานก็ต้องวางแผนงานของตน แบ่งหน้าที่ที่รับผิดชอบ การประชุมพบปะระหว่างทีมงาน การแลกเปลี่ยนข้อค้นพบแลกเปลี่ยนคำถาม แลกเปลี่ยนวิธีการ ยิ่งทำความเข้าใจร่วมกันไว้ชัดเจนเพียงใด งานในขั้น Do ก็จะสามารถเลื่อนไหลดี

3. Do คือ การลงมือทำ มักจะพบปัญหาที่ไม่คาดคิดเสมอ นักเรียนจึงจะได้เรียนรู้ทักษะในการแก้ปัญหา การประสานงาน การทำงานร่วมกันเป็นทีม การจัดการความขัดแย้ง ทักษะใน

การทำงานภายใต้ทรัพยากรจำกัด ทักษะในการค้นหาความรู้เพิ่มเติมทักษะในการทำงานในสภาพที่ทีมงานมีความแตกต่างหลากหลาย ทักษะการทำงานในสภาพกดดัน ทักษะในการบันทึกผลงาน ทักษะในการวิเคราะห์ผล และแลกเปลี่ยนข้อวิเคราะห์กับเพื่อนร่วมทีม เป็นต้น

ในขั้นตอน Do นี้ ครูเพื่อศิษย์จะได้มีโอกาสสังเกตทำความเข้าใจและเข้าใจศิษย์เป็นรายคน และเรียนรู้หรือฝึกทำหน้าที่เป็น “วาทยากร” และโค้ชด้วย

4. Review คือ การที่ทีมนักเรียนจะทบทวนการเรียนรู้ ที่ไม่ใช่แค่ทบทวนว่าโครงการได้ผลตามความมุ่งหมายหรือไม่ แต่จะต้องเน้นทบทวนว่างานหรือกิจกรรม หรือพฤติกรรมแต่ละขั้นตอนได้ให้บทเรียนอะไรบ้าง เอาทั้งขั้นตอนที่เป็นความสำเร็จและความล้มเหลวมาทำความเข้าใจ และกำหนดวิธีทำงานใหม่ที่ถูกต้องเหมาะสมรวมทั้งเอาเหตุการณ์ระทึกใจ หรือเหตุการณ์ที่ภาคภูมิใจ ประทับใจ มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ขั้นตอนนี้เป็นการเรียนรู้แบบทบทวนไตร่ตรอง (reflection) หรือในภาษา KM เรียกว่า AAR (After Action Review)

5. Presentation คือ การนำเสนอโครงการต่อชั้นเรียน เป็นขั้นตอนที่ให้การเรียนรู้ทักษะอีกชุดหนึ่ง ต่อเนื่องกับขั้นตอน Review เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการทบทวนขั้นตอนของงาน และการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างเข้มข้น แล้วเอามานำเสนอในรูปแบบที่เราใจ ให้อารมณ์และให้ความรู้ (ปัญญา) ทีมงานของนักเรียนอาจสร้างนวัตกรรมในการนำเสนอก็ได้ โดยอาจเขียนเป็นรายงาน และนำเสนอเป็นการรายงานหน้าชั้น มี เพาเวอร์พอยท์ (PowerPoint) ประกอบ หรือจัดทำวีดิทัศน์นำเสนอ หรือนำเสนอเป็นละคร

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การทำโครงการ การจัดการเรียนรู้ที่ความสนใจที่เกิดจากตัวนักเรียนมาใช้ในการทำกิจกรรมค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง นำไปสู่การเพิ่มความรู้ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติ โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานไว้ 4 ขั้นตอน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาและกระทรวงศึกษาธิการ, 2550) ดังนี้



ภาพ 5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาและกระทรวงศึกษาธิการ

ขั้นตอนและกระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้การทำโครงการเป็นฐาน

1. ชี้นำเสนอ หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้ กำหนดสถานการณ์ สถานการณ์ เล่นเกม ดูรูปภาพ หรือผู้สอนใช้เทคนิคการตั้งคำถามเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน เช่น สาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรและสาระการเรียนรู้ที่เป็นขั้นตอนของโครงการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการเรียนรู้
2. ชี้นำวางแผน หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันวางแผน โดยการระดมความคิดอภิปรายหรือข้อสรุปของกลุ่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ
3. ชี้นำปฏิบัติ หมายถึง ขั้นที่ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรม เขียนสรุปรายงานผลที่เกิดขึ้นจากการวางแผนร่วมกัน
4. ชี้นำประเมินผล หมายถึง ขั้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง โดยให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีผู้สอน ผู้เรียนและเพื่อนร่วมชั้น ประเมิน

5.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สะเต็มศึกษา ประเทศไทย, 2559) เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม คือการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน



ภาพ 6 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

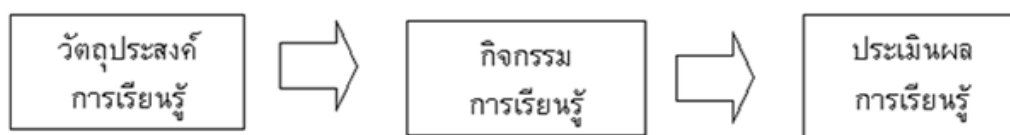
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจ และได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

5.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิจัยเป็นฐานหรือ Research-Based Learning (RBL) หมายถึง การเรียนรู้เป็นการจัดกิจกรรมหรือประสบการณ์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วยกำหนัดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การจัดกิจกรรมหรือประสบการณ์เรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (สุพจน์ อิงอาจ, 2555) ตามรูป



ภาพ 7 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิจัยเป็นฐาน

เป็นเทคนิคที่มุ่งให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้และประสบผลสำเร็จในเนื้อหา และผู้รู้สารนเทศด้วยการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างอิสระผู้เรียนเรียนรู้โดยอิสระจากการแสวงหาแหล่งเรียนรู้ผู้สอนเป็นเพียงผู้ส่งเสริมและกระตุ้นเป็นแหล่งสารสนเทศใดๆ ที่มีอยู่ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน ผลลัพธ์ของการใช้ RBL ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ผู้เรียนมีทักษะการรู้สารสนเทศ ซึ่งเป็นฐาน สำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเองตลอดชีวิต

3.4.1 ลักษณะสำคัญของรูปแบบใช้วิจัยเป็นฐานเป็นลักษณะสำคัญของรูปแบบมี 4 ลักษณะดังต่อไปนี้

หลักการที่ 1 แนวคิดพื้นฐาน เปลี่ยนแนวคิดจากเรียนรู้โดยการฟังหรือตอบให้ถูก เป็นการถามหรือหาคำตอบเอง

หลักการที่ 2 เป้าหมาย เปลี่ยนเป้าหมายจากการเรียนรู้โดยการจำเป็นการคิดค้น

หลักการที่ 3 วิธีสอน เปลี่ยนวิธีสอนจากการเรียนรู้โดยการบรรยายเป็น การให้คำปรึกษา

หลักการที่ 4 บทบาทผู้สอน เปลี่ยนบทบาทผู้สอนจากการเป็นผู้ปฏิบัติเองเป็นการจัดการให้ผู้เรียนปฏิบัติ

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของรายวิชาที่สอน

2. ศึกษาหรือทำความเข้าใจ ผู้เรียนเพื่อให้ทราบความรู้และทักษะที่เคยมีมาก่อน

3. กำหนดวัตถุประสงค์เฉพาะที่ต้องการให้เกิดการเรียนรู้โดยใช้ RBL
4. กำหนดกลยุทธ์และเทคนิคการสอน และกิจกรรมการเรียนรู้
5. เลือกแหล่งเรียนรู้ที่เหมาะสม
6. กำหนดตารางเวลา สิ่งอำนวยความสะดวกและผู้ช่วยเหลือ
7. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้
8. ตรวจสอบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่ได้ตั้งวัตถุประสงค์
9. ประเมินความสำเร็จของผู้เรียนและกระบวนการเรียนการสอน

5.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นหนึ่งในเป้าหมายเพื่อพัฒนาทักษะการคิดระดับสูงที่เรียกว่าทักษะ การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อเตรียมพร้อมในการแก้ปัญหาใหม่ของโลกอนาคตทุกคนควรรู้ว่าจะนำความรู้และทักษะไปใช้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเสริมสร้างทักษะในศตวรรษที่ 21 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทางและวิธีการใหม่ ๆ ให้ตอบสนอง ทักษะเหล่านั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากการลดช่องว่างระหว่างความรู้และทักษะที่นักเรียนได้เรียนในโรงเรียนกับความรู้และทักษะที่จะต้องนำไปใช้ในชีวิตจริง ฉะนั้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ต้องมรรการเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ส่งเสริมสมรรถนะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองนั้นช่วยส่งเสริมทัศนคติและแรงจูงใจในการเรียน การกระตุ้นในคิด การใช้ข้อมูลข่าวสาร สื่อ และใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2558)

จากการศึกษาปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนรู้พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่นักการศึกษาและองค์กรทางวิทยาศาสตร์ศึกษาได้เสนอนั้นมีความคล้ายคลึงกัน โดยเน้นให้นักเรียนตั้งคำถาม ออกแบบและดำเนินการค้นหาคำตอบ สร้างคำอธิบายจากหลักฐาน การนำความรู้ไปใช้และประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้อย่างขาดการบูรณาการองค์ความรู้เพื่อประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่เชื่อมโยงสู่ชีวิตจริง ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางสะเต็มศึกษาเข้ามาร่วมส่งเสริมขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการใช้การเรียนรู้แบบบูรณาการระหว่าง 4 สาขาวิชา คือวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งมีความแตกต่างจากการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบอื่นๆ เช่นจัดการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการสืบเสาะหาความรู้ที่ยังไม่ได้เน้นการบูรณาการครบทั้ง 4 สาขาวิชา เพื่อที่จะส่งเสริมให้นักเรียนนำองค์ความรู้มาใช้ในการบูรณาการโดยการค้นคว้าหาความรู้เพื่อมาใช้ในการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในชีวิตจริงด้วยการประเมินความเป็นไปได้ภายใต้

ข้อจำกัดของปัญหานั้น การนำกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นสามารถส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนได้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยการประยุกต์ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของ สุพรรณิ ชาญประเสริฐ ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหา กำหนดประเด็นที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นปัญหาหรือคำถามแล้ว ทำการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาและแยกแยะประเด็นปัญหาที่ต้องการหาความรู้จากประเด็นปัญหาอื่น ออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากประเด็นปัญหาที่กำหนดและตรวจสอบประเด็นปัญหานั้น

ขั้นตอนที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูล ความรู้และแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อทดสอบชิ้นงานหรือวิธีการในการสืบเสาะหาความรู้ โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ทำการวิเคราะห์ แปรข้อมูล และลงข้อสรุป

ขั้นตอนที่ 5 ขยายความรู้และปรับปรุง เป็นประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ ทำการวิเคราะห์ แปรข้อมูล เลือกรูปแบบ และลงข้อสรุป ซึ่งผลที่ได้ก็นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างเหมาะสมที่สุดเพื่อพัฒนาวิธีการหรือชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ขั้นตอนที่ 5 การวัดและประเมินผล เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไปหรือเป็นเป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ

ตาราง 12 แสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสม

แสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสมของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาต่อการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอน	ตัวบ่งชี้ของสมรรถนะ
1. สร้างความสนใจ	1. นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์
2. การสำรวจตรวจสอบ	2. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3. นักเรียนสามารถเสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ 4. นักเรียนสามารถบอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
3. การอธิบายและลงข้อสรุป	4. นักเรียนสามารถบอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ 5. นักเรียนสามารถอธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย
4. ขยายความรู้และปรับปรุง	3. นักเรียนสามารถเสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ 4. นักเรียนสามารถบอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
5. การวัดและประเมินผล	4. นักเรียนสามารถบอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ 5. นักเรียนสามารถอธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

จากตารางวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

พบว่า ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามตัวชี้วัดทั้ง 5 ตัวชี้วัดคือ 1) ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ 2) บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3) เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ 4) บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ และ 5) อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในครั้งนี้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ศานิตา ต่ายเมือง และคณะ (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ และเพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ จิตวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษา พบว่าได้ชุดกิจกรรม 4 กิจกรรมย่อย โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมตามการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในระดับดีมาก เมื่อทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนด้วยชุด กิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม หลังเรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยจิตวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยจิตวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่แตกต่างกับค่าเฉลี่ย จิตวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มควบคุมหลังเรียนด้วยการสอนแบบปกติ และค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมหลังเรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชนม์พิศา ศาสตรจารย์ และคณะ (2563) ศึกษาและรายงานผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพลังงานความร้อนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ในจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พลังงานความร้อนของผู้เรียน ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (กลุ่มทดลอง) กับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ(กลุ่มควบคุม) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่ม ควบคุมและ และเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่ม ทดลองระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มี คะแนนพัฒนาการที่สูงขึ้นทั้งสองกลุ่ม คะแนนเฉลี่ยไม่ต่างกัน ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนของกลุ่มทดลอง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05

น้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ (2562) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ทดลองใช้ชุดกิจกรรมเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมดังกล่าว และศึกษาความพึงพอใจของ นักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมา พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.49 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

สุนิสา บางวิเศษ และ ประสาท เนืองเฉลิม (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยกำหนดจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์เรื่องวัสดุในชีวิตประจำวัน ผลการวิจัยพบว่า การคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนที่ได้รับการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในแต่ละวงรอบ พบว่าในวงรอบที่ 1 การคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 62.50 และการประเมินเมื่อสิ้นสุดวงรอบที่ 2 การคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 76.67 จึงสรุปได้ว่าการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทางด้านการคิดวิเคราะห์

และยังให้ความเห็นไว้ว่าควรสนับสนุนให้ครูผู้สอนนำกรอบแนวคิดตามแนวทางสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ในวิชาวิทยาศาสตร์ตามความเหมาะสม

ทักษิณา พิทักษา (2562) ศึกษาและรายงานผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องรถแข่งโกชนาการของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่องรถแข่งโกชนาการของนักเรียน ด้วย การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมผลการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมรถโกชนาการอยู่ในระดับดีมาก มีคะแนนเฉลี่ย 84.09 โดยการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา สร้างรถแข่งโกชนาการได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 เพราะนักเรียนทุกกลุ่มร่างต้นแบบรถแข่งโกชนาการ ประดิษฐ์ รถแข่งโกชนาการตามต้นแบบและเสนอแนะวิธีพัฒนาต้นแบบรถแข่งโกชนาการให้ดียิ่งขึ้น

วิชญ์ ทুমมี (2562) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน-หลังเรียนของผู้เรียน เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการ (Gain score) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน-หลังเรียน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.27 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.26 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 90.31 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในด้านบทบาทผู้เรียน และด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านบทบาทผู้เรียน มี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54

พิเชษฐ เทบ่ารุง. (2562). ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบอุปนัย เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.07/79.68 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนของนักศึกษาหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ธัญพร สันวิลาส และคณะ (2562) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนากระบวนการสำรวจค้นหาในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7E เพื่อศึกษาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง แรง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนากระบวนการสำรวจค้นหา ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7E และได้รายงานผลการวิจัยว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนากระบวนการสำรวจค้นหา ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 7E อยู่ในระดับมาก

สัจจาพร ภูประดิษฐ์ (2560) ทำการศึกษามโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชากายวิภาคศาสตร์และ สรีรวิทยาสัตว์ ของผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยการนำเสนอ มโนทัศน์กว้างล่วงหน้า โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน การปฏิบัติตามแผน การสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการ ปฏิบัติ และการสะท้อนผลของการปฏิบัติงาน และได้รายงานผลการวิจัยไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยการนำเสนอ มโนทัศน์กว้างล่วงหน้าส่งผลให้ผู้เรียน มีมโนทัศน์รายวิชากายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาสัตว์สูงขึ้นร้อยละ 68.63 ซึ่งอยู่ในระดับพัฒนาการสูง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยการนำเสนอ มโนทัศน์กว้างล่วงหน้า ส่งผลให้ผู้เรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชากายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาสัตว์สูงขึ้น ร้อยละ 79.20 ซึ่งอยู่ในระดับพัฒนาการสูงมาก

จิตติลักษณ์ วัฒนศิริ (2559) ได้สร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้ การเรียนการสอนตามแนว STEM เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนการสอนตามแนว STEM ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.24) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูง กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียน ด้วยชุดกิจกรรมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภัสสร ติตมา และคณะ (2558) ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Educationเพิ่มสูงขึ้น

แนนน้อย อินคะเน และคณะ (2558) ศึกษาและรายงานผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ก่อนและหลังเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผัง เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนดังกล่าว มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่าง มี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ร้อยละ 81.20 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 และผู้เรียน มีความพึงพอใจต่อการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกในระดับมากที่สุด

นัสรินทร์ ปือชา (2558) ได้รายงานการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและ ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 18 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

พัทธมน นามปวนและคณะ (2557: บทคัดย่อ) ศึกษาารูปแบบการจัดกิจกรรม การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุแบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ของ

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุ แบบสะเต็มศึกษาเท่ากับ 0.6655 ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 66.55

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

Xiaoyi และคณะ (2020) ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM education) จากบทความวิจัยเชิงประจักษ์ทั้งหมด 635 บทความ พบว่าการศึกษาวิจัยส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์การเรียนรู้สี่ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ ทักษะ การปฏิบัติ และขอบเขตอารมณ์ความพึงพอใจของผู้เรียน นอกจากนี้ยังพบว่าการประเมินส่วนใหญ่เน้นการประเมินความรู้ทางเดียว สาขาวิชาเดียว ซึ่งการประเมินไม่สอดคล้องกับเป้าหมายของโปรแกรมการจัดการศึกษาตามแนวสะเต็มศึกษา ที่มุ่งพัฒนานักเรียน ความเข้าใจ หรือทักษะแบบสหวิทยาการ

Birgit และคณะ (2015) ได้ศึกษาและปรับปรุงการประเมินตามแบบสอบถามกลยุทธ์การเรียนรู้ของนักเรียนตามแนวสะเต็มศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย คือการตรวจสอบแบบสอบถาม LIST 69 ข้อ (ZDDP 15:185-200, 1994) ด้วยจุดมุ่งหมายในการย่อให้สั้นลงโดยรักษาโครงสร้างปัจจัยและศักยภาพในการอธิบายพฤติกรรมการเรียนรู้และเพื่อระบุการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในนั้น ซึ่งรวมถึงการสำรวจว่าพารามิเตอร์ หรือข้อคำถามที่ลดลงยังคงน่าเชื่อถือหรือไม่ทั้งในแง่ของมาตรฐานและเนื้อหาว่ายังคงน่าเชื่อถือหรือไม่ พวกเขาพบว่า สามารถปรับปรุงและทำให้แบบสอบถาม LIST สั้นลงได้มากโดยที่ปัจจัยทั้งหมดยังคงอยู่เหมือนเดิม สิ่งนี้จะทำให้การวิจัยในอนาคตง่ายขึ้นอย่างมาก นอกจากนี้โครงสร้างปัจจัยที่ได้รับการปรับเปลี่ยนเสนอให้พิจารณาสมมติฐานของอภิปัญญาใหม่ว่าเป็นแง่มุมที่เข้าถึงได้ง่ายของการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งบ่งบอกถึงมุมมองการวิจัยที่มีแนวโน้มที่ดีในอนาคต

Asghar (2012, p. 85) พัฒนาโปรแกรมสำหรับครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้สถานการณ์ที่เน้นปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนาศึกษาแนวคิดหลักในการจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาที่มีต่อการบูรณาการสะเต็ม (STEM) อุปสรรคของการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหา ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลพื้นฐานโดยการสำรวจ สัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม และศึกษาความเข้าใจและการรับรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาของครู เพื่อใช้ในการบูรณาการรายวิชาในสะเต็ม ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาของครู โดยสังเกตพฤติกรรมของครู การสนทนากลุ่มเมื่อสิ้นสุดการอบรมเชิงปฏิบัติการ และสัมภาษณ์ครูจำนวน 12 คน เป็นเวลา 15-20 นาที และให้ครูสะท้อนผลการอบรมเชิงปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาโปรแกรมสำหรับครูในระดับมัธยมศึกษาสามารถส่งเสริมความเข้าใจและความสามารถในการ

จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการของครูในระดับมัธยมศึกษาในโรงเรียน นอกจากนี้ควรพัฒนาครูให้มีความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในอนาคต

Diana (2012) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยใช้ นักเรียนเกรด 3-8 เป็นกรณีศึกษา ให้ทำโครงงานในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรม เริ่มต้นด้วย การตรวจสอบความพื้นฐาน ให้จินตนาการ ศึกษาค้นคว้าสำรวจ ตรวจสอบ สร้างสรรค์ ออกแบบโมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นการออกแบบของตัวเองให้เพื่อนๆ ได้รู้ จากผลการศึกษาพบว่าจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEM ในการให้นักเรียนได้ทำโครงงานส่งผลทำให้นักเรียน สามารถถ่ายโอนความรู้และทักษะสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้าและประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในกายภาคหน้าได้ เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น และมีผลทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นด้วย

Scott (2012) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมในสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา ในการพยายามเพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียน 44 สำหรับเข้าทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในหลายๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผนและดำเนินการนำไปใช้แล้ว แต่อีกหลายๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผนอยู่เลย จากการศึกษาชี้ให้เห็น ว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดีกว่าเด็ก นักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม และนักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้ยังให้บอกอีกว่า หากพวกเขาได้รับ โอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตและฝึกงานจริง หรือให้รับผิดชอบทำโครงการขึ้นมาสักชิ้น เพื่อใช้ขอสำเร็จการศึกษา พวกเขาก็สามารถสำเร็จการศึกษาขั้น พื้นฐานได้อย่างแน่นอน

Tseng และคณะ (2013) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา เจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการ STEM เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการ จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จากการสัมภาษณ์ เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM คือ ความรู้ ทักษะและ ประสบการณ์ทางด้าน STEM จะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถนำมาใช้เพื่อ แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวก

เพิ่มมากขึ้น สามารถแสดงให้เห็น ถึงความหมายของการเรียนรู้และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่ เกี่ยวข้องกับ STEM ในภายภาคหน้าเพิ่มขึ้นด้วย

Han และคณะ (2014) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ว่ามีผล ต่อ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไร โดยตลอดระยะเวลาการ ศึกษาวิจัย ในครั้งนี้ โรงเรียนแต่ละแห่งมีการใช้ STEM PBL มาก่อนหน้าแล้วและมีการปรับปรุงทุกๆ 6 เดือนเป็น เวลา 3 ปี ส่วนครูผู้สอนก็ได้เข้าร่วมรับการพัฒนาศูครู่มืออาชีพทางด้าน STEM อีกด้วย ผลการศึกษา ชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนการสอนแบบ STEM PBL ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ใน รายวิชาคณิตศาสตร์ เพิ่มขึ้น และมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและ ส่งผลทำให้ช่วยลดช่องว่าง ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลงมาอีกด้วย

Tony P.Murphy และคณะ ได้ทำการศึกษา โดยรวมเอา STEM (วิทยาศาสตร์, เทคโนโลยี, วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์) โดยพัฒนาหลักสูตรเรียนเพื่อใช้กับนักศึกษาวิชาเอก ประถมศึกษา ใช้รูปแบบการศึกษา 4 ขั้นตอน เพื่อสร้างและประเมินผลจากคอร์สที่บูรณาการร่วมกัน ผลของการจัดคอร์สเกิดขึ้นจากการรวมกัน 3 กระบวนการคือ ทีมสอน การใช้ห้องปฏิบัติการ และ การศึกษาแหล่งเรียนรู้ ที่ใช้ 3 วิชา คือ ชีววิทยาสิ่งแวดล้อม เคมีที่ใช้สำหรับชีวิตประจำวัน และ วิศวกรรมศาสตร์ในโลกมนุษย์ โดยคอร์สชีววิทยาและเคมีใช้หลักการเรียนแบบสืบเสาะและค้นคว้า คอร์สวิศวกรรมใช้หลักการโครงงานเป็นฐาน แต่ละคอร์สใช้ทีมสอนร่วมกันของ STEM กับอาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์เป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้เพื่อปรับปรุงศักยภาพและเสริมสร้างความมั่นใจของ ครู วิชาเอกประถมศึกษา ในสาขา STEM ผลการประเมินพบว่า ระดับศักยภาพและความมั่นใจของ นักศึกษาทำให้นักเรียนมีผลการเรียนสูงขึ้น

Ethel R.Wheland และคณะ ได้ทำการศึกษานวัตกรรม ที่ใช้ร่วมกันระหว่างผู้สอน ทั่วไปที่ไม่ใช้รูปแบบ STEM ในการจัดการเรียนการสอน เปรียบเทียบกับ คอร์สที่ใช้ในวิทยาศาสตร์ และสอนแบบ STEM ใช้หัวข้อที่ศึกษาคือ โครงการรักษ์โลก โดยการใช้ชุมชนเป็นแหล่งเรียนรู้ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้สอนอาศัยโครงงานเพื่อส่งเสริมในสถานที่หลากหลาย เช่น การคืนสภาพพืชที่ถูก ของเสีย และ การไหลของน้ำ จากจุดเริ่มต้น เพื่อให้นักเรียนได้พบกับสิ่งที่ไม่สามารถทราบได้ล่วงหน้า จากการเรียนในแบบเก่าๆครูผู้สอนที่ไม่ใช้รูปแบบ STEM ใช้วิธีการสอน โดยการบรรยาย เขียน และ วางแผนกิจกรรมและสอนโดยนักวิทยาศาสตร์การบูรณาการร่วมกันนี้ทำให้เกิดการเรียนรู้ถึงวิธีการที่ จะทำให้เกิด ภูมิปัญญาที่มีคุณค่าในสถานศึกษา กับการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหาการเรียน ที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ค่าสถิติส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนที่จัดการสอนด้วย STEM

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส โดยผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเชิงคุณภาพ เพื่อเป็นจากการวิจัยพัฒนาวิธีการเรียนการสอนและวิชาชีพครู เนื่องจากเป็นข้อค้นพบที่ได้จากกระบวนการสืบค้นที่น่าเชื่อถือ นักเรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้และครูเกิดการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งหลักสำคัญของการวิจัยเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการจัดรูปแบบการเรียนการสอนของครูและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาของตัวผู้วิจัยอีกด้วยในการวิจัยครั้งนี้มีรายละเอียดและขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
3. รูปแบบและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเรืองวิทย์พิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 33 คน ประกอบด้วยนักเรียนชายจำนวน 9 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 24 คน ซึ่งได้เลือกแบบเจาะจง

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. ตัวแปรตาม คือ สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบการวิจัยและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การวิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กรด เบส ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการเป็นวงจร 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. วางแผนการปฏิบัติ (Plan)
2. ปฏิบัติการ (Action)
3. สังเกตการณ์ (Observe)
4. สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

วางแผนการปฏิบัติ (Plan)

เป็นขั้นตอนการศึกษาและวางแผนการดำเนินการวิจัยในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวรูปแบบสะเต็มศึกษาและเอกสารที่เกี่ยวข้อง รวมถึงลักษณะขั้นตอนและความสำคัญของจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาและศึกษาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถานศึกษา สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และตัวชี้วัด เพื่อรวบรวมข้อมูลใช้ในการพัฒนาเครื่องมือวิจัย วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและการหาคุณภาพของข้อมูล

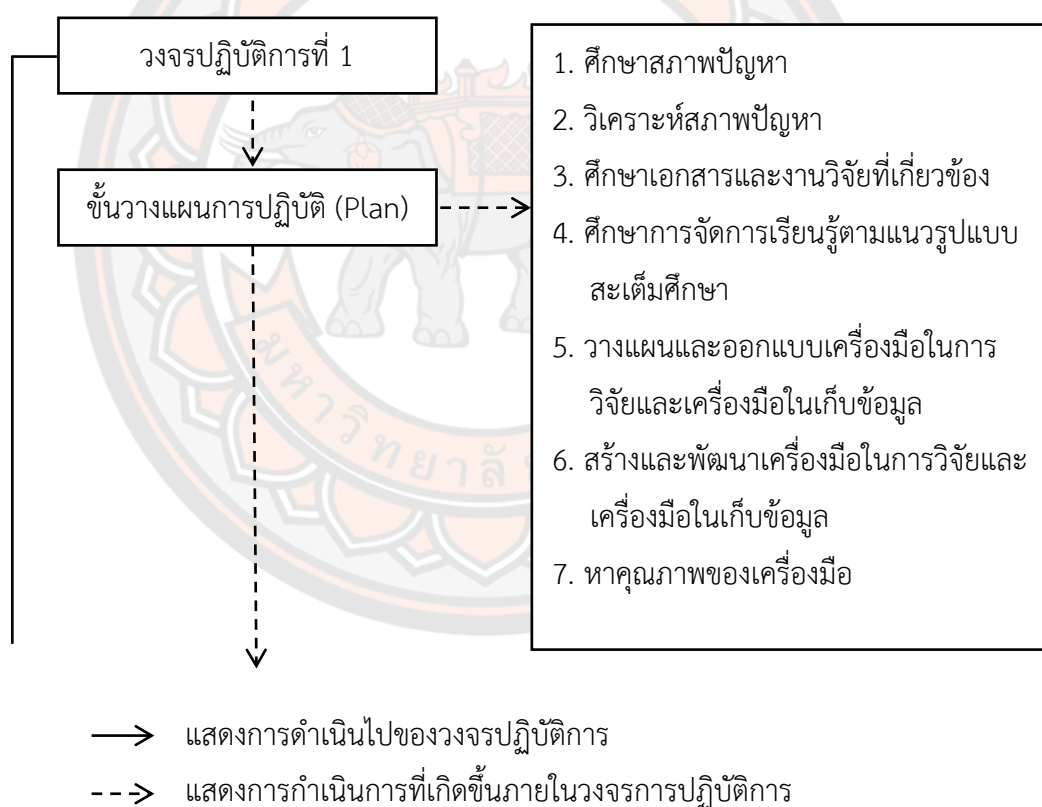
ปฏิบัติการ (Action)

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส และทำการทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แบบเลือกตอบเชิงซ้อน แบบเขียนตอบ แบบอิสระ เป็นต้น โดยทำการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังจากจัดการเรียนรู้ครบทุกวงจร สังเกตการณ์ (Observe)

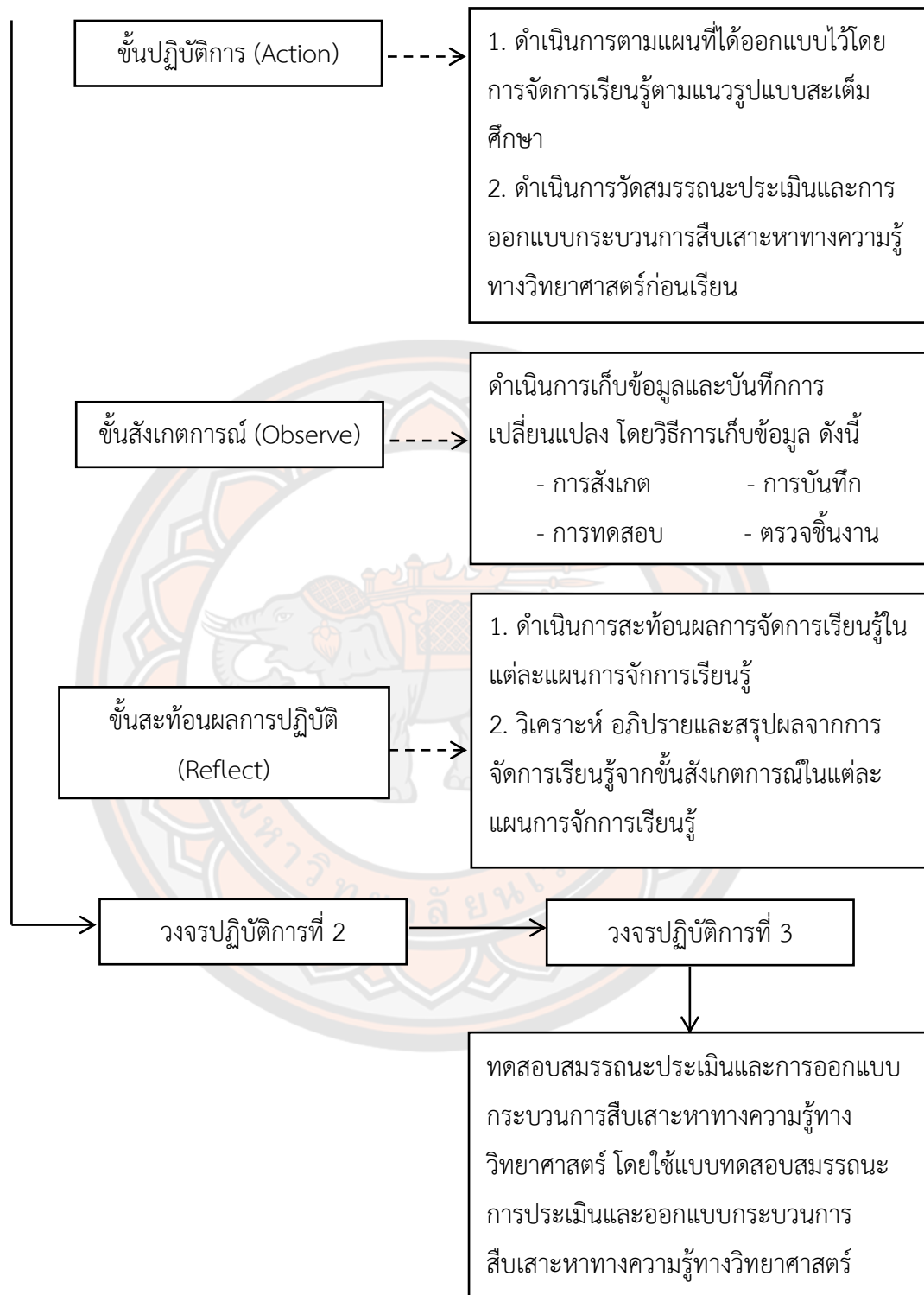
ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้แบบบันทึกการสังเกตการณ์ ประเมินชิ้นงานที่เกิดจากการบวนการจัดการเรียนรู้ ประเมินจากไบบันทึกกิจกรรมระหว่างเรียน และประเมินจากแบบทดสอบ

สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยการประเมินจากนักเรียนและการบันทึกประจำวันของตัวผู้วิจัยเอง ซึ่งจะจดบันทึกปัญหา ระหว่างการจัดการเรียนรู้ ข้อบกพร่อง โดยผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการถัดไป นอกจากนี้ผลการจัดการเรียนรู้จะถูกสะท้อนผลจากครูที่สอนวิชาเคมี ครูชำนาญการ และครูชำนาญการพิเศษ ด้วยการให้คะแนนในการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นประโยชน์ ในการพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป ซึ่งการปฏิบัติงานเป็นวงจร 4 ขั้นตอน คือ วางแผนการปฏิบัติ (Plan) ปฏิบัติการ (Action) สังเกตการณ์ (Observe) สะท้อนผลการ ปฏิบัติ (Reflect) โดยกำหนดวงจรการปฏิบัติการวิจัยไว้ 3 วงจรการปฏิบัติการ



ภาพ 8 แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ



ภาพ 8 แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ (ต่อ)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 15 ชั่วโมง ใช้เวลาสอนทั้งหมด 5 สัปดาห์ ผู้วิจัยมีการดำเนินการในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยรายละเอียดดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ปรับปรุง พุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ดังนี้

1.1.1 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสารความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ว 2.1 ม.5/13 ระบุว่าสารเกิดการละลายแบบแตกตัวหรือไม่แตกตัวพร้อมให้เหตุผลและระบุว่าสารละลายที่ได้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือนอนอิเล็กโทรไลต์

ว 2.1 ม.5/16 ระบุสมบัติความเป็นกรด-เบส จากโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด

ว 4.1 ม.1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ว 4.1 ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ว 4.1 ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และ ตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นไปได้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผน ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ว 4.1 ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้เหตุผลของปัญหาหรือ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

1.1.3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค.6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การ สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และ เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด

ค 6.1 ม.4-6/1 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ค 6.1 ม.4-6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และ เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4-6/3 ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

1.2 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3 เนื้อหาเรื่อง กรด-เบส สารละลายสำคัญ สารละลายกรด-เบส เวลาเรียน และน้ำหนักคะแนนที่เกี่ยวข้อง กับเรื่อง กรด-เบส

1.3 ศึกษาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์และตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ จากกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 โดยมีตัวชี้วัด 5 ตัวชี้วัด ดังนี้

1.3.1 ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

1.3.2 บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์

1.3.3 เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

1.3.4 บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

1.3.5 อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

1.4 ศึกษาบริบทที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 เพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงและเนื้อหาเรื่อง กรด เบส

1.5 ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาพัฒนาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยในครั้งนี้

1.6 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย

- 1.6.1 ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้
- 1.6.2 มาตรฐานการเรียนรู้
- 1.6.3 ตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง
- 1.6.4 จุดประสงค์การเรียนรู้
- 1.6.5 สาระสำคัญ
- 1.6.6 สาระการเรียนรู้
- 1.6.7 กิจกรรมการเรียนรู้
- 1.6.8 แหล่งการเรียนรู้
- 1.6.9 การวัดและประเมินผล

ตาราง 13 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

แสดงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กรดเบส

แผนการจัดการเรียนรู้	เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สถานการณ์	จำนวน (ชม.)
1	อินดิเคเตอร์ สำหรับกรด-เบส	1. คำนวณหา pH ของ สารละลายเมื่อทราบความเข้มข้นของ H_3O^+ หรือ OH^- และบอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากค่า pH ได้ 2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี และใช้ช่วงของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์บอกค่า pH หรือความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้	น้ำเน่าเสีย	5
2	ปฏิกิริยาของกรดและเบส	1. นักเรียนสามารถทดลองการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดและเบสได้	สารพิษ ตกค้างในผักผลไม้	5
3	การไทเทรตกรด-เบส	1. นักเรียนสามารถเลือกอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรดและเบสแต่ละคู่ที่กำหนดให้และบอกเหตุผลได้ 2. นักเรียนทำการไทเทรตเพื่อหาจุดยุติและจุดสมมูลได้	น้ำกระด้าง	5

แผนการจัดการเรียนรู้	เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สถานการณ์	จำนวน (ชม.)
		3. นักเรียนสามารถคำนวณหา ปริมาณกรดหรือเบสที่ทำ ปฏิกริยากันโดยใช้ข้อมูลจาก การการไทเทรตได้		

ตาราง 14 แสดงความสอดคล้องของบริบทสถานการณ์กับบริบทของ PISA

บริบท	บริบทของ PISA		
	ระดับ	ความรู้	การใช้ความรู้
น้ำเน่าเสีย	ท้องถิ่น/ชาติ	ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม	คุณภาพสิ่งแวดล้อม
สารตกค้างในผัก และผลไม้	ท้องถิ่น/ชาติ	อุปกรณ์และ กระบวนการ	วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี
น้ำกระด้าง	ท้องถิ่น/ชาติ	การรักษาสุขภาพ	สุขภาพและโรค

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ แล้วทำ การปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผ่าน การปรับปรุงแก้ไขเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการสอนเคมี ด้าน การออกข้อสอบ PISA เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยประเมินแบบ มาตรฐานส่วนประมาณค่า (Rating scale) (บุญชม ศรีสะอาด, 2554 หน้า 121) โดยกำหนดเกณฑ์การ ให้คะแนน ดังนี้

- ให้คะแนน 5 เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า องค์ประกอบมีเหมาะสมมากที่สุด
- ให้คะแนน 4 เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า องค์ประกอบมีเหมาะสมมาก
- ให้คะแนน 3 เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า องค์ประกอบมีเหมาะสมปานกลาง
- ให้คะแนน 2 เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า องค์ประกอบมีเหมาะสมน้อย
- ให้คะแนน 1 เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า องค์ประกอบมีเหมาะสมน้อยที่สุด

1.9 นำผลการประเมินความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมา คำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากนั้นนำไปเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย (บุญชม ศรีสะอาด, 2554 หน้า 121) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.00-5.00 หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้มีเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้มีเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้มีเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้มีเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้มีเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์พิจารณาผลการตัดสินจากผู้เชี่ยวชาญว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้

1.10 นำคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมอีกครั้ง

1.11 จัดทำแผนการจัดการเรียนฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ชนิด ผู้วิจัยมีการดำเนินการในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยรายละเอียด ดังนี้

2.1 แบบทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.1.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา โครงสร้างหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์) และหนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบ

2.1.2 ศึกษาตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015

2.1.3 ศึกษาโครงสร้างแบบทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2006, 2009, 2012 และ 2015

2.1.4 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบกระบวนการคิด การใช้เหตุผล และทักษะการสืบเสาะหาความรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน โดยมี 3 รูปแบบ ดังนี้

- 1) เลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- 2) เลือกตอบเชิงซ้อน
- 3) เขียนตอบแบบอิสระ

ตาราง 15 แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบสมรรถนะ

แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สมรรถนะการประเมินและออกแบบ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	จำนวนแบบทดสอบ (ข้อ)		
	เลือกตอบ	เลือกตอบ เชิงซ้อน	เขียนตอบแบบ อิสระ
1. ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจใน การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้		2	1
2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือ คำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์	1	2	
3. เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้	1		1
4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ที่กำหนด ให้ได้	1		3
5. บรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่ นักวิทยาศาสตร์ใช้ ในการยืนยันถึงความ น่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลาง และการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้		2	1
รวม	3	6	6

2.1.5 สร้างแบบทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมด้านการใช้ภาษาและครอบคลุมเนื้อหา

2.1.6 นำแบบทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ

ด้านเนื้อหา ด้านการสอนเคมี ด้านการออกข้อสอบ PISA เพื่อประเมินความถูกต้องและความเหมาะสมของแบบทดสอบ

2.1.7 ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องสูงกว่า 0.5 ถือว่าเหมาะสมในการทดสอบ

2.1.8 ทำการปรับปรุงแบบทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา

2.1.9 จัดทำแบบทดสอบสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2.3 แบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้

แบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ในงานวิจัยสร้างขึ้นเพื่อสะท้อนผลการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการจดบันทึกเหตุการณ์ขณะจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้นการจัดการเรียนรู้ เพื่อปรับปรุงการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป โดยรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.3.2 กำหนดขอบเขตการสังเกตตามตัวชี้วัดของสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.3.3 สร้างแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้

2.3.4 นำแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม

2.3.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.3.6 จัดทำแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์

2.4 อนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน

อนุทินสะท้อนคิดของนักเรียนผู้ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสะท้อนความคิดเห็นและเจตคติของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อปรับปรุงการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป โดยรายละเอียด ดังนี้

2.4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน

2.4.2 กำหนดขอบเขตการจดบันทึก

2.4.3 สร้างอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน

2.4.4 นำแบบอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม

2.4.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียนตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.4.6 จัดทำแบบอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียนฉบับสมบูรณ์

2.5 ใบกิจกรรมการเรียนรู้

ใบกิจกรรมการเรียนรู้เป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูลเกี่ยวสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการจัดบันทึกของนักเรียน โดยรายละเอียด ดังนี้

2.5.1 ศึกษาตัวบ่งชี้ของสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.5.2 ศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.5.3 ศึกษาเนื้อหารายวิชาเคมีเพิ่มเติมเรื่อง กรด-เบส

2.5.4 กำหนดขอบข่ายการบันทึกของนักเรียน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) การวิเคราะห์สถานการณ์
- 2) การระบุประเด็นปัญหา
- 3) การออกแบบกระบวนการตรวจสอบประเด็นปัญหา
- 4) การประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.5.5 สร้างใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.5.6 นำใบกิจกรรมการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมด้านภาษาและเนื้อหา

2.5.7 ปรับปรุงแก้ไขใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.5.8 จัดทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์

วิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ โดยการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และการบันทึกระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ในแต่ละวงจรการปฏิบัติการ และวิเคราะห์รวมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 ทำการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือต่างๆ ดังนี้ ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และการบันทึกระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.2.1 ทำการวิเคราะห์และตีความที่ได้จากเครื่องมือ ได้แก่ ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และการบันทึกระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2.2 ทำการใส่รหัสข้อมูล เพื่อจัดระเบียบข้อมูลให้เป็นไปตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มุ่งพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.2.3 นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาจัดกลุ่มให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและตีความหมาย

1.2.4 ตีความและสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสู่แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มุ่งพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ในแต่ละวงจรการปฏิบัติการ และวิเคราะห์รวมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ โดยข้อมูล

ที่ได้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 ประเภทจะนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน เพื่อความสอดคล้องของข้อมูล โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

2.1.1 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือ ได้แก่ ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้

2) ทำการใส่รหัสข้อมูล เพื่อจัดระเบียบข้อมูลให้เป็นไปตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากแผนการจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะบันทึกและวิเคราะห์ในแต่ละวงจรการปฏิบัติการ ส่วนของแบบทดสอบวัดสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นจะนำมาวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของนักเรียนที่แสดงออกจากการจัดกิจกรรม โดยมีตัวชี้วัดของ PISA ในปี ค.ศ.2015 ทั้งหมด 5 ตัวชี้วัด คือ ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

3) นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาจัดกลุ่มให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและตีความหมาย

4) ตีความหมายข้อมูลและสรุปตามกรอบของสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางของ PISA ในปี ค.ศ.2015 (OECD, 2013)

2.1.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) Method triangulation โดยทำการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลจากเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ ซึ่งพิจารณาข้อมูลที่สะท้อนให้เห็นถึงความสอดคล้องและให้ข้อมูลที่ในประเด็นเดียวกัน ซึ่งการทดสอบด้วย วิธีสามเส้า (Triangulation) หากข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือต่างชนิดกัน โดยที่เครื่องมือหนึ่งให้ข้อมูลที่สอดคล้องกันและให้ข้อมูลในประเด็นเดียวกันที่เป็นไปในที่ทางเดียวกันแล้วจะแสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล ซึ่งสะท้อน

ให้เห็นว่าในแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

2.2.1 ทำการวิเคราะห์จากแบบทดสอบวัดสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้เกณฑ์ตามตัวชี้วัดของสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในปี ค.ศ.2015 ซึ่งมีการคำนวณหาค่าเฉลี่ย () ค่าร้อยละ (%) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2.2.2 ทำการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อศึกษาการพัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาทางด้านสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้และแสดงให้เห็นว่าจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้นช่วยพัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

2.2.3 ผู้วิจัยวิเคราะห์ อภิปราย สรุปผล และรายงานผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำมาเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและให้ข้อมูลในประเด็นเดียวกันของข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เป็นเป็นค่ากลางทางสถิติค่าหนึ่ง ซึ่งหาได้จากจำนวนที่ได้จากผลรวมของข้อมูลทั้งหมดหารด้วยจำนวนชุดของข้อมูล

$$\text{สูตร } \bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N แทน จำนวนชุดของข้อมูล

1.2 ค่าร้อยละ (%) เป็นสัดส่วน เมื่อเทียบกับ 100

$$\text{สูตร } P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าร้อยละ
	f	แทน	ความถี่ของข้อมูลที่ต้องการ
	N	แทน	จำนวนชุดของข้อมูล

1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เป็นค่าวัดการกระจายที่สำคัญทางสถิติ

$$\text{สูตร } S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	แทน	ข้อมูลแต่ละตัว
	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนชุดของข้อมูล

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาจากการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ของ แบบทดสอบวัดสมรรถนะ ประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หาได้จากสูตร

$$\text{สูตร } IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดสมรรถนะ ประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกรอบการประเมินสมรรถนะ ประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส
-------	-------	-----	---

$\sum X$	แทน	ผลรวมข้อมูลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละข้อ
N	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยใช้เครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติพื้นฐาน เพื่อตอบคำถามงานวิจัย 2 คำถาม ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ควรมีแนวทางอย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการนำเสนอผลการวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำถามวิจัยข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ควรเป็นแนวทางอย่างไร

เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการแบบสืบ เสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็น ข้อมูลพื้นฐานในการการพัฒนาจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อ พัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด เบส ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลโดยแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ 1) ผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้แผนการ จัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดได้ผ่านการตรวจสอบ ความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 2) แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะ เต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทั้งสองส่วนมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3

เพื่อให้การดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีขั้นตอน และบรรลุตามวัตถุประสงค์ ที่ตั้งไว้ การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยศึกษา สืบหาข้อมูล วางแผน หลังจากทิวเคราะห์และกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขเพื่อใช้ในการวางแผนจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตาม แผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นปฏิบัติการ (Observer) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยสังเกตผลการเปลี่ยนแปลง ที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ โดยวิธีการสังเกต และจดบันทึกผลการสังเกต ซึ่งผู้วิจัยใช้ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนความคิดของ นักเรียนเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลข้างต้น

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นปฏิบัติการ (Reflect) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยสะท้อนผลหลังจากการจัดการเรียนรู้ โดยนำข้อมูลจากการสังเกตวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขการจัดการเรียนรู้ต่อไป ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยผลของการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนที่ 1 ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย แผนที่ 2 รู้ทันปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง แผนที่ 3 กำจัดความกระด้าง ซึ่งแผนการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้นมีเนื้อหาและการทดสอบผลที่เกิดขึ้น โดยอาศัยค่าความเป็นกรด เบส แต่ละแผนใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนละ 5 ชั่วโมง โดยแผนที่ 1 เริ่มจัดการเรียนรู้ในวันที่ 8 กรกฎาคม 2562 ถึงวันที่ 18 กรกฎาคม 2562 จัดการเรียนรู้ในวันจันทร์ เวลา 8.30–10.20 น. และวันพฤหัสบดี เวลา 11.10–12.00 น. ของทุก ๆ สัปดาห์ รวม 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

- 1.1 ขั้นสร้างความสนใจ
- 1.2 การสำรวจตรวจสอบ
- 1.3 การอธิบายและลงข้อสรุป
- 1.4 ขยายความรู้และปรับปรุง
- 1.5 การวัดและประเมินผล

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ กรณีการรั่วไหลของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า น้ำเสียที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะที่ใช้ภายในชุมชนได้เปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในจุดต่าง ๆ ที่น้ำเสียเคลื่อนตัวไป ก่อให้เกิดสภาพน้ำเน่าเสียและปลาตาย ซึ่งหากปัญหานี้ไม่ถูกแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของคนในชุมชนที่ใช้แหล่งน้ำในบริเวณดังกล่าวในการอุปโภคบริโภค ผ่านระบบประปาหมู่บ้านหรือบ่อบาดาลภายในชุมชน ซึ่งมีความจำเป็นและยากแก่การหลีกเลี่ยง ในฐานะที่นักเรียนเป็นกรมควบคุมมลพิษได้รับมอบหมายให้ดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำในชุมชนนี้ โดยออกแบบกระบวนการตรวจสอบและเครื่องมือในการตรวจสอบให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในชุมชน ใช้งานสะดวก ประหยัดงบประมาณ และให้ผลที่แม่นยำน่าเชื่อถือให้

มากที่สุด โดยมีเป้าหมายหลักคือ ตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ ซึ่งนักเรียนจะต้องประยุกต์ใช้ความรู้ในเรื่องของการคำนวณหาค่าพีเอช ของสารละลายเมื่อทราบความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- และบอกความเป็นกรด เบสของสารละลายจากค่าพีเอช ได้ และอธิบายเหตุผลที่ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี และใช้ช่วงของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์บอกค่าพีเอช หรือความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้มาใช้ในการแก้ปัญหาในกิจกรรม (รายละเอียดตั้งแต่แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กิจกรรมฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย ในภาคผนวก ก)

จากการกำหนดกิจกรรมให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อทราบปัญหาน้ำเสียในชุมชน และออกแบบกระบวนการตรวจสอบและแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมที่นักเรียนต้องการศึกษาได้ อีกทั้งยังไม่สามารถออกแบบการทดลองที่ต้องการได้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนขาดสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบวัดสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ข้อสอบ PISA ขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางด้านการเศรษฐกิจ (OECD) ซึ่งข้อสอบดังกล่าวเน้นการวัดสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.96 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.27 จากการวิเคราะห์การตอบคำถามของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมที่นักเรียนต้องการศึกษาได้ นักเรียนไม่สามารถแยกแยะได้ว่าวิธีการแก้ปัญหาใดเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนไม่สามารถบอกวิธีการตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและแม่นยำได้

2. ชั้นปฏิบัติ (Act) และชั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ โดยระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนพร้อมทั้งใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ (ทำการบันทึกโดยผู้วิจัย และผู้ร่วมวิจัย) ในบันทึกกิจกรรม แบบประเมินใบบันทึกกิจกรรมแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ

ในขั้นตอนของการสร้างความสนใจและระบุประเด็นปัญหานี้ ผู้วิจัยได้เริ่มจากการสร้างข้อตกลงในการเรียนรู้ร่วมกันกับนักเรียน และอธิบายถึงลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ต้องบูรณาการองค์ความรู้หลากหลายด้าน เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ซึ่งผู้วิจัยได้ยกเอาปัญหาใกล้ตัวนักเรียน คือ ปัญหาน้ำเน่าเสียเนื่องจากกิจกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ใกล้

บริเวณชุมชน เพื่อกระตุ้นให้เด็กเห็นภาพของปัญหาที่เกิดขึ้น และหาแนวทางการจัดการและแก้ไข ปัญหา จากนั้นผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มโดยมีสมาชิกในกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยความสามารถในการเรียนของนักเรียน (เก่ง ปานกลาง และอ่อน) จากนั้นผู้วิจัยได้นำเสนอสถานการณ์ โดยการบอกเล่าสถานการณ์ปัญหาพร้อมกับแจกใบกิจกรรมเรื่อง “ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย” ให้กับนักเรียน

จากการสังเกตพบว่าเป็นขั้นตอนการสร้างแรงบันดาลใจนี้ นักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างดี และเมื่อทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนโดยแต่ละคนที่มีความสามารถแตกต่างกัน อยู่กลุ่มเดียวกันและแสดงความคิดเห็นอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว พบว่ามีนักเรียนยังคงให้ความสนใจ และร่วมมือกันทำกิจกรรมเป็นอย่างดี อาจเป็นเพราะสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดขึ้น และให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัว ที่นักเรียนสามารถพบเห็นได้ภายในชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่ และนักเรียนมีความตระหนักในผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับตัวเองและคนรอบตัวในระยะยาว ด้วยเหตุนี้หัวข้อปัญหานี้จึงสามารถช่วยเพิ่มความสนใจของนักเรียนได้ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้อภิปรายร่วมกับนักเรียนโดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที โดยผู้วิจัยใช้คำถามประกอบการอภิปราย ดังนี้ จากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวเกี่ยวกับน้ำเน่าเสียส่งผลกระทบต่อสัตว์ประเภทใด จากสถานการณ์ดังกล่าว ค่าความเป็นกรด เบส ของแหล่งน้ำส่งผลต่อปลาอย่างไร นักเรียนเชื่อหรือไม่ เพราะอะไรถึงเชื่อแบบนั้น และนักเรียนมีวิธีการตรวจสอบข้อสงสัยของนักเรียนได้อย่างไร นักเรียนจะมีโอกาสได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ดังกล่าวหรือไม่ นักเรียนมีแนวทางในการแก้ไขปัญหานี้ อย่างไร จากการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี มีการแลกเปลี่ยน แสดงความคิดเห็นตอบโต้กับผู้วิจัย ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจำลองสถานการณ์โดยสมมติให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่มีปัญหา มีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะต้องร่วมกันระบุประเด็นปัญหาโดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่ รวมถึงระบุสาเหตุของปัญหาและผลกระทบของสภาพปัญหาจากสถานการณ์เรื่อง “ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย” โดยร่วมกันหาแนวทางในการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา ตรวจสอบว่าปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นจริงหรือไม่ ส่งผลกระทบต่อชุมชนจริงหรือไม่ และเมื่อพบว่าเกิดปัญหาดังกล่าวจริง จึงทำการหาวิธีและออกแบบกระบวนการในการแก้ไขคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ โดยประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องค่าพีเอชของสารละลาย

จากการสังเกตพบว่าเป็นช่วงแรกนักเรียนส่วนใหญ่สับสน และไม่เข้าใจว่าจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดนั้นต้องการแก้ปัญหาอะไร เนื่องจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดนั้น การระบุปัญหาเกี่ยวกับการรั่วไหลของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมค่อนข้างเป็นลักษณะปลายเปิด กล่าวคือ มีหลายสาเหตุที่เกิดน้ำเสีย ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มวิเคราะห์และตีความไปในทิศทางที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการชี้แจงเพิ่มเติมให้นักเรียนทราบว่าปัญหาที่นักเรียนเลือกในการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นคือ เป็นปัญหาที่นักเรียนสามารถใช้กระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์มาแก้ไขปัญหานั้นๆได้ เมื่อได้รับคำชี้แจงเพิ่มเติมแล้วทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น และไปในทิศทางเดียวกัน จากการสังเกต พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ ได้ แต่นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถระบุได้ และบางกลุ่มระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจและแก้ไข ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เหมือนกันกับปัญหาของสถานการณ์ เหตุอาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่ เข้าใจความหมายและความแตกต่างของปัญหาทั้งสอง เมื่อไม่เข้าใจความหมายและความแตกต่าง จึง ทำให้ไม่สามารถแยกปัญหาของทั้งสองกรณีได้ ผู้วิจัยจึงได้อธิบายชี้แจงให้นักเรียนทราบว่าปัญหาของ สถานการณ์คือปัญหาทั่วไป หลังจากนั้น ทำให้นักเรียนระบุปัญหาอีกครั้ง พร้อมทั้งตอบคำถามที่กำหนด ในใบกิจกรรม หลังจากนั้นผู้วิจัยได้สอบถาม นักเรียนถึงปัญหาที่นักเรียนระบุได้ โดยให้นักเรียนแต่ละ กลุ่มตอบ ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาที่จำเพาะ เป็นปัญหาที่จำเป็นต้องใช้กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ในการสำรวจ ตรวจสอบ และแก้ไขปัญหา ได้ดังนี้ คือ ค่าพีเอช ของน้ำมีผลกระทบต่อ คุณภาพน้ำหรือไม่ ปริมาณของออกซิเจนในน้ำมีผลต่อปลาหรือไม่ น้ำเน่าเสียทำให้ปลาตายใช่หรือไม่

2.2 การสำรวจตรวจสอบ

หลังจากที่แต่ละกลุ่มทำการระบุปัญหาและเข้าใจเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหา แล้ว ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มทำการศึกษาปัญหาให้ละเอียดมากขึ้น โดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนทำการ สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา โดยขั้นตอนนี้เป็นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการสืบค้นข้อมูลทั้งใน หนังสือเรียน สื่อออนไลน์ เว็บไซต์ต่าง ๆ และหนังสือต่างๆนอกห้องเรียน

จากการสังเกตพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการสืบค้นข้อมูล เป็นอย่างดี วิธีการที่นักเรียนส่วนใหญ่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลคือการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตและ สื่อออนไลน์ ซึ่งจากการสอบถามนักเรียนถึงสาเหตุที่ใช้อินเทอร์เน็ตหรือสื่อออนไลน์เป็นแหล่งข้อมูล หลัก นักเรียนให้เหตุผลว่าการหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตหรือสื่อออนไลน์เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่จากทั่วทุกมุมโลก และได้ข้อมูลที่หลากหลายภายในเวลา อันรวดเร็ว แต่ปัญหาที่พบคือนักเรียนส่วนใหญ่ทำการสืบค้นโดยไม่มีการวางแผนล่วงหน้าว่าจะสืบค้น ข้อมูลเรื่องใด ในหัวข้อใด ไม่มีการแบ่งภาระงานระหว่างคนในกลุ่ม ต่างคนต่างสืบค้นข้อมูล ทำให้เกิด การทำงานซ้ำซ้อนกัน หลายคนมุ่งเน้นหาข้อมูลในหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งจึงได้ข้อมูลของหัวข้อใดหัวข้อ หนึ่ง แต่บางหัวข้อไม่มีใครให้ความสนใจจึงไม่ได้ข้อมูลในหัวข้อนั้นๆ เกิดปัญหาว่าได้ข้อมูลที่ไม่ ครบถ้วน ผู้วิจัยจึงได้เสนอหัวข้อแนวทางการสืบค้นเพิ่มเติมโดยการกำหนดหัวข้อให้ชัดเจนมากขึ้น เช่น คุณภาพน้ำเป็นอย่างไร ปัจจัยใดที่ส่งผลทำให้คุณภาพน้ำมีปัญหา การตรวจสอบน้ำเสียเป็น อย่างไร นอกจากนี้ยังพบอีกว่านักเรียนไม่เลือกแหล่งของข้อมูลที่เป็นวิชาการหรือน่าเชื่อถือพอ ผู้วิจัย เลยให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาข้อมูลทางวิชาการวิทยาศาสตร์ทางออนไลน์ว่าควรเป็นเช่นไรถึง จะเป็นที่น่าเชื่อถือได้ ในส่วนของการระบุข้อมูลหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องนั้นนักเรียนสามารถระบุลงในใบ กิจกรรมได้ จากการสังเกตพบว่านักเรียนส่วนใหญ่แสดงออกได้ชัดเจนว่าขาดความมั่นใจในการตอบ

คำถาม ซึ่งอาจเป็นเพราะ นักเรียนไม่มั่นใจในองค์ความรู้ที่ตัวเองหามาได้ว่าถูกต้องตามความคาดหวัง และตามวัตถุประสงค์ของเนื้อหาหรือไม่ เนื่องจากปัญหามีหลายปัญหาแตกต่างกันออกไป และเมื่อมีนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาได้ตามที่คาดหวัง ผู้วิจัยจึงได้ชี้แนะคำตอบ ส่งผลให้ท้ายที่สุดนั้น นักเรียนในชั้นเรียนทุกกลุ่มระบุปัญหาได้ เป็นไปในแนวทางเดียวกันตามที่ผู้วิจัยคาดหวัง ดังจะเห็นได้จากการแยกแยะประเด็นปัญหาของนักเรียน

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ระดมความคิดเพื่อออกแบบกระบวนการทดลอง ที่สามารถตรวจสอบและแก้ปัญหาที่นักเรียนได้ระบุไว้ได้ รวมถึงจะต้องออกแบบวิธีการสร้างนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสีย โดยให้นักเรียนกำหนด วัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ เช่น สารเคมีที่ใช้ รูปแบบนวัตกรรมหรือชิ้นงาน ทั้งนี้ให้ความหลากหลายมากที่สุดเท่าที่นักเรียนจะสามารถกำหนดขึ้นมาได้ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาในชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาใช้ โดยจะต้องคำนึงถึง คุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้ จากนั้นแต่ละกลุ่มรวบรวมและแบ่งปันรูปแบบวิธีการสร้างนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียกับสมาชิกคนอื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เนื่องจากนักเรียนยังไม่เคยออกแบบการทดลองด้วยตนเอง และมีระยะเวลาเพียงสั้นๆในการระดมความคิด ผู้วิจัยจึงได้ชี้แนะเพิ่มเติมและกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบคล้ายๆ กัน ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าการทดลองดังกล่าวเป็นความสามารถของนักเรียนจริง ๆ ในความเป็นจริงแล้ว ผู้วิจัยควรจะให้ นักเรียนออกแบบการทดลองด้วยตนเองซึ่งปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป นอกจากนั้นแล้วก่อนที่จะให้นักเรียนร่วมกันออกแบบการทดลอง ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุตัวแปรของการทดลอง ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม พบว่า มีนักเรียนบางคนไม่รู้จักตัวแปรในการทดลอง และไม่สามารถกำหนดตัวแปรของการทดลองทั้งสามตัวแปรได้ ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนยังไม่เข้าใจความหมายและความแตกต่างตัวแปรทั้งสาม จากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง โดยผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนใช้เวลาออกแบบการทดลอง 30 นาที หลังจากนักเรียนได้ออกแบบการทดลองแล้วให้นักเรียนนำเสนอแบบการทดลองพร้อมทั้งประเมินวิธีการทดลองของตัวเองเป็นเวลา 30 นาทีเช่นเดียวกัน โดยระหว่างนั้นผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการทดลอง ในเรื่อง “ฝาวิกฤตน้ำเน่าเสีย” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมาเลือกเองว่าการทดลองของตัวเองนั้น จำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ชนิดใด เพื่อประโยชน์อะไรในการทดลอง ตามความเหมาะสม สอดคล้อง และสามารถใช้เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่กำหนดได้ จากการสังเกตพบว่าระหว่างที่ผู้วิจัยให้นักเรียนลงมือออกแบบการทดลอง มีนักเรียนบางคนในกลุ่มนั่งทำเอกสาร และมีนักเรียนบางคนของแต่ละกลุ่มมาเลือกอุปกรณ์ โดยหยิบออกไปวางที่โต๊ะของตนเอง บางกลุ่มหยิบอุปกรณ์ไปมากเกินความจำเป็น ทำให้อุปกรณ์ไม่เพียงพอสำหรับบางกลุ่มที่เหลือ ซึ่งบางกิจกรรมสามารถใช้อุปกรณ์ร่วมกันได้ และความเป็นจริงแล้ว ผู้วิจัยเพียงแค่นักเรียนออกแบบการ

ทดลองเท่านั้น ยังคงต้องตรวจสอบแบบการทดลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมา พร้อมกับปรับแก้ไขให้มีความถูกต้องเหมาะสม ยังไม่ใช่ขั้นของการลงมือทำการทดลอง ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่าเด็กนักเรียนยังคงไม่สามารถเรียงลำดับความสำคัญของขั้นตอนการออกแบบการทดลองในแต่ละขั้นตอนได้ ซึ่งการที่ยังออกแบบการทดลองไม่แล้วเสร็จแต่ด่วนตัดสินใจเลือกอุปกรณ์แล้วนั้น จะทำให้ได้อุปกรณ์ที่ไม่ถูกต้องและจำเป็นกับการทดลองของตนเอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสื่อสารที่ไม่ชัดเจนของผู้วิจัย ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยจึงได้แจ้งแนวทางการให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองในแต่ละขั้นตอน ให้นักเรียนทราบอีกครั้ง

จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนไม่สามารถเลือกอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้ เพราะนักเรียนทำสองกระบวนการในเวลาเดียวกัน คือระหว่างนักเรียนในกลุ่มกำลังออกแบบการทดลองและยังออกแบบการทดลองไม่เสร็จแต่มีนักเรียนบางคนในกลุ่มออกมาเลือกอุปกรณ์การทดลองก่อน คนที่ออกแบบการทดลองกับคนที่ไปเลือกอุปกรณ์การทดลองก็เป็นคนละคนกัน และจากการที่นักเรียนยังออกแบบการทดลองไม่เสร็จ ดังนั้นนักเรียนยังคงไม่สามารถสรุปได้ว่ากลุ่มของตัวเองต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง สาเหตุอาจเนื่องมาจากนักเรียนเคยชินกับการเรียน การสอนแบบเดิม ในการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติการทดลอง ครูผู้สอนจะยก ตะกร้าที่มีเฉพาะอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นเท่านั้นมาให้ให้นักเรียน จึงทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกการทำงานตามลำดับขั้นตอนให้เสร็จไปทีละอย่าง นักเรียนไม่คำนึงถึงความสะดวกรวดเร็วในการการทำงาน และไม่คำนึงถึงการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะสมกับการทดลอง การทำงานที่ไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอนนี้ยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ตระหนักในการเลือกใช้วัสดุที่จำเป็นและเกิดความคุ้มค่าประหยัดงบประมาณ อย่างไรก็ตามในระหว่างที่นักเรียนกำลังออกแบบการทดลอง ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการระดมความคิดเพื่อออกแบบการทดลอง โดยมีการถกเถียงแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และอภิปรายเกิดขึ้นภายในกลุ่ม โดยนักเรียนจะต้อง ทำการทดลองชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบและทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลอง ซึ่งความเป็นจริงแล้วผู้วิจัยไม่ควรชี้แนะคำตอบมากเกินไป เพราะจะทำให้ นักเรียนขาดการคิดวิเคราะห์ ตัดสินใจขาดการนำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการทดลองนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน จากนั้นลงมือสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบและวางแผนร่วมกัน และทำการบันทึกรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียและวิธีการทดสอบคุณภาพน้ำเสีย พร้อมการคำนวณค่าพีเอช ของน้ำเสียก่อนทำการบำบัดลงในไบโอบีโอดีกิจกรรมเรื่อง “ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย” ตัวอย่างระหว่างสร้างนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียแสดงดังภาพ

สิ่งที่สังเกตได้ในขั้นตอนนี้พบว่าวิธีการทดลองของนักเรียนส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกัน เช่น ทำการทดลอง 3 ชั่วโมง มีการทดลองชุดควบคุม ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้ชี้แนะ

แนวทางในการออกแบบการทดลองมากเกินไปดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จึงทำให้ไม่แน่ใจว่าวิธีการดังกล่าวมาจากการคิดของนักเรียนจริงๆ หรือนักเรียนเพียงทำตามคำแนะนำของผู้วิจัย หากนักเรียนไม่ได้คิดเอง และทำตามคำสั่งโดยไม่เข้าใจความสำคัญและการนำไปใช้ประโยชน์ของชุดทดลองควบคุม แสดงว่านักเรียนไม่ได้มีคุณสมบัติพึงประสงค์ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังจากนักเรียนได้ออกแบบการทดลองแล้วนั้น ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันประเมินวิธีการทดลองที่ตนเองได้ออกแบบไว้แล้วเปรียบเทียบกับวิธีการของกลุ่มอื่นๆ โดยบันทึกการประเมินลงในแบบประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนเลือกรูปแบบการทดลองที่คิดว่ามีความถูกต้อง เหมาะสม มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำไปสู่การหาคำตอบของปัญหา และใช้ในการสร้างเครื่องนวัตกรรมได้มากที่สุดพร้อมให้เหตุผลประกอบจากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยใช้เวลาแก่นักเรียน 30 นาทีเช่นกัน ในการออกแบบการทดลอง พบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มออกแบบการทดลองไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด ส่งผลให้ในขั้นตอนของการนำเสนอวิธีการทดลองและประเมินวิธีการทดลองนั้น ผู้วิจัยได้ให้นักกลับไปทำเป็นการบ้าน โดยสาเหตุที่ทำให้นักเรียนบางกลุ่มออกแบบการทดลองเสร็จไม่ทันตามเวลาที่กำหนด อาจเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่มีสมาธิในสิ่งที่ทำเท่าที่ควร ประกอบกับนักเรียนไม่มีประสบการณ์ในการออกแบบการทดลองด้วยตนเอง เพราะในการเรียนการสอนที่ผ่านมา นักเรียนจะเคยชินกับการที่มีครูผู้สอนชี้แจงที่มาและวัตถุประสงค์ของการทำการทดลอง อธิบายวิธีการทดลองต่างๆ ตามลำดับ เตรียมอุปกรณ์เป็นชุดให้เรียบร้อย พร้อมอธิบายแนวทางการบันทึกผล สรุปผล นักเรียนมีหน้าที่เพียงแคฟัง ทำความเข้าใจ และปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ที่คุณครูได้อธิบายให้ และตอบคำถามที่ครูได้กำหนดไว้ทำการทดลอง นี่จึงเป็นเป็นการออกแบบการทดลองด้วยตัวเองครั้งแรกของนักเรียน และมีนักเรียนบางคนไม่ได้มีส่วนร่วมกับเพื่อนๆ ในกลุ่มในการออกแบบการทดลอง ผู้วิจัยเองจึงได้ซักถามถึงสาเหตุของการไม่มีส่วนร่วม พบว่า นักเรียนกลุ่มดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นกลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการเรียนในระดับอ่อน จึงไม่ได้รับความไว้วางใจจากเพื่อนในกลุ่ม หรือเมื่อแสดงความคิดเห็นต่างๆออกไปแล้วไม่ได้รับการยอมรับจากเพื่อนในกลุ่ม จึงมีความไม่มั่นใจในการจะแสดงความคิดเห็นอยู่เฉยๆดีกว่า ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แนะนำให้เพื่อนที่ทำหน้าที่หลักในการออกแบบการทดลองซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มของนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการเรียนในระดับปานกลางและดีว่าเมื่อตัวเองมีความรู้ความเข้าใจแล้ว และทำงานได้แล้วควรอธิบายให้ทุกคนในกลุ่มมีความเข้าใจในการะบวนการที่ออกแบบมาให้เหมือนกัน นอกจากนี้ยังแนะนำให้เพื่อนที่ไม่มีส่วนร่วมให้พยายามซักถามเพื่อนในกลุ่มเพื่อที่จะเข้าใจในกระบวนการเท่าเทียมกับทุกคนในกลุ่ม ในขั้นตอนนี้นักเรียนทุกกลุ่มสามารถออกแบบนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียได้ไม่ทันตามเวลา

ในขั้นตอนนี้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทำการทดลองตามที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบโดยมีเวลาให้ 1 ชั่วโมง พร้อมทั้งจัดเก็บอุปกรณ์ต่างๆ ให้เรียบร้อย หลังจากให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้

ดำเนินการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ จากการสังเกต พบว่านวัตกรรมที่นักเรียนได้สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียของนักเรียนบางกลุ่มสามารถนำมาใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียได้ดี นั่นคือได้ค่าพีเอช ใกล้เคียงกับกระดาษลิตมัสซึ่งเป็นเครื่องมือตรวจวัดค่าพีเอชที่เป็นที่ยอมรับและใช้กันเป็นสากล บางกลุ่มไม่สามารถนำมาใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียได้ กล่าวคือค่าพีเอช ที่ได้แตกต่างและไม่สอดคล้องกับผลของกระดาษลิตมัส แต่จากการที่ผู้วิจัยสังเกตผลการทดลองของนักเรียน พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้น แต่นักเรียนก็ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากไม่ได้เอาไปเปรียบเทียบกับการทดลองชุดควบคุมซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้น นั้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่เข้าใจในกระบวนการและวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยยังสังเกตพบว่า นักเรียนที่เข้าใจในกระบวนการที่ตัวเองได้ออกแบบว่าทำไปเพื่ออะไร ทำให้ได้มีการเสนอแนะวิธีการทดลองใหม่ๆ ที่อาจเป็นไปได้ และมีความแม่นยำ น่าเชื่อถือ ประหยัดและอาจใช้วัสดุหรืออุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในชีวิตประจำวัน ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นอุปกรณ์ในห้องทดลองเสมอไป

2.2.3 การอธิบายและลงข้อสรุป

ในขั้นตอนนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทดลองและให้นักเรียนร่วมกันบอกข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการทดลองของกลุ่มตนเองและประเมิน สำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังทดลองโดยผู้วิจัยใช้คำถามประกอบการอภิปรายร่วมกับนักเรียน ดังบทสนทนา ต่อไปนี้

“จากการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของอินดิเคเตอร์หรือไม่สังเกตได้อย่างไร”

“กรดหรือเบสทำปฏิกิริยาเคมีกับอินดิเคเตอร์สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นใช่หรือไม่”

“ผลจากการสังเกตน่าเชื่อถือหรือไม่อย่างไร”

คำถามข้อนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ตอบไม่ได้ ซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง คือ การเปรียบเทียบกับการทดลองชุดควบคุม ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนยังไม่ทราบวิธีการต่างๆ ที่ นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ในการนำเสนอผลการทดลองและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนสามารถนำเสนอผลการทดลองได้ตามเวลาที่กำหนด

2.2.4 ขยายความรู้และปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมตัวอย่างน้ำเสียที่มีลักษณะใกล้เคียงกับน้ำเสียในแหล่งน้ำ เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบและประเมินการใช้งานของนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียที่นักเรียนได้ร่วมกันสร้างขึ้น จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดสอบนวัตกรรมในการ

ตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งทำการทดสอบโดยนำนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียมาทดสอบน้ำเสียและเปรียบเทียบกับกระดาษลิตมัสตัวอย่าง โดยหากกลุ่มใดที่สามารถสร้างนวัตกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพบรรลุตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนด ถือว่านวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียนั้นสามารถนำไปใช้ได้จริงและถือว่ากลุ่มประสบความสำเร็จในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียครั้งนี้โดยใช้เวลาแก่นักเรียน 60 นาที ในการศึกษาสถานการณ์และตอบคำถามลงในใบกิจกรรมจากการสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสีย และนวัตกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียของนักเรียนสามารถนำมาใช้ตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียได้ดี นั่นคือค่าพีเอช ที่ได้จากนวัตกรรมที่นักเรียนสร้างขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับกระดาษลิตมัส เมื่อทุกกลุ่มทำการทดสอบเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ให้แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานของตัวเองกลับไปปรับปรุงแก้ไขแล้วนำมาทดสอบอีกครั้ง ในขั้นตอนนี้ยังสังเกตเห็นว่า นักเรียนบางกลุ่มใช้วัสดุอุปกรณ์จากการคาดเดา ไม่ได้อ้างอิงหลักการหรือทฤษฎี จึงทำให้ผลการทดสอบไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ในระหว่างการทดสอบพบว่านักเรียนให้ความสนใจกับการทดสอบนวัตกรรมของกลุ่มตนเองเป็นอย่างมาก ทำให้บรรยากาศในห้องเรียนเต็มไปด้วยความสนุกสนาน ครึกครื้น ทั้งนี้เป็นเพราะส่วนใหญ่แล้วนักเรียนจะได้เรียนกับหนังสือ หรือกระดาษและฟังคำบรรยายจากครูฝ่ายเดียว พอได้มีกิจกรรมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ได้ทำการทดลองประกอบกับได้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นแล้วอาจจะรู้สึกว่าเป็นสิ่งที่จับต้องได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง จึงมีความสนุกสนาน มีความสุขพร้อมกับการได้ความรู้ควบคู่ไปด้วย ซึ่งเป็นข้อดีที่จะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนตามแผนการเรียนรู้ดังกล่าว รวมถึงแผนการเรียนอื่นๆที่มีลักษณะเนื้อหาใกล้เคียงกัน

2.5 การวัดและประเมินผล

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอที่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน โดยให้นำเสนอ 3 หัวข้อคือ จุดเด่นของนวัตกรรมที่กลุ่มตัวเองได้สร้างขึ้น ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่สร้างขึ้นและเมื่อพบว่านวัตกรรมของตัวเองมีข้อบกพร่องหรือให้ผลคลาดเคลื่อนจาก ตัวอย่างควบคุม นักเรียนได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมของตัวเองอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้เวลาในการนำเสนอกลุ่มละ 15 นาที นอกจากนั้นมีผู้วิจัยร่วมสะท้อนผล และสรุปความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองทั้งในด้านข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ค่าพีเอชเปลี่ยนแปลงว่ามีความสอดคล้องกับสีที่เกิดขึ้น รวมถึงข้อมูลการออกแบบการทดลองตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้นตอนให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น และยังให้กับนักเรียนเพิ่มเติมพร้อมให้นักเรียนคัดเลือกผลงานที่ดี ด้วยการให้นักเรียนทุกคนลงคะแนนให้กับกลุ่มที่ตัวเองคิดว่ามีวิธีในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม สร้างนวัตกรรมในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียได้อย่างสร้างสรรค์ คุ่มค่า ประหยัด และนำไปใช้ได้จริงในแหล่งชุมชนหลังจากได้รับฟังการนำเสนอของเพื่อทุกกลุ่มแล้ว

จากการสังเกต พบว่า เมื่อมีการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่บริเวณ หน้าชั้นเรียนผ่านจอโปรเจคเตอร์ ทำให้นักเรียนทุกคนในห้องเรียนสามารถมองเห็นผลงานและวิธีแก้ปัญหาของเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้ชัดเจนเพื่อประกอบการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาของเพื่อนกลุ่มอื่น ซึ่งนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ได้ให้ความสนใจในการแสดงความคิดเห็นและตั้งคำถามต่อเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้อย่างดี แต่ยังไม่มีการโต้แย้งที่ขาดการนำประเด็นของการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ค่าพีเอชของสารละลาย มาร่วมกระบวนการพิจารณาในการแก้ปัญหา คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความเชื่อมโยงของค่าพีเอชและการเปลี่ยนแปลงของสี

3. ชั้นสะท้อนผล (Reflect)

สำหรับข้อมูลในการสะท้อนผลได้มาจาก 1) บันทึกประจำวันของผู้วิจัย 2) แบบบันทึก การสะท้อนผลจากผู้สะท้อนผลร่วม (ครูพี่เลี้ยง) และ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียด แบ่งตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

3.1 ชั้นสร้างความสนใจ

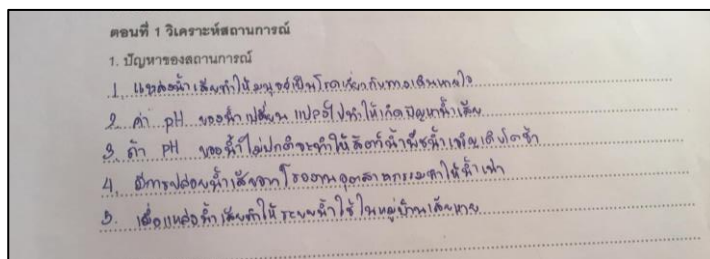
จากการสังเกตโดยผู้วิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ให้นักเรียนให้ความสนใจ เมื่อผู้วิจัยนำสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เรื่อง “ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย” มาให้นักเรียนร่วมกัน อภิปรายภายในกลุ่ม อาจเป็นเพราะว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ที่มีการนำเข้าสู่บทเรียน ด้วยการนำสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นรูปแบบที่ต่างไปจากเดิม และสอดคล้องกับ ความคิดเห็นของนักเรียนที่ว่า สถานการณ์ดังกล่าวเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน นักเรียนไม่จำเป็นต้องใช้จินตนาการ แต่สัมผัสจับต้องได้ จึงสามารถช่วยเพิ่มความสนใจของนักเรียนได้ และสอดคล้องกับความคิดเห็นของ นักเรียนจากการเขียนอนุทินสะท้อนความคิดจากข้อคำถามที่ว่า “นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับรูปแบบการเรียนรู้” ดังตัวอย่างต่อไปนี้

“ชอบและสนุก เพราะ ได้ประสบการณ์ทดลองต่างๆ ในการทดลองนี้”

“ชอบ เพราะสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้”

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยมีความคิดเห็น ขั้นตอนนี้ดังกล่าวสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่จะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และสถานการณ์น้ำเน่า-ปลาตาย ที่นำมาใช้นั้นมีความชัดเจนเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้และได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอปัญหาจากสถานการณ์ ที่กำหนดให้ โดยปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถ ระบุได้หลากหลาย ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาที่จำเพาะ เป็นปัญหาที่จำเป็นต้องใช้

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจ ตรวจสอบ ได้ดังนี้ คือ ค่า พีเอช ของน้ำมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำหรือไม่ ปริมาณของออกซิเจนในน้ำมีผลต่อปลาหรือไม่ น้ำเน่าเสียทำให้ปลาตายใช่หรือไม่ ดังจะเห็นได้จากการระบุปัญหาของนักเรียนดังภาพ 10 ต่อไปนี้



ภาพ 9 แสดงการระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจ
ในทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง “ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย”

แต่จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มยังไม่สามารถระบุปัญหา ที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทาง วิทยาศาสตร์ และบางกลุ่มระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เหมือนกันกับปัญหาของสถานการณ์ สาเหตุอาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่เข้าใจความหมายและความแตกต่างของปัญหาทั้งสอง จากการตรวจการบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้ แต่ปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถระบุได้ และบางกลุ่มระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เหมือนกันกับปัญหาของสถานการณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังแยกแยะความแตกต่างของปัญหาไม่ออกว่าแตกต่างกันอย่างไร และในขั้นตอนนำเสนอปัญหาผู้วิจัยสังเกต พบว่า ยังมีนักเรียนบางกลุ่มไม่กล้ายกมือตอบ อาจจะเป็นเพราะไม่มั่นใจว่าคำตอบของตัวเองถูกต้องหรือไม่ เนื่องจากปัญหาที่กำหนดขึ้นแตกต่างไปจากกลุ่มของเพื่อน และเมื่อมีนักเรียนบางกลุ่ม ไม่สามารถระบุปัญหาได้ตามที่คาดหวัง ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องชี้แนะคำตอบที่ได้คือนักเรียนทุกกลุ่มระบุปัญหาเหมือนกันตามที่ผู้วิจัยได้ชี้แนะไว้ ซึ่งทำให้ไม่สามารถประเมินได้ว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ด้วยตนเองหรือเพราะครูชี้แนะ ซึ่งเป็นไปได้ทั้ง 2 แบบ คือ มีนักเรียนบางคนเข้าใจและทำตามคำชี้แนะด้วยความเข้าใจในทุกกระบวนการ เพราะเมื่อผู้วิจัยถามถึงสิ่งที่แตกต่างออกไป นักเรียนเหล่านี้จะสามารถตอบคำถามได้ แต่บางคนทำตามคำชี้แนะเพียงเพื่อให้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามคำชี้แต่ขาดความเข้าใจเมื่อมีข้อคำถามที่แตกต่างออกไปจึงไม่สามารถตอบคำถามได้

3.2 การสำรวจตรวจสอบ

ผู้วิจัยมีความคิดเห็นดังต่อไปนี้ ขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากนักเรียนภายในกลุ่มได้ร่วมกันแยกแยะประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์และตอบคำถามลงในใบกิจกรรม ดังตัวอย่างดังภาพ 11 ต่อไปนี้

2. ประเด็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	
1. สัตว์น้ำ สปีชีส์จะไม่เจริญเติบโตเมื่อ pH ของน้ำไม่เท่ากับ 7 ใช่หรือไม่	✓
2. ถ้า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงไปในที่ใดเกิดมีพืชน้ำในน้ำหรือไม่	✓
3. น้ำเสียเกิดจากทรูบปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมใช่หรือไม่	✗
4. น้ำเสียจะส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจใช่หรือไม่	✗
5. เมื่อน้ำในชุมชนเน่าเสีย จะทำให้น้ำคั่งน้ำใช้ในชุมชนเน่าเสียด้วยหรือไม่	✓

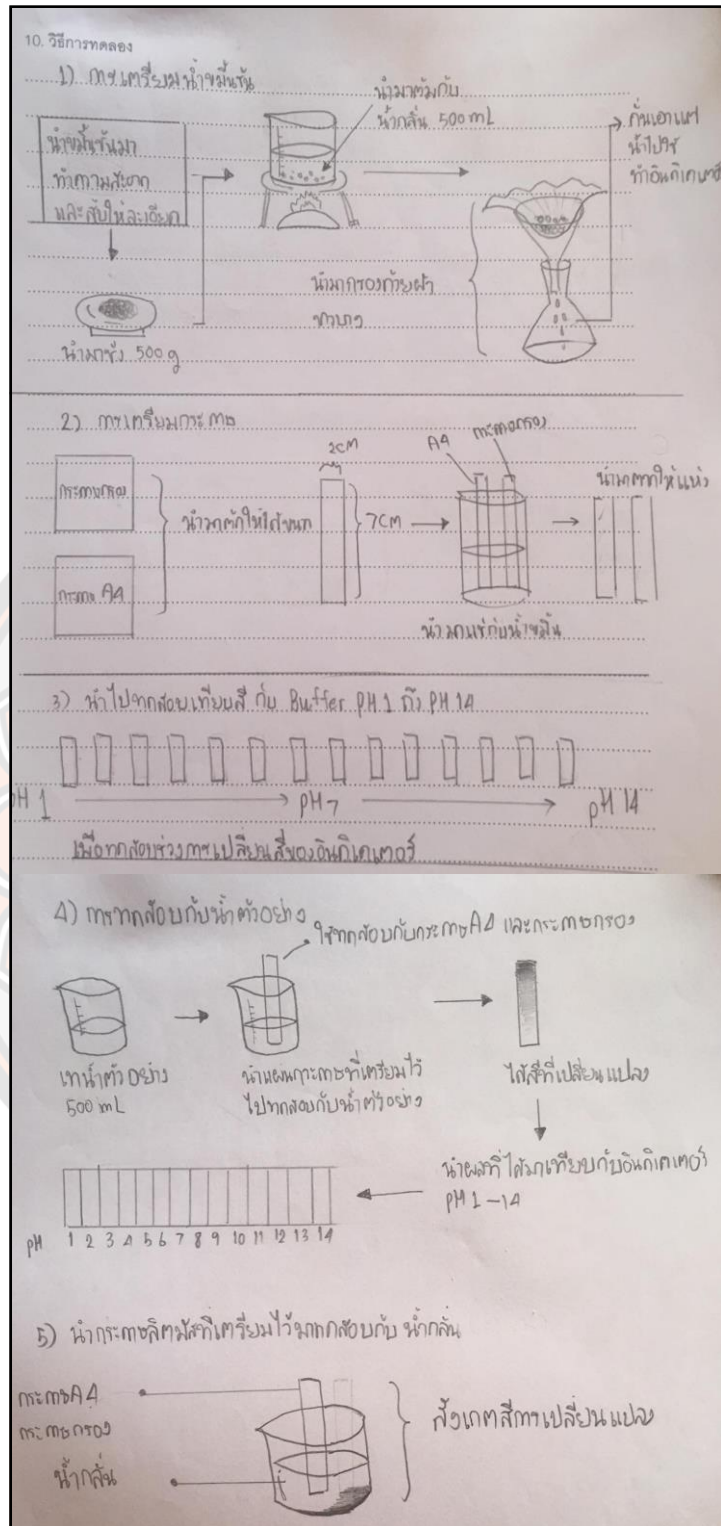
ภาพ 10 แสดงการแยกแยะประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง “ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย”

จากการสะท้อนผลผู้วิจัยไม่แน่ใจว่า ในขั้นตอนดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ เนื่องจากจากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ พบว่า ไม่แน่ใจว่าใครเป็นคนระบุปัญหา เนื่องจากนักเรียนทุกกลุ่มเขียนปัญหาเหมือนกันตามที่ครูผู้สอนชี้แนะ หรือเขียนตามที่บางกลุ่มได้นำเสนอ ทั้งนี้ผู้วิจัยควรจะต้องแก้ปัญหาด้วยการเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหาที่ได้ทุกข้อ จากนั้นให้อภิปรายร่วมกันว่าปัญหาข้อใดบ้างที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมบันทึกพฤติกรรมการเรียนรู้และการให้ความร่วมมือในการการกำหนดปัญหา การแสดงความคิดเห็นเป็นรายบุคคล เพื่อจะได้ทราบและจำแนกได้ว่านักเรียนคนไหนมีความสามารถด้านใด นักเรียนคนไหนอ่อนและควรได้รับความช่วยเหลือ เพื่อการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนทุกคนได้ดำเนินไปอย่างเท่าเทียมกันในอนาคต

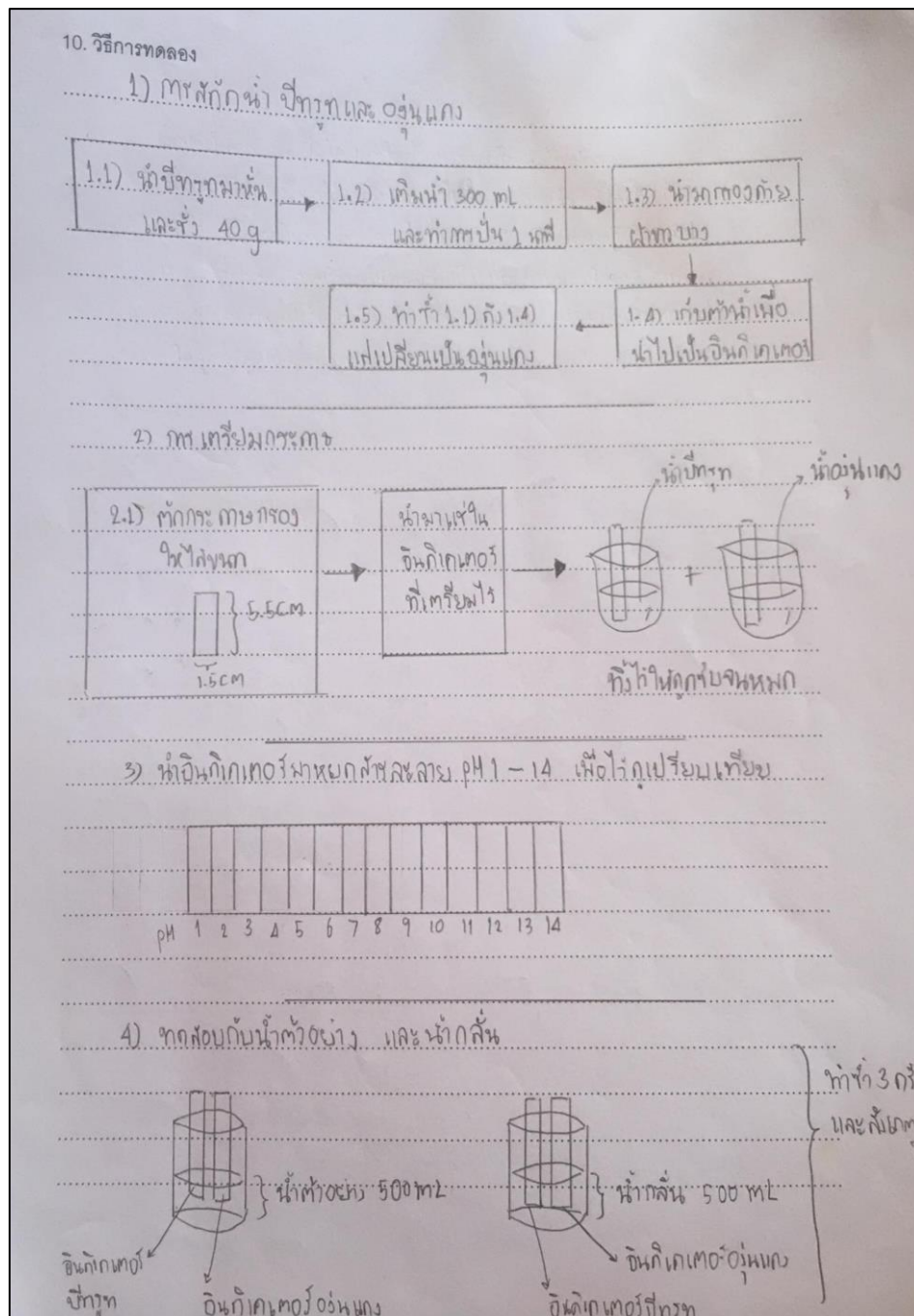
ผู้วิจัยมีความคิดเห็นดังต่อไปนี้ ขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนและกลุ่มร่วมกันออกแบบการทดลองและมีการบันทึกผลการออกแบบการทดลองลงในใบกิจกรรมของนักเรียน ผู้วิจัยสังเกตพบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีการระดมความคิดเพื่อออกแบบการทดลองโดยมีการอภิปรายเกิดขึ้นภายในกลุ่มแต่ลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังไม่สามารถบอกได้แน่ชัดว่า

นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้ด้วยตนเองอย่างแท้จริง เนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้ ก่อนที่นักเรียนจะออกแบบการทดลองนั้น ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียน ตอบคำถามว่า นักเรียนจำเป็นต้องรู้ข้อมูลอะไรบ้างเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง โดยมีนักเรียน เสนอว่า ช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของอินดิเคเตอร์ คุณสมบัติของตัวดูดซับอินดิเคเตอร์ ความเข้มข้นของอินดิเคเตอร์ เป็นต้น แม้ว่าคำถามที่นักเรียนถามนั้นจะเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาพื้นฐานที่จำเป็นอย่างมากในการนำไปใช้ในกระบวนการทดลองและสร้างนวัตกรรมการตรวจวัดคุณภาพของน้ำเสีย แต่จากการนำเสนอผลข้างต้น นักเรียนไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของสีและค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไปได้ หมายความว่านักเรียนมีองค์ความรู้พื้นฐานแต่ยังขาดทักษะในการคิดเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่มีอยู่ว่าสอดคล้องเกี่ยวข้องกับอย่างไร อย่างไรก็ตามคำตอบที่นักเรียนนำเสนอมานั้นยังไม่เพียงพอ สาเหตุอาจเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่เคย ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง และนักเรียนมีองค์ความรู้ที่ไม่มากพอประกอบกับมีเวลาในการหาข้อมูลอย่างจำกัด ทำให้ทำด้วยความเร่งรีบเพื่อให้ทันต่อเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยจึงได้ชี้แนะให้นักเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนได้แสดงศักยภาพที่แท้จริงที่ตัวเองมีอยู่ให้มากกว่านี้ ผู้วิจัยควรแนะนำแหล่งข้อมูลเบื้องต้นและให้เวลานักเรียนไปศึกษาข้อมูลพร้อมร่างแบบการทดลองก่อนโดยไม่ถูกบีบบังคับด้วยเวลาที่จำกัดมากเกินไป โดยอาจจะให้เวลาที่มากขึ้น และให้เด็กได้นัดรวมกลุ่มปรึกษากันนอกเวลาเรียน ซึ่งไม่ถูกกำกับควบคุมโดยครูผู้สอน อาจทำให้นักเรียนมีความกล้าคิด กล้าแสดงออกมากขึ้นเมื่ออยู่ในหมู่เพื่อนด้วยกัน ระยะเวลาที่ไม่สั้นและกระชับมากเกินไปอาจทำให้เด็กๆได้คุยได้ปรึกษากันทั้งเพื่อนๆ และผู้รู้ในห้องเรียน ซึ่งจะเป็นส่วนประกอบที่ดีในการเรียนรู้ของนักเรียน

จากการสังเกตพบว่านักเรียนบางกลุ่มสามารถเสนอแนะวิธีการทดลองได้ แต่คำตอบดังกล่าวส่งผลทำให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ ทำตาม โดยสังเกตได้จากขั้นตอนการนำเสนอวิธีการทดลองจะพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบคล้ายๆ กัน ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าการทดลองดังกล่าวเป็นความสามารถของนักเรียนจริงๆ นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ชี้แนะเรื่องการทำการทดลองที่น่าเชื่อถือ “โดยนักเรียนจะต้องทำการทดลองชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบและทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง” จากการชี้แนะของผู้วิจัยทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลองคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างดังภาพ



ภาพ 11 แสดงการออกแบบการทดลอง เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส กลุ่มที่ 2



ภาพ 12 แสดงการออกแบบการทดลอง เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส กลุ่มที่ 3

ดังนั้น ทำให้ไม่สามารถบอกได้อย่างแน่ชัดว่านักเรียนสามารถออกแบบ การทดลองได้ ตนเองจริงหรือไม่ และทำให้ไม่ทราบเวลาที่แท้จริงที่นักเรียนใช้ในการออกแบบการทดลอง ซึ่งสาเหตุที่ผู้วิจัยชี้แนะมากเกินไป เนื่องมาจากเป็นการจัดการเรียนรู้เป็นวิธีการสอนในรูปแบบใหม่ที่ผู้วิจัยและ

นักเรียนยังไม่คุ้นเคย และมีข้อจำกัดในด้านเวลาในการจัดการเรียนรู้ นอกจากนั้นนักเรียนยังไม่มีประสบการณ์ในการออกแบบการทดลองด้วยตนเอง และยังไม่รู้วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล ผู้วิจัยจึงมีความกังวลว่า นักเรียนจะออกแบบการทดลองไม่ได้ตามที่กำหนด จึงได้ชี้แนะคำตอบไปก่อน ซึ่งไม่สอดคล้องกับนิยามของสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จากปัญหาดังกล่าวนี้ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่า การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ถ้าจะให้ได้ผลของความสามารถของนักเรียนที่ถูกต้อง อาจต้องจัดการเรียนการสอนแยกกันอย่างชัดเจนระหว่างให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองเองในหัวข้อหนึ่งโดยที่ผู้วิจัยไม่ได้ชี้แนะ หรือบอกแนวของผลการทดลองหรือแนวคำตอบ ซึ่งจะทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าเด็กมีความเข้าใจถูกต้องหรือไม่ และจัดการเรียนรู้ในอีกหัวข้อที่ผู้วิจัยร่วมให้ข้อมูลชี้แนะแนวทางการทดลอง หรือการอภิปรายผล เพื่อเสริมความเข้าใจของเด็กมากขึ้น

นอกจากนั้นแล้ว ก่อนที่จะให้นักเรียนร่วมกันออกแบบการทดลอง ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุตัวแปรของการทดลอง ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม พบว่า นักเรียนไม่สามารถระบุหรือกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนยังไม่เข้าใจความหมายและ ความแตกต่างของตัวแปรทั้งสาม จากนั้นได้ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง โดยนักเรียนจะมีเวลาในการออกแบบการทดลอง 30 นาที และนำเสนอพร้อมกับการประเมินวิธีการทดลอง 30 นาที จากการสังเกตระหว่างที่นักเรียนออกแบบการทดลอง โดยผู้วิจัยได้นำตะกร้าอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการทดลองในเรื่องนี้มาวางไว้ที่หน้าห้อง และให้นักเรียนมาเลือกเองว่าจะใช้อุปกรณ์ชิ้นไหนตามความเหมาะสมตามความคิดเห็นของนักเรียน ผลปรากฏว่านักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมาเลือกอุปกรณ์ โดยหยิบออกไปวางที่โต๊ะของตนเอง และบางกลุ่มหยิบอุปกรณ์ไปมากเกินไป ซึ่งความเป็นจริงแล้วผู้วิจัยเพียงแค่นักเรียนออกแบบการทดลองเท่านั้น ยังไม่ต้องลงมือปฏิบัติทำการทดลอง สาเหตุอาจเนื่องมาจากการสื่อสาร ที่อาจจะไม่ตรงกัน ผู้วิจัยจึงได้แจ้งให้นักเรียนทราบอีกครั้งข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถเลือกอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้ สาเหตุอาจเนื่องมาจากนักเรียนเคยชินกับการเรียนการสอนแบบเดิม ในการจัดการเรียนรู้ที่มีครูออกแบบการทดลองให้แล้วเสร็จ พร้อมกับเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นในแต่ละขั้นตอนบอกตัวแปร บอกวัตถุประสงค์ ชี้แนะทุกกระบวนการของการทดลองให้กับนักเรียน ส่วนนักเรียนมีหน้าที่ลงมือปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ครูได้อธิบายให้ฟัง จึงทำให้นักเรียนไม่ได้เกิดกระบวนการในการคิดวิเคราะห์ ว่าควรเลือกใช้อุปกรณ์ใดกับการทดลองใด จึงจะเหมาะสมและทำให้ผลการทดลองมีประสิทธิภาพ แต่กระบวนการการเรียนรู้แบบที่ให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองเองนี้เป็นขั้นตอนที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบ ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมา

นำเสนอวิธีการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ ร่วมกันประเมินวิธีการทดลอง โดยผู้วิจัยได้ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันประเมินและนักเรียนบางคนยกมือเสนอ สะท้อนให้ว่านักเรียนบางคนสามารถที่จะประเมินวิธีการทดลอง ขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุป อ้างอิงจากคำอธิบายได้บางส่วน จากการสังเกตพบว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการออกแบบการทดลองที่มีความเชื่อถือ เช่น ระบุการทำการทดลองชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบและทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลอง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวยังไม่สามารถยืนยันได้แน่ชัดว่านักเรียนสามารถคิดได้ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้วิจัยได้ชี้แนะคำตอบก่อนที่นักเรียนจะออกแบบการทดลอง

3.3 การอธิบายและลงข้อสรุป

ขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนออกมานำเสนอผลการทดลอง และร่วมกันประเมินวิธีการทดลองตามความคิดเห็นและความเข้าใจของตัวเอง ซึ่งสื่อถึงศักยภาพของนักเรียนคนนั้นว่ามีองค์ความรู้ที่อยู่มากน้อยเพียงใด และสามารถนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการสร้างสรรค์งานหรือนวัตกรรมได้ด้วยตัวเอง โดยผู้วิจัยใช้มีส่วนช่วยในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันการประเมิน จากการสังเกตสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนบางคนสามารถที่จะประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งการแสดงความสามารถนี้มีความสอดคล้องกันระหว่าง ความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น และความคิดเห็นดังกล่าวมีความถูกต้อง ได้รับการยอมรับจากเพื่อนร่วมกลุ่ม มักจะมาจากนักเรียนมีองค์ความรู้มากและนำมาองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้กับทุกกระบวนการได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินวิธีการทดลองของกลุ่มตนเอง ขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุป อ้างอิงจากคำอธิบายได้ โดยในขั้นตอนที่นักเรียนประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนจะต้องพิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล เช่น วิธีการทดลองมีการเปรียบเทียบกับ การทดลองชุดควบคุม และมีการทดลองซ้ำ เนื่องจากนักเรียนภายในกลุ่มได้ร่วมกันประเมินวิธีการทดลองของกลุ่มตนเอง ดังภาพ 14 ต่อไปนี้



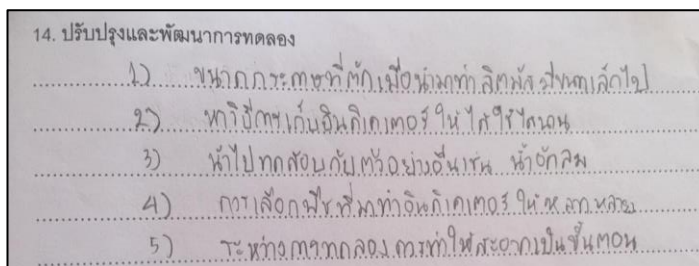
ภาพ 13 แสดงการร่วมกันประเมินวิธีการทดลอง
เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส

3.4 ขยายความรู้และปรับปรุง

ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าในขั้นตอนนี้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนสามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
2. นักเรียนสามารถบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้

จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจเป็นอย่างดี ตลอดการดำเนินการสอนตามแผนการเรียนรู้ดังกล่าว และพร้อมร่วมกันระดมความคิด อภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว ร่วมกันระบุปัญหา และช่วยกันออกแบบการทดลอง จากการสังเกตสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนบางคนสามารถที่จะประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งการแสดงความสามารถนี้มีความสอดคล้องกันระหว่าง ความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น และความคิดเห็นดังกล่าวมีความถูกต้อง และนักเรียนสามารถตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ดีดังภาพ 15 ต่อไปนี้



ภาพ 14 แสดงแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาการทดลอง

3.5 การวัดและประเมินผล

จากการสะท้อนผลในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอที่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน โดยให้นำเสนอ 3 หัวข้อคือ ประกอบด้วยจุดเด่นของนวัตกรรมที่กลุ่มตนเองได้สร้างสรรค์ขึ้นมา ผลการทดสอบตามที่ได้ร่วมกันออกแบบไว้ เมื่อไม่ได้ผลตามที่ต้องการ นักเรียนมีแนวทางการแก้ไขอย่างไร และยังสามารถนำเสนอว่ากิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้มีผู้วิจัยร่วมสะท้อนผล และสรุปความรู้ให้กับนักเรียนเพิ่มเติม จากการสังเกต พบว่า เมื่อมีการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจในการแสดงความคิดเห็นและตั้งคำถามต่อเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้อย่างดี แต่ยังไม่มีการโต้แย้งที่ขาดการนำประเด็นของการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง ค่าพีเอชของสารละลาย มาร่วมกระบวนการพิจารณาในการแก้ปัญหาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ว่านักเรียนยังไม่สามารถนำองค์ความรู้ที่มีมาประยุกต์ใช้ได้เท่าที่ควร ตัวอย่างชิ้นงานการนำเสนอของนักเรียน ดังภาพ 15

การวัดค่า pH ของน้ำตัวอย่างด้วย อินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ

วัตถุประสงค์

- เพื่อวัดค่า pH ของน้ำตัวอย่างโดยใช้อัญชันเป็นอินดิเคเตอร์
- เพื่อระบุค่า pH ของน้ำว่าเป็นกรดหรือด่าง
- เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพน้ำในชุมชน

หลักการ

อัญชันชื่อวิทยาศาสตร์ : Clitoria Tematea
Linnaeus ชื่ออังกฤษ : Butterfly Pea, Blue Pea, Asian pigeonwings ชื่อวิทยาศาสตร์ : Papilionaceae ชื่อท้องถิ่น อัญชัน (ภาคเหนือ) แดงชัน (เชียงใหม่)
ลักษณะ เป็นพืชล้มลุก มีลักษณะเป็นเถาเลื้อย พากันตามต้นไม้ใหญ่ต่าง ๆ สรรพพืช ใบกลมมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารที่ให้สีและสามารถใช้เป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) เช่นเดียวกับ ลิทมัส (Litmus)

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. วัสดุ อุปกรณ์


- 1.1 เครื่องชั่ง
- 1.2 ปีกอร์ ขนาด 50 , 100 , 250 มิลลิลิตร
- 1.3 เครื่องปั่นไฟฟ้า
- 1.4 กระบอกตวง
- 1.5 ไม้กรอง
- 1.6 หลอดหยดสาร
- 1.7 ไม้กั้น
- 1.8 เขียง

2. สารเคมีและพืชตัวอย่าง

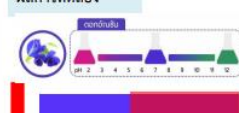
- 2.1 กระดาษฟิติล สีแดง , สีน้ำเงิน
- 2.2 กระดาษอินดิเคเตอร์อินดิเคเตอร์
- 2.3 น้ำส้ม
- 2.4 อัญชัน
- 2.5 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)
- 2.6 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

วิธีทำ

1. การสกัด สารอินดิเคเตอร์จากพืชธรรมชาติ
 - 1.1 ชั่งเอาอัญชันแห้งเป็นชิ้นเล็ก ๆ 30 กรัม และเติมน้ำ 300 มิลลิลิตร
 - 1.2 หั่นเอาอัญชันเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใสในเครื่องปั่นไฟฟ้า เติมน้ำที่เตรียมไว้ลงไป ปริมาณ 1 นาที นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง คั้นเอาแต่น้ำที่เอามาใช้ทำอินดิเคเตอร์ต่อไป



ผลการทดลอง



วิธีการแก้ไขน้ำที่เป็นกรด

1. การวัดสารส้ม
2. การวัดคลอรีน
3. การวัดไฮโดรซัลไฟด์
4. การเติมออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำ
5. การนำทิ้งของเสียลงสู่แหล่งน้ำ

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบ	สีของอินดิเคเตอร์ น้ำอัญชัน		การแปลงค่าโดยประมาณ (pH)
	สีเริ่มต้น	สีที่เปลี่ยนไป	
น้ำตัวอย่าง	น้ำเงินอมม่วง	แดง	4
น้ำส้ม	น้ำเงินอมม่วง	น้ำเงินอมม่วง	7

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองครั้งนี้ อินดิเคเตอร์ธรรมชาติ สามารถใช้ในการทดลองได้ดังนี้ ความสามารถในการเปลี่ยนสี หลังจากที่ยกทดสอบสารละลาย pH 1 – 14 ของผลอัญชันมากที่สุด เนื่องจากเปลี่ยนสีในช่วง pH กว้างที่สุด ซึ่งสารละลายที่มีค่า pH ในช่วงที่เป็นกรดอ่อนๆ หรือเป็นด่าง จะสามารถ เปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์จากธรรมชาติได้สีที่ชัดเจนที่สุด

ภาพ 15 แสดงตัวอย่างชิ้นงานการนำเสนอของนักเรียน

จากการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการ ในวงจรปฏิบัติการถัดไปสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์นั้นมีหลากหลาย ดังนั้นปัญหาที่แตกต่างกันก็อาจจะต้องออกแบบการทดลองที่ต่างกันไปด้วย ดังนั้นก่อนที่จะให้นักเรียนออกแบบการทดลอง ครูผู้สอนควรจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอปัญหาและเลือกปัญหาที่ต้องการตรวจสอบให้เป็นปัญหาเดียวกัน และครูผู้สอนควรที่จะสรุปปัญหาที่นักเรียนต้องสำรวจในทางวิทยาศาสตร์อีกครั้งเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

2. นักเรียนบางกลุ่มระบุตัวแปรต้น และตัวแปรตามไม่ถูกต้อง และระบุ ได้ไม่ครอบคลุม ซึ่งถ้าระบุตัวแปรได้ไม่ครอบคลุมจะส่งผลให้การออกแบบการทดลองไม่รัดกุม และเมื่อการ

ทดลองไม่รัดกุมจะทำให้ไม่สามารถสรุปผลการทดลองให้เป็นที่น่าเชื่อถือได้ ผู้วิจัยควรที่จะอธิบายความหมายพร้อมทั้งยกตัวอย่างเพิ่มเติมให้นักเรียนในหัวข้อที่ใกล้เคียงกันและมีลักษณะการทดลองที่คล้ายคลึงกัน เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่างชัดเจน

3. ครูผู้สอนชี้แนะแนวทางในการออกแบบการทดลองในเรื่องที่กำหนดให้นักเรียนทำมากเกินไป ควรที่จะให้นักเรียนออกแบบการทดลองด้วยตนเอง หรือถ้าจะชี้แนะแนวทางในการออกแบบการทดลอง ควรยกตัวอย่างการออกแบบการทดลองเรื่องอื่นที่มีความคล้ายคลึงกันเพื่อเสริมความเข้าใจที่ถูกต้อง และนำความเข้าใจไปประยุกต์ใช้กับเรื่องราวที่กำหนดได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมความคิดเชื่อมโยงข้อมูลของนักเรียนด้วย

4. นักเรียนยังไม่ทราบวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลการทดลอง ผู้วิจัยควรอธิบายเพิ่มเติมโดยยกตัวอย่างในการทดสอบหลายๆ เรื่องที่มีความแตกต่างกัน โดยอธิบายความสอดคล้องระหว่างผลการทดลองควบคุมที่เป็นมาตรฐานเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบและทดลองโดยนักเรียน

5. การนำเสนอวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ผู้วิจัยต้องตรวจสอบและประเมินความเข้าใจ ในหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่นักเรียนนำมาใช้เป็นฐานในการวางแผนและออกแบบวิธี แก้ปัญหา รวมถึงตรวจสอบความเหมาะสมของวิธีแก้ปัญหานั้นที่นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

1.2 การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยผลของการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ช้่นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด เบส ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นั้นผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยสรุปดังต่อไปนี้

1.1 รูปแบบการจัดกลุ่มของนักเรียนอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนโดยทำการสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับความต้องการในการจัดกลุ่มทำกิจกรรมของนักเรียนเพื่อปรับให้เหมาะสมและเพื่อกระตุ้นความอยากเรียนรู้ของนักเรียน

1.2 ปรับแก้สถานการณ์ให้เหมาะสมมากขึ้นเพื่อให้ นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่เป็นปัญหาจากสถานการณ์ได้อย่างครอบคลุม ซึ่งสถานการณ์ต้องสามารถทำให้นักเรียนได้ใช้สมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาในรูปแบบใหม่ ๆ แตกต่างจากที่เคยพบเห็น

1.3 ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมแต่ละส่วนนั้นจะปรับให้เหมาะสมกับการดำเนินกิจกรรมของนักเรียนมากขึ้น โดยลดเวลาในกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบและแยกแยะประเด็นปัญหา เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรม ที่แปลกใหม่นำไปใช้ได้จริง

1.4 ปรับใช้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงมาสมมติเป็นสถานการณ์ปัญหาทำให้นักเรียนมีความสนใจ กระตือรือร้นต่อการเรียนรู้ และจัดสถานการณ์ปัญหาให้เหมาะสม มีปัญหาที่ต้องการแก้ไขชัดเจน ไม่ซับซ้อนหรือเปิดกว้างเกินไป

1.5 ใช้รูปแบบการหักคะแนนหรือเพิ่มคะแนนให้กับกลุ่มมีพฤติกรรมมารับฟังการนำเสนอที่แตกต่างกัน เพื่อให้นักเรียนมีความสนใจการรับฟังการนำเสนอของกลุ่มอื่นมากขึ้น

1.6 ผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดและชัดเจน เพื่อลดความสับสนในการดำเนินกิจกรรม และเน้นย้ำให้นักเรียนแสดงออกถึงสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนพยายามวาดออกแบบชิ้นงานอย่างหลากหลาย แตกต่างและแปลกใหม่ตามความถนัดของตัวเองได้อย่างเหมาะสม

1.7 ผู้วิจัยจะชี้แนะแนวทางเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายละเอียดของหัวข้อของปัญหา เพื่อเป็นการประหยัดเวลา และให้แนวทางในการวิเคราะห์หรือใช้แหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือเมื่อนักเรียนสามารถดำเนินการด้วยตนเองได้ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยก็จะลดบทบาทในการให้ความช่วยเหลือลงตามความเหมาะสม

จากผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้นำแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 “รู้ทันปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง” ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โดยมีขั้นตอน

การจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ
2. ขั้นการระบุปัญหาและแยกแยะประเด็นปัญหา
3. ขั้นการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
5. ขั้นปรับปรุงนวัตกรรมและขยายความรู้
6. ขั้นการวัดและประเมินผล

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเกี่ยวกับการตรวจวัดปริมาณสารตกค้างในตัวอย่างผักและผลไม้ที่มีจำหน่ายในชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่ โดยมี

สถานการณ์ดังต่อไปนี้ จากรายงานการสำรวจขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ พบว่าประเทศไทยมีเนื้อที่ทำการเกษตรมากเป็นอันดับที่ 48 ของโลกแต่ใช้ยาฆ่าแมลงมากเป็นอันดับ 5 ของโลก ใช้ยาฆ่าหญ้าเป็นอันดับ 4 ของโลก รวมถึงการสู่มตรวจผักและผลไม้ในท้องตลาดของ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์พบสารเคมีตกค้างในผัก และสารเคมีพิษอันตรายที่ทั่วโลกห้ามใช้ นับเป็นเรื่องที่น่ายอยินดีนัก สารเคมีเหล่านี้ไม่เพียงแต่เกษตรกรเท่านั้นที่จะได้รับอันตราย ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อมีการใช้อย่างเข้มข้น และในปริมาณมาก เป็นระยะเวลาหลายปี จะปนเปื้อนอยู่ในดิน น้ำ และสะสมอยู่ในสัตว์เล็ก สัตว์ใหญ่ ในห่วงโซ่อาหาร และเมื่อมีการกินกันต่อ การเป็นทอดๆ จะมีการสะสมสารพิษในผู้บริโภคแต่ละลำดับที่ไม่เท่ากัน ซึ่งตามหลักทฤษฎีแล้ว สารตกค้างจะสะสมมากในผู้บริโภคลำดับสุดท้าย ซึ่งก็คือมนุษย์นั่นเอง เมื่อสารพิษสะสมในร่างกายในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลเสียต่อร่างกาย โดยชักนำให้เกิดโรคเรื้อรัง โดยเฉพาะโรคเกี่ยวกับระบบประสาท อาทิ เช่น อัลไซเมอร์ พาร์กินสัน เนื่องจากสารฆ่าหญ้าสารฆ่าแมลงมีฤทธิ์โดยตรงต่อสารสื่อประสาท คือยับยั้งการหลั่งสารสื่อประสาท จะเห็นได้จากมีรายงานการวิจัยระยะสั้นในกลุ่มแมลงที่เป็นตัวถ่ายละอองเรณู เช่น ผึ้ง หรือ ชันโรง ที่เมื่อได้รับยาฆ่าแมลงไประยะหนึ่งจะเกิดความสับสน และลืมตัวเองหรือหาทางกลับรังไม่ถูกทำให้รังผึ้งร้างในที่สุด ในทางทางการแพทย์มีรายงานว่าเกษตรกรที่ฉีดพ่นยาฆ่าหญ้า ยาฆ่าแมลงเป็นระยะเวลานานมีโอกาสเป็นโรคเรื้อรังดังกล่าวสูงกว่าคนทั่วไป และแสดงอาการชัดเจน ยาฆ่าแมลงและยาฆ่าหญายังเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ชักนำให้เกิดความผิดปกติในระดับโมเลกุลภายในร่างกายมนุษย์ ทำให้การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนผิดปกติ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ายาฆ่าแมลงและยาฆ่าหญายังเป็นสาเหตุที่ชักนำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์ในร่างกายและกลายเป็นเซลล์มะเร็งในที่สุด ซึ่งเป็นโรคที่ทำให้เกิดอัตราการตายในอันดับต้นๆของคนไทย

ในฐานะที่นักเรียนเป็นผู้สุ่มตรวจจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการตรวจผักในท้องตลาดโดยออกแบบกระบวนการตรวจสอบและนำเสนอวิธีการกำจัดสารตกค้างในผักและผลไม้แก่ประชาชน จะมีวิธีการอย่างไร

2. ชั้นปฏิบัติ (Act) และชั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ โดยระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนพร้อมทั้งใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ (ทำการบันทึกโดยผู้วิจัย และผู้ร่วมวิจัย) ชิ้นงานและใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน โดยรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ชั้นสร้างความสนใจ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้สร้างข้อตกลงในการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียนและชี้แจงถึงลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่แตกต่างจากการจัดการเรียนที่นักเรียนคุ้นเคย ซึ่งจะเป็นการให้นักเรียนนำความรู้ที่เรียนไปมาใช้ในเหตุการณ์ในชีวิตจริง จากนั้นผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มโดยมีสมาชิกในกลุ่ม 7 คน ซึ่งในวงจรปฏิบัตินี้นักเรียนส่วนใหญ่ได้เสนอให้ใช้กลุ่มเดิมจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากนั้นผู้วิจัยได้นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบอกเล่าสถานการณ์ปัญหาที่เกิดจากการใช้ยาฆ่าแมลงและยาฆ่าหญ้า เพื่อให้นักเรียนตระหนักในปัญหาดังกล่าว ซึ่งเป็นเรื่องใกล้ตัวอย่างมากพร้อมกับแจกใบกิจกรรม “รู้ทันปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง” ให้กับนักเรียน

จากการสังเกตพบว่านักเรียนให้ความร่วมมือให้ความสนใจเป็นพิเศษในการตอบคำถามของผู้วิจัย เนื่องจากเป็นเรื่องเกี่ยวกับสุขภาพความเป็นความตายของตัวนักเรียนและบุคคลรอบตัวอันเป็นที่รักของนักเรียน ที่มาจากสิ่งนี้นักเรียนหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ อาหาร ประกอบกับนักเรียนบางคนมีผู้ปกครองและญาติพี่น้องที่ทำอาชีพเกษตรกร ซึ่งต้องสัมผัสใกล้ชิดกับสารพิษดังกล่าวอย่างใกล้ชิดและในอัตราความเข้มข้นสูง หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนร่วมกันระบุประเด็นปัญหาของสถานการณ์ และอภิปรายร่วมกันโดยให้นักเรียนตอบที่ละกลุ่ม เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถาม

หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ที่นักเรียนต้องการสำรวจตรวจสอบในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ลงใบกิจกรรมที่ เรื่อง “รู้ทันปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง” และให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอปัญหาของกลุ่มตนเองโดยให้ยกมือและยื่นขึ้นตอบที่ละกลุ่ม และผู้วิจัยทำหน้าที่ในการจดบันทึกคำตอบของนักเรียนพบว่าได้คำตอบที่หลากหลาย

จากคำตอบของนักเรียนดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถที่จะระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และสามารถที่จะระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจตรวจสอบในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถที่จะแยกความแตกต่างของปัญหาของสถานการณ์ทั่วไปกับปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ได้ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้อธิบายความหมายและความแตกต่างของปัญหา และสามารถระบุปัญหาทั้งสองได้อย่างถูกต้อง ต่อมาผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทุกคนช่วยกันพิจารณาปัญหาที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอมา และให้นักเรียนร่วมกันแยกแยะว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถแยกแยะได้อย่างถูกต้อง ดังภาพ

จากนั้น ให้นักเรียนช่วยกันเลือกปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ให้เป็นปัญหาเดียวกันที่นักเรียนจะต้องทำการศึกษา และบันทึกลงในใบกิจกรรม ได้ผลดังภาพ

จากการสังเกตพบว่าในขั้นตอนนี้สามารถดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ทันตามเวลาที่กำหนด เนื่องจากผู้วิจัยได้ชี้แนะให้ข้อมูลเพื่อเพิ่มความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับนักเรียนแล้ว เลย์นระยะเวลาในบางกระบวนการของนักเรียน

2.2 ขั้นการสำรวจตรวจสอบ

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มจะต้องออกแบบกระบวนการตรวจสอบสารสารตกค้างในผักและผลไม้ โดยออกแบบทั้งสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในการทดสอบ ให้มีความหลากหลายมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ โดยใช้ข้อมูลที่ได้ทำการสืบค้นมาในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาใช้ โดยจะต้องคำนึงถึง สารเคมีที่จะต้องนำมาใช้ทำปฏิกิริยากัน จากนั้นแต่ละกลุ่มรวบรวมและแบ่งปันรูปแบบแนวทางตรวจสอบสารสารตกค้างในผักและผลไม้กับสมาชิกคนอื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มส่วนใหญ่ออกแบบแนวทางหรือวิธีการในการตรวจสอบสารสารตกค้างในผักและผลไม้ และนักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่านักเรียนจำเป็นต้องรู้ข้อมูลอะไรบ้าง เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง และมีความเข้าใจในเนื้อหาของการออกแบบการทดลองในเรื่องนี้เป็นอย่างดี ต่อจากนั้นนักเรียนได้ร่วมกันระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ผู้วิจัยได้เดินตรวจตามกลุ่มพบว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถที่จะระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวควบคุมได้ ทุกกลุ่มสามารถระบุได้มากกว่าการทดลองในสถานการณ์ น้ำเน่าเสีย ปลาตายแต่ยังไม่ครอบคลุม โดยสาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้ถูกต้อง อาจเป็นผลมาจากผู้วิจัยได้อธิบายความหมายและยกตัวอย่างของตัวแปรทั้งสาม ประกอบกับนักเรียนได้ผ่านประสบการณ์การออกแบบการทดลองก่อนหน้านี้ จึงช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ได้รวดเร็วขึ้น จากนั้น นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบการทดลอง โดยในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัย ต้องการให้นักเรียนสามารถเลือกอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองด้วยตนเอง และเลือกใช้ในปริมาณที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้กำหนดราคาอุปกรณ์และสารเคมีให้นักเรียนเลือกใช้ พบว่า นักเรียนสามารถที่จะระบุอุปกรณ์ที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการทดลองได้และเลือกใช้ในปริมาณที่เหมาะสมกับที่ออกแบบได้

จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถที่จะเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้พร้อมทั้งสามารถให้เหตุผลประกอบ จากนั้น ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการทดลอง ซึ่งพบว่าวิธีการทดลองของนักเรียนมีความคล้ายคลึงกัน และความน่าเชื่อถือของข้อมูล คือ มีการทดลองชุดควบคุม และการทดลองซ้ำ และให้แต่ละกลุ่มร่วมกันประเมินวิธีสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเพื่อน โดยในขั้นตอนการประเมินนี้ผู้วิจัยได้แนะแนวทางในการทดลอง

จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้พบว่า การวางแผนในด้านเวลา โดยผู้วิจัยกำหนดเวลาไว้ 60 นาที พบว่า สามารถดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ทันตามเวลาที่กำหนด อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีประสบการณ์ด้านการออกแบบการทดลองมาจาก วงจรปฏิบัติการที่ 1 จึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้นสามารถออกแบบการทดลองได้ จากนั้นนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทำการทดลองตามที่ตนเองได้ออกแบบไว้ จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้นในการทำการทดลองและเสนอแนะแนวทางการทดลองภายในกลุ่ม จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ในด้านเวลา โดยผู้วิจัยกำหนดเวลาไว้ 60 นาที พบว่า นักเรียนสามารถดำเนินการทดลองได้ทันตามเวลาที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อกำหนดที่ผู้วิจัยได้กำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับคะแนนของผู้ทำกิจกรรม ทำให้ทุกคนให้ความร่วมมือมากขึ้น และยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่มพร้อมปรับให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน หรืออาจเป็นเพราะนักเรียนมีทักษะการออกแบบการทดลองที่พัฒนาขึ้นจากเดิม เพราะมีประสบการณ์จากการออกแบบการทดลองก่อนหน้าในวงจรปฏิบัติการที่ 1

2.3 ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป

ในขั้นตอนนี้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตัวแทน ออกมานำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน สรุปผลการทดลองที่ได้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียน ร่วมกันอภิปรายวิธีการทดลองของนักเรียนและกลุ่มที่อาจจะนำมาซึ่งผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนและในระหว่างนี้ก็จะต้องจัดทำบัญชีรายการวัสดุและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการแก้ปัญหาลงในใบบันทึกกิจกรรม ทำการบันทึกรายละเอียดของขั้นตอนในการวิเคราะห์ตัวอย่าง และเขียนสรุปการทดลองทั้งหมด ตัวอย่างการเขียนสรุปแนวทางการตรวจสอบสารสกัด และตัวอย่างการดำเนินการแก้ปัญหาหรือการตรวจสอบสารสกัดในผักและผลไม้ที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เลือกใช้การทดลอง และในการทดลองนี้พบว่า นักเรียนยังขาดความระมัดระวังในการใช้สารเคมี และอุปกรณ์ปฏิบัติการทางเคมี ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของตัวนักเรียนเอง ผู้วิจัยจึงต้องเน้นย้ำถึงความสำคัญของความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการทางเคมีทุกๆ ขั้นตอน ซึ่งผู้วิจัยและครูประจำการต้องตักเตือนอยู่บ่อยครั้ง จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ในด้านเวลา โดยผู้วิจัยกำหนดเวลาไว้ 30 นาที พบว่าสามารถดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ทันตาม เวลาที่กำหนด

2.4 ขั้นขยายความรู้

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจัดเตรียมตัวอย่างผักและผลไม้มีปริมาณสารตกค้างที่ เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบและประเมินแนวทางการตรวจสอบสารสกัดของนักเรียน สำหรับในขั้นตอนการทดสอบความถูกต้องนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันอธิบายตามหลักการทางทฤษฎีการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส หากนักเรียนสามารถทำการทดลองแล้วทำการอธิบายปฏิกิริยาได้ที่

ถือว่านักเรียนสามารถทำการแก้ไขปัญหสำหรับสถานการณ์นี้ได้สามารถนำไปใช้ได้จริงและถือว่ากลุ่มประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาครั้งนี้

จากการสังเกตในชั้นตอนนี้ พบว่า เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเสร็จแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานในการตรวจสอบสารตกค้างที่ผู้วิจัยได้เตรียมสำหรับการทดลอง จากนั้นผู้วิจัยได้ให้แต่ละกลุ่มช่วยกันเขียนผลการวิเคราะห์ และช่วยกันหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงการตรวจสอบสารตกค้างเพื่อให้การวิเคราะห์นั้นมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยทำการทดลองใหม่ ในระหว่างการทดสอบผลนั้น พบว่านักเรียนให้ความสนใจกับการทดสอบวิธีการวิเคราะห์ของกลุ่มตนเองเป็นอย่างมาก สมาชิกในกลุ่มต่างลุ่มให้ผลการวิเคราะห์ของกลุ่มตนเองนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้อง

2.5 ชั้นการวัดและประเมินผล

ชั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอที่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน โดยให้นำเสนอ 3 หัวข้อคือ จุดเด่นของแนวทางการวิเคราะห์ของกลุ่มตนเองว่ามีจุดเด่นในด้านใด เด่นอย่างไร ผลการทดสอบ และแนวทางการแก้ไขหลังจากพบว่าผลการทดสอบไม่เป็นไปตามที่คาดคะเนไว้ หรือแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมมากเกินไป เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ข้อบกพร่องและแนวทางในการแก้ปัญหาในกลุ่มของตัวเอง หรืออาจวิเคราะห์ในเชิงการผสมรวมกันระหว่างจุดเด่นหรือข้อดีของวิธีการของแต่ละกลุ่มนำมาสร้างสรรค์เป็นผลงานที่ดีที่สุดใ้กระบวนการนั้นๆ เพราะในชั้นตอนใดชั้นตอนหนึ่งที่บางกลุ่มออกแบบและทำได้เป็นอย่างดี บางกลุ่มอาจทำได้ไม่ดี การรู้จักนำจุดเด่นของผลงานแต่ละกลุ่มมาผสมผสานกัน จึงอาจได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดได้ ไม่จำเป็นต้องทำการทดลองใหม่ แต่อาจจะเป็นในลักษณะของการเสนอแนะ ระหว่างฟังการนำเสนอของกลุ่มเพื่อน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนกลุ่มที่เป็นผู้ฟังทุกกลุ่มจะต้องมีการตั้งคำถาม หรือให้ข้อเสนอแนะกับเพื่อนกลุ่มที่นำเสนออยู่แล้ว และในกระบวนการนำเสนอใช้เวลาในการนำเสนอกลุ่มละ 10 นาที

จากการสังเกต พบว่า เมื่อมีการนำเสนอวิธีแก้ปัญหของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่บริเวณหน้าชั้นเรียนผ่านจอโปรเจคเตอร์ ทำให้นักเรียนทุกคนในห้องเรียนสามารถมองเห็นผลงานและวิธีแก้ปัญหของเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้ชัดเจนเพื่อประกอบการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหของเพื่อนกลุ่มอื่น ซึ่งนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ได้ให้ความสนใจในการแสดงความคิดเห็นและตั้งคำถามต่อเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้อย่างดี ในชั้นตอนนี้ต่อเนื่องจากขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญห ผลการแก้ปัญหหรือชิ้นงาน เป็นการสรุปภาพรวมของกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้โดยผู้วิจัยร่วมกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในการตรวจสอบสารตกค้างได้อย่างถูกต้อง และผู้วิจัยพยายามกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันหาสาเหตุของปัจจัยที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องไปในทิศทางเดียวกัน

จากการสังเกต พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติที่ดีต่อการทดลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เนื่องจากในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่พึงพอใจต่อผลการทดลองที่ได้ แต่เมื่อผู้วิจัยได้ชี้แจงถึงธรรมชาติของการทำการทดลองที่มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องซึ่งมีผลทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนได้นั้นเป็นเรื่องปกติที่เกิดขึ้นได้เสมอ และการร่วมกันหาสาเหตุปัจจัยที่ทำให้ผลการทดลองของทุกกลุ่มคลาดเคลื่อนนั้นทำให้นักเรียนต่างมีความเข้าใจและยอมรับกับผลการทดลองของตนเอง อีกทั้งการสรุปผลการทดลองของแต่ละกลุ่มร่วมกันครั้งนี้ยังเป็นผลที่ดีที่จะทำให้นักเรียนมีพื้นฐานที่ดี มีประสบการณ์ในการเรียนรู้จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับใช้ในการทดลองในครั้งต่อไปอีกด้วย

3. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

สำหรับข้อมูลในการสะท้อนผลได้มาจาก 1) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย 2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้สะท้อนผลร่วม และ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดแบ่งตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างความสนใจ

ในขั้นตอนนี้ให้นักเรียนให้ความร่วมมือให้ความสนใจเป็นพิเศษในการตอบคำถามของผู้วิจัย เนื่องจากสถานการณ์ที่นำเสนอเกี่ยวกับสุขภาพของตัวนักเรียน โดยที่มาจากสิ่งทีนักเรียนหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ อาหาร ประกอบกับนักเรียนบางคนมีผู้ปกครองที่ทำอาชีพเกษตรกร ซึ่งต้องสัมผัสใกล้ชิดกับสารพิษดังกล่าวอย่างใกล้ชิดและในอัตราความเข้มข้นสูง หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยให้นักเรียนตอบทีละกลุ่ม เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากการตอบคำถาม ซึ่งพบว่านักเรียนอภิปรายถึงปัญหาที่ต้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์สามารถระบุปัญหาที่จำเพาะเป็นปัญหาที่จำเป็นต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจ ตรวจสอบ ได้ ดังนี้ ดังจะเห็นได้จากการที่นักเรียนอภิปรายถึงปัญหาที่ต้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ดังกล่าว 16 ต่อไปนี้



ภาพ 16 แสดงการอภิปรายถึงปัญหา
ที่ต้องเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของนักเรียน

ในขั้นตอนที่นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องใกล้ชิดกับทุกคนทั้งตัวนักเรียนและคนในครอบครัวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงเป็นปัญหาที่มาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนตื่นตัวในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปัญหาดังกล่าวสามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายกับผลการทดลองที่จะได้ ส่งผลให้นักเรียนมีความตั้งใจเป็นพิเศษในการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาคำตอบ และคิดว่าการที่สามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้นั้นเป็นสิ่งที่ท้าทายและไม่น่าเบื่อ นักเรียนทุกคนจึงให้ความร่วมมืออย่างดีตลอดการจัดการเรียนรู้ในเรื่องดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ยังคงพบปัญหาเล็กน้อยจากสถานการณ์ที่กำหนดนั้น กล่าวคือ มีหลายสาเหตุที่ควบคุมไม่ได้เกิดปัญหา ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มวิเคราะห์และตีความไปในทิศทางที่แตกต่างกัน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่จะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และพบว่านักเรียนสามารถที่จะระบุปัญหาที่นักเรียน ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และมีความหลากหลายมากขึ้น เนื่องมาจากผู้วิจัยได้อธิบายความหมายและความแตกต่างระหว่างปัญหาของสถานการณ์ต่างๆ ไปกับปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบอย่างหลากหลายและครบถ้วน และสืบเนื่องจากนักเรียนได้มีประสบการณ์ในการระบุปัญหา การกำหนดตัวแปร การทดลอง การนำเสนอ เปรียบเสมือนนักเรียนเคยลองผิดลองถูกมาแล้ว เมื่อครั้งที่ทำการเรียนรู้จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 สิ่งใดที่มีการกระทำที่ผิดพลาด นำไปสู่ผลที่ไม่พึงประสงค์หรือไม่เป็นไปตามการคาดคะเนที่ควรจะเป็น หรือแตกต่างจากการทดลองตัวอย่างควบคุม

มาแล้ว เมื่อมีการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จึงช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในกระบวนการต่างๆมากขึ้น นำความผิดพลาดที่เคยพบ มาปรับปรุงแก้ไข และปรับใช้ให้การทดลองต่อมาได้ผลที่ดีขึ้น พบเจอปัญหาน้อยลง และนักเรียนยังสามารถระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ดังจะเห็นได้จากการระบุปัญหาของนักเรียนดังภาพ 17 ต่อไปนี้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์

1. ปัญหาของสถานการณ์

1. ... ผมพบที่โรงเรียนทำให้ผมพบเจอปัญหาว่าผมเจอปัญหาในชั้นเรียนที่เจอปัญหา.....

2. ... ผมเจอปัญหาได้ขึ้นสำหรับผมเจอปัญหาในชั้นเรียนที่เจอปัญหา.....

3. ... ผมเจอปัญหาในชั้นเรียนที่เจอปัญหาในชั้นเรียนที่เจอปัญหา.....

4. ... ผมเจอปัญหาได้ขึ้นสำหรับผมเจอปัญหาในชั้นเรียนที่เจอปัญหา.....

5. ... ผมเจอปัญหาในชั้นเรียนที่เจอปัญหาในชั้นเรียนที่เจอปัญหา.....

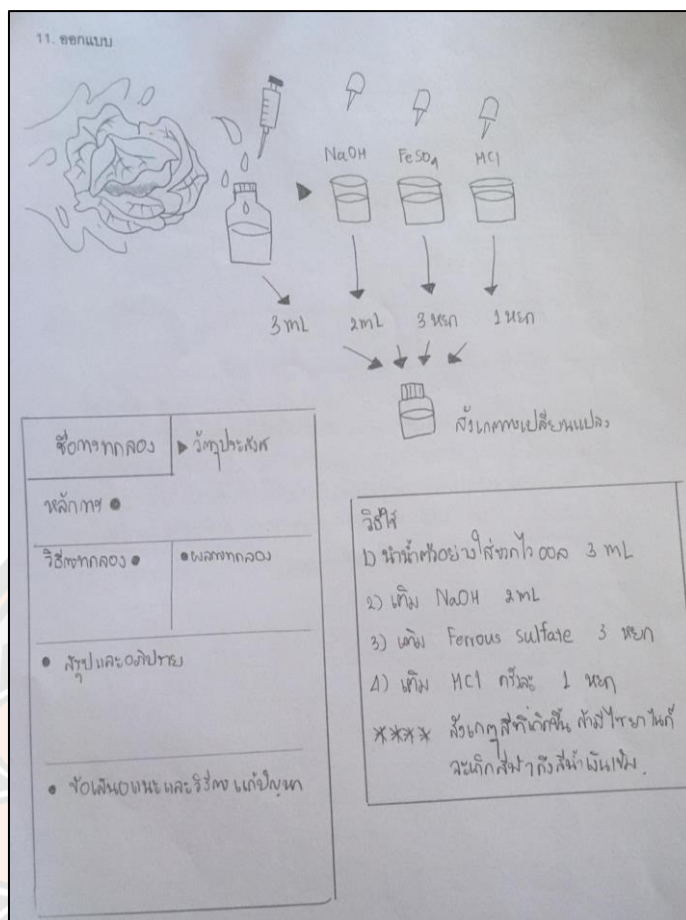
ภาพ 17 แสดงการระบุประเด็นปัญหา

ที่ต้องการสำรวจในทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง ทันปอดดภัย ใส่ใจสารตกค้าง

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นว่า ขั้นตอนนี้ดังกล่าวสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบอกได้ว่า ประเด็นปัญหาใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยในขั้นตอนนี้ได้มีการเปลี่ยนลักษณะของกิจกรรม เนื่องจากผลที่ได้จากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า การจัดการกิจกรรมในขั้นตอนนี้ ยังไม่ชัดเจนที่จะบ่งบอกได้ว่านักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่า ประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถ ตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถบอกได้ว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนทุกกลุ่มเขียนปัญหาเหมือนกันตามที่ครูผู้สอนชี้แนะ หรือเขียนตาม ที่บางกลุ่มได้นำเสนอ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ปรับเปลี่ยนลักษณะของกิจกรรม โดยหลังจาก ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดระบุปัญหาของกลุ่มตนเองแล้ว ได้ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอปัญหา ของกลุ่มตนเองโดยมีผู้วิจัยทำหน้าที่ในการจดบันทึกคำตอบของนักเรียน ต่อมาผู้วิจัยได้ให้นักเรียน ทุกคนช่วยกันพิจารณาปัญหาที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอมา และให้นักเรียนร่วมกันแยกแยะว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งพบว่านักเรียน สามารถแยกแยะได้อย่างถูกต้อง

3.2 ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบ

ขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกัน ออกแบบการทดลอง ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามว่านักเรียนจำเป็นต้องรู้ข้อมูล อะไรบ้างเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง นักเรียนได้ร่วมกันระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม จากการสังเกตพบว่า นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม และมีความสามารถที่จะระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม โดยนักเรียนทุกกลุ่มสามารถระบุได้ถูกต้อง ส่วนตัวแปรควบคุมนักเรียนทุกกลุ่มสามารถระบุได้มากขึ้นมากกว่าการทดลองในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แต่ยังไม่ครอบคลุม โดยสาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่างๆ ได้ถูกต้อง อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้อธิบายความหมายในขั้นตอน การจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 1 จึงช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น นักเรียนได้ร่วมกันเลือกสารเคมี และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลองด้วยตนเอง โดยในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนสามารถเลือกอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ ในการทดลองด้วยตนเอง จากผลการสังเกตพบว่า นักเรียนสามารถที่จะระบุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองที่ตัวเองได้ออกแบบไว้ได้ นักเรียนได้ระดมความคิด แลกเปลี่ยนเรียนรู้ในความคิดเห็นของกันและกันจนนำไปสู่การช่วยกันออกแบบการทดลอง ด้วยการวาดภาพ หรือทำแผนผังแสดงขั้นตอนการทดลองอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ทำให้แผนการทดลองของนักเรียนมีทั้งเนื้อหาที่บอกรายละเอียด ประกอบกับภาพลำดับขั้นตอนที่ถึงแม้ไม่มีรายละเอียดแต่ช่วยให้คนอ่านข้อมูลมีความเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ในขณะที่นักเรียนออกแบบการทดลองและชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้ ดังจะเห็นได้จากการที่นักเรียนออกแบบชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้ ดังภาพ 18 ต่อไปนี้



ภาพ 18 แสดงการออกแบบชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้
ของนักเรียนจากกิจกรรม เรื่อง ทันพลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง

นักเรียนมีการระดมความคิด เสนอแนะแนวทางในการทดลองภายในกลุ่ม จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถที่จะเสนอวิธีสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งสามารถให้เหตุผลประกอบขั้นตอนต่างๆเกี่ยวกับการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมตาม และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียน แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ ร่วมกันประเมินวิธีการลองนอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุป อ้างอิงจากคำอธิบายได้ สืบเนื่องมาจากขั้นตอนที่ให้นักเรียนประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละกลุ่ม ซึ่งในการประเมินนั้นผู้วิจัยได้ชี้แนะให้นักเรียนทราบแล้วว่า นักเรียนจะต้องพิจารณาถึงการออกแบบการทดลองที่มีความ

เชื่อถือ เช่น ระบุการทำการทดลองชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบและทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดลอง

3.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ชั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนออกมานำเสนอผลการทดลอง หน้าชั้นเรียน และร่วมกันประเมินวิธีการทดลอง ซึ่งในชั้นตอนนี้มีข้อดี คือ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อกระตุ้น หรือชี้แนะผลการทดลอง ให้นักเรียนร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผลการทดลอง สามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินวิธีสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ดังจะเห็นได้จากการที่นักเรียนร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผลการทดลองชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้ ดังภาพ 19 ต่อไปนี้



ภาพ 19 แสดงการร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผลการทดลองชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้ จากกิจกรรมเรื่อง ท้นปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง

ชั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล ความเป็นกลาง และการสรุป อ้างอิงจากคำอธิบายได้ โดยชั้นตอนนี้ที่นักเรียนประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนจะต้องพิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล เช่นวิธีการทดลองมีการเปรียบเทียบกับการทดลองชุดควบคุม และมีการทดลองซ้ำเพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง ซึ่งเป็นที่ชัดเจนแล้วว่าเมื่อผ่านการทดลองวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 นี้แล้ว นักเรียนได้มีการเรียนรู้ และพัฒนาตัวเองอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ทักษะการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในทุกๆขั้นตอนที่ดียิ่งขึ้นด้วย

3.4 ขยายความรู้

ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าในขั้นตอนนี้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนสามารถเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้
2. นักเรียนสามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
3. นักเรียนสามารถบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการ

ยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้

จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจในทุกกระบวนการของวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็นพิเศษ อีกทั้งยังร่วมกันระดมความคิด อภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว ร่วมกันระบุปัญหา และช่วยกันออกแบบการทดลอง และนักเรียนสามารถตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ครบถ้วน โดยนักเรียนจะต้องใช้ความรู้ในการออกแบบการทดลอง และกระตุ้นให้นักเรียนแสดงสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากการที่นักเรียนร่วมกันปรับปรุงชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้ ดังภาพ 20 ต่อไปนี้



ภาพ 20 แสดงการร่วมกันปรับปรุงชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้
ของนักเรียน จากกิจกรรมเรื่อง ท้นปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง

3.5 ขั้นการวัดและประเมินผล

จากการสะท้อนผลในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอที่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน สะท้อนให้เห็นว่า ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นผู้วิจัยร่วมสะท้อนผล และสรุปความรู้ให้กับนักเรียน

เพิ่มเติม จากการสังเกต พบว่า เมื่อมีการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจในการแสดงความคิดเห็นและตั้งคำถามต่อเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้อย่างดี ดังตัวอย่างการนำเสนอชิ้นงานและการนำเสนอของนักเรียน ดังภาพ 21 และ 22



ภาพ 21 แสดงการนำเสนอชิ้นงานชุดทดสอบสารตกค้างในผักและผลไม้ของนักเรียน จากกิจกรรมเรื่อง ท้นปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง

การทดลอง
เรื่อง รู้ทันปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง

วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทดสอบหาปริมาณของไซยาไนด์ในน้ำล้างผักผลไม้
- 2) เพื่อหาวิธีการจัดการเคมีตกค้างในผักผลไม้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. Dilute NaOH Solution
2. HCl เข้มข้น
3. Ferric Chloride T.S. (9% in Distilled Water)
4. Ferrous Sulfate T.S. (8% in Distilled Water) เตรียมใหม่
5. อุ่น

วิธีการทดลอง
BERLIN BLUE TEST

นำตัวอย่างที่ต้องสงสัยใช้ ส่วนใส่ประมาณ 3 ml

เติม NaOH จำนวน 2 ml

เติมน้ำยา Ferrous Sulfate ลงไป 3 หยด

เติม HCl ลงไป ครั้งละ 1 หยด

สังเกตสีที่เกิดขึ้น ถ้าในตัวอย่างมีไซยาไนด์ จะเกิดสีฟ้าถึงสีน้ำเงินเข้ม

ผลการทดลอง

ผักผลไม้	สีของการเปลี่ยนแปลง (ครั้ง)		
	1	2	3
อุ่น	เหลือง ↓ ฟ้า	เหลือง ↓ ฟ้า	เหลือง ↓ ฟ้า
Blank	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง		

สรุปและอภิปรายผล

ในตัวอย่างมีไซยาไนด์ จะเกิดสีฟ้าถึงสีน้ำเงินเข้มตามความเข้มข้นของไซยาไนด์ : ผลการทดสอบ Positive

วิธีแก้ปัญหา สารตกค้าง

ล้างผักผลไม้ - แช่ผักด้วยน้ำล้างผัก นาน 10 นาที ใช้ล้างผัก 20-30 นาที ผสมน้ำ 4 ลิตร แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 35-43 %

ภาพ 22 แสดงตัวอย่างชิ้นงานการนำเสนอของนักเรียน จากกิจกรรมเรื่อง ท้นปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง

จากการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการ ในวงจรปฏิบัติการถัดไปสรุปได้ ดังนี้

1. หลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองเสร็จสิ้น ให้ผู้วิจัยถามนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ที่ละกลุ่ม โดยให้นักเรียนตรวจสอบผลการทดลองของกลุ่มตนเองว่าได้ผลเป็นอย่างไร เหมือนหรือแตกต่างจากกลุ่มเพื่อนที่นำเสนอไปข้างต้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบความสนใจของนักเรียนได้

2. ผู้วิจัยพยายามถามคำถามกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายผล หรือหาสาเหตุของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองความคลาดเคลื่อน ซึ่งการที่นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมานั้นได้สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของนักเรียนแต่ละคนในการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ อาจจะมีน้อยต่างจากการตามความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล แต่โดยรวมแล้วนักเรียนมีความเข้าใจและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่าง ถูกต้อง เหมาะสม และครอบคลุม

1.3 การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยผลของการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด เบส ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นั้นผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยสรุปดังต่อไปนี้

1.1 ปรับแก้สถานการณ์ให้เป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนมากขึ้นและมีความเหมาะสมมากขึ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่เป็นปัญหาจากสถานการณ์ได้ชัดเจน ซึ่งสถานการณ์ต้องสามารถทำให้นักเรียนออกแบบนวัตกรรมหรือชิ้นงานด้วยการใช้ความคิด ริเริ่มสร้างสรรค์ คล่องแคล่ว และหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างยืดหยุ่น ปรับใช้ได้ในหลายๆสถานการณ์ พร้อมกับทำให้นักเรียนสามารถใช้ความคิดริเริ่มในการออกแบบนวัตกรรมในการแก้ปัญหาในรูปแบบใหม่ทันสมัย ปรับใช้ได้กับเทคโนโลยีสมัยใหม่ อยู่ในกระแสความนิยมปัจจุบัน มีความเป็นเอกลักษณ์โดดเด่นเฉพาะตัว แตกต่างจากที่เคยพบเห็นในชีวิตประจำวัน

1.2 ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมแต่ละส่วนนั้นจะปรับให้เหมาะสมกับการดำเนินกิจกรรมของนักเรียนมากขึ้น เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลในหลากหลายช่องทางทั้งจากสื่อสิ่งพิมพ์ สื่อออนไลน์ หรือการพบปะพูดคุยกับผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้จากแหล่งต่างๆเหล่านั้นมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมในรูปแบบที่แตกต่างและแปลกใหม่

1.3 ในการสืบค้นความรู้ของนักเรียนนั้นผู้วิจัยจะชี้แนะแนวทางเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายละเอียดของหัวข้อของปัญหาเพื่อเป็นการประหยัดเวลา และให้แนวทางในการวิเคราะห์หรือใช้แหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามเป้าหมายของผลการเรียนรู้

1.4 ในการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์นั้นความปลอดภัยของผู้ทำการทดลองถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก ผู้วิจัยจะเน้นย้ำถึงความอันตรายของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองวิธีการที่ถูกต้องที่จำเป็นต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดเมื่อต้องทำปฏิบัติการทดลองและเน้นย้ำให้นักเรียนทำการทดลองด้วยความสำรวม ระมัดระวัง ไม่หยอกล้อเล่นกันกับเพื่อนระหว่างปฏิบัติการทดลอง

จากผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้นำแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กิจกรรม “กำจัดความกระด้าง” โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ
2. ขั้นการระบุปัญหาและแยกแยะประเด็นปัญหา
3. ขั้นการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
5. ขั้นปรับปรุงนวัตกรรมและขยายความรู้
6. ขั้นการวัดและประเมินผล

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาโดยมีสถานการณ์ดังต่อไปนี้ ในหมู่บ้านเจริญสุขมีการใช้น้ำประปาในการอุปโภคและบริโภค จากการนำน้ำบาดาลบริโภคเมื่อสังเกตสิ่งที่พบกันภาชนะตม้น้ำคือตะกอนนั้น ซึ่งกระบวนการเกิดตะกอนเป็นดังนี้ หินปูน (CaCO_3) คือหินปูนในธรรมชาติที่เห็นเป็นของแข็งโดยทั่วไป เมื่อน้ำไหลผ่าน จะละลายหินปูนไปอยู่ในน้ำ ในสภาพ แคลเซียมไบคาร์บอเนต $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ซึ่งละลายน้ำ เมื่อมีการตม้น้ำ ความร้อนในการตม้น้ำจะขับไล่ก๊าซ CO_2 ออกไป จึงคงเหลือเป็น CaCO_3 หรือหินปูนในสภาพของแข็งที่เป็นตะกอนในภาชนะตม้น้ำนั่นเอง กระบวนการเป็นตะกอนในท่อก็เกิดเช่นในกระบวนการตม้น้ำ แต่

ค่อยเป็นค่อยไปใช้เวลาในการสะสมตะกักรันนานกว่า ปริมาณแคลเซียมในน้ำไม่ได้ระบุในมาตรฐานของการประปานครหลวง ซึ่งอ้างอิงมาจากคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก แคลเซียมไม่มีอันตรายต่อร่างกาย ปัญหาที่เกิดจาก แคลเซียมก็คือ น้ำกระด้าง ซึ่งจะทำให้เกิดตะกักรันกับภาชนะที่ใช้ต้ม เมื่อใช้ไปนานๆ ตะกักรันจะหนาทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเวลาต้มน้ำ น้ำปกติทั่วไปจะมีความกระด้างเล็กน้อย เมื่อนำมาต้มจะเกิดตะกักรัน หรือตะกอนของ CaCO_3 (หินปูน) ให้เห็น ปริมาณจะมากขึ้นอยู่กับความกระด้างของน้ำ โดยปกติควรมีความกระด้าง 80-100 มก./ล. องค์การอนามัยโลก ได้กำหนดไว้เนื่องจากไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพร่างกาย ในทางกลับกันกลับเป็นแหล่งเสริมแร่ธาตุแคลเซียมให้กับผู้ดื่ม เพียงแต่น้ำกระด้างจะมีรสชาติแปลกๆ โดยปกติอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ไม่สามารถทำให้น้ำที่มีความกระด้าง เกิดตะกอนหรือตะกักรันอุดตันอวัยวะต่าง ๆ ได้

ในฐานะที่นักเรียนเป็นผู้ที่ใช้น้ำจากการประปาจะมีกระบวนการตรวจสอบ หาปริมาณและแก้ไขปัญหาน้ำประปาที่มีความกระด้างอย่างไรโดยใช้เครื่องในการตรวจสอบให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในชุมชนและประหยัดงบประมาณให้มากที่สุด

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้จัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ โดยระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนพร้อมทั้งใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (ทำการบันทึกโดยผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย) แบบประเมินชิ้นงานและแบบประเมินใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน โดยรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้สร้างข้อตกลงในการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียนและชี้แจงถึงลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่แตกต่างจากการจัดการเรียนที่นักเรียนคุ้นเคย โดยจะมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ร่วมมือกัน ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นี้ นักเรียนส่วนใหญ่ได้เสนอให้ใช้กลุ่มเดิมจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากนั้นผู้วิจัยได้นำเข้าสู่บทเรียนโดยการบอกเล่าสถานการณ์ปัญหาน้ำกระด้างพร้อมกับแจกใบกิจกรรมเรื่อง “กำจัดความกระด้าง” ให้กับนักเรียน จากการสังเกตพบว่าในขั้นตอนนี้พบว่านักเรียนให้ความสนใจต่อสถานการณ์ จากนั้น กระตุ้นให้นักเรียน แต่ละกลุ่มใช้องค์ความรู้ทั้งหมดเกี่ยวกับน้ำกระด้างร่วมกันระบุปัญหาที่เกิดขึ้น

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจำลองสถานการณ์โดยสมมติให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นผู้ใช้น้ำจากการประปาซึ่งได้รับมอบหมายให้ตรวจสอบหาปริมาณสารที่ก่อให้เกิดน้ำกระด้าง และแก้ไขปัญหาน้ำประปาที่มีความกระด้างอย่างไร ดังนั้นนักเรียนจะต้องเสนอการตรวจสอบให้เหมาะสมกับ

สภาพแวดล้อมภายในชุมชนและประหยัคงบประมาณให้มากที่สุด โดยนักเรียนจะต้องร่วมกันระบุประเด็นปัญหาโดยวิเคราะห์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

จากการสังเกตพบว่านักเรียนช่วยกันระบุปัญหาร่วมกันภายในกลุ่มโดย นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้ถูกต้องทุกกลุ่ม ผู้วิจัยจึงกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนแต่ละคนมีการเสนอปัญหาของตนเองภายในกลุ่ม และพิจารณาว่าร่วมกันว่าเป็นปัญหาที่สามารถตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ เมื่อทุกคนลงความเห็นเกี่ยวกับปัญหาได้ตรงกันแล้ว จึงจะเขียนปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 3 และปัญหาที่นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุขึ้นส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกัน และไม่ออกนอกประเด็นไปจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนด

จากคำตอบของนักเรียนสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถที่จะระบุ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และสามารถที่จะระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจตรวจสอบในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ และแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถที่จะแยกความแตกต่างของปัญหาของสถานการณ์ทั่วไปกับปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ได้ด้วย เนื่องจากนักเรียนได้มีประสบการณ์การระบุม่าปัญหามาก่อนหน้านี้ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 จึงช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และสามารถระบุปัญหาทั้งสองได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็วขึ้น ลำดับต่อมาผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทุกคนช่วยกันพิจารณาปัญหาที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอมาและให้นักเรียนร่วมกันแยกแยะว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถแยกแยะได้อย่างถูกต้องเหมาะสม จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในด้านเวลา โดยผู้วิจัยกำหนดเวลาไว้ 30 นาที พบว่าสามารถดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ทันตามเวลาที่กำหนด

2.2 การสำรวจตรวจสอบ

ในขั้นตอนนี้ที่นักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มจะต้องออกแบบกระบวนการตรวจสอบหาปริมาณของสารที่ทำให้เกิดความกระด้างของน้ำ โดยออกแบบทั้งสารเคมีที่ใช้การไทเทรต ผู้วิจัยชี้แนะให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์และนำเสนอรูปแบบนวัตกรรมหรือชิ้นงานให้มีความหลากหลายมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยใช้ข้อมูลที่ได้ทำการสืบค้นมาในชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาใช้ โดยจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้ สภาพความเป็นกรด เบสของของเหลวให้มีความเหมาะสมทั้งการใช้งานด้านความปลอดภัย และเหมาะสมด้านงบประมาณค่าใช้จ่าย จากนั้นแต่ละกลุ่มรวบรวมและแบ่งปันรูปแบบกระบวนการตรวจสอบ หาปริมาณของสารที่ทำให้เกิดความกระด้างของน้ำ กับสมาชิกคนอื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

จากการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แต่ละกลุ่มสามารถออกแบบการกระบวนการตรวจสอบ หาปริมาณความกระด้างของน้ำ โดยนักเรียนสามารถออกแบบในการสร้างนวัตกรรมได้

มากขึ้นจากวงจรปฏิบัติก่อนหน้านี้ทั้งสองวงจรปฏิบัติการ และสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถ ที่จะระบุตัวแปรต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และสามารถระบุตัวแปรควบคุมได้ครอบคลุม พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่ม ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ระดมความคิด เสนอแนวทางในการทดลองพร้อมให้เหตุผล เนื่องจากข้อตกลงที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นเกี่ยวกับคะแนนของนักเรียนประกอบกับนักเรียนได้เคยมีประสบการณ์การทดลองใน 2 ปฏิบัติการเบื้องต้นแล้ว และการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นการลงมือปฏิบัติเพื่อตรวจสอบสิ่งที่เห็นและสัมผัสได้ ไม่ใช่แค่นั่งอยู่กับที่แล้วอ่านหนังสือ ด้วยเหตุนี้ทำให้นักเรียนทุกคนให้ความสนใจ และกระตือรือร้นที่จะได้ทำการทดลอง หลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่ม ออกแบบการทดลองเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ให้ตัวแทน กลุ่มออกมานำเสนอการออกแบบการทดลอง ซึ่งพบว่า วิธีการทดลองของนักเรียนมีความคล้ายคลึงกัน เช่น มียืนยันความน่าเชื่อถือของมูล คือ มีการทดลองชุดควบคุม และการทดลองซ้ำ ถึงแม้ว่าการออกแบบการทดลองจะคล้ายคลึงกัน แต่เกิดปัญหาในขั้นตอนของการออกแบบการทดลองน้อยลง เพราะนักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบได้ด้วยตัวเอง และทำตามขั้นตอนของการออกแบบการทดลองได้ถูกต้อง เหมาะสม และครบถ้วน แสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่า เมื่อนักเรียนได้ฝึกฝน และผ่านการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแล้วนั้น ทำให้สามารถพัฒนาสมรรถนะประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้ดียิ่งขึ้น ตามลำดับ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกัน ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเพื่อน จากการสังเกต พบว่า นักเรียนสามารถประเมินได้ตรงประเด็น โดยมุ่งเน้น ประเมินวิธีการทดลองและความน่าเชื่อถือของข้อมูล

2.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ในขั้นตอนนี้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน ออกมานำเสนอผลการทดลองโดยเปิดโอกาสให้นักเรียน ร่วมกันอภิปรายวิธีการทดลองของนักเรียนและกลุ่มที่อาจจะนำมาซึ่งผลการทดลองที่คลาดเคลื่อน จากการสังเกต พบว่า นักเรียนสามารถที่จะบอกความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจาก วิธีการทดลองของตนเองได้และสามารถที่จะประเมินวิธีการทดลองของตนเองได้ สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มากขึ้น และนักเรียนร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผลการทดลอง เพื่อหาจุดเด่น ข้อผิดพลาดของวิธีการนั้นๆ หรือความแตกต่างจากวิธีการของกลุ่มตนเอง ซึ่งวิธีการ กระตุ้นของผู้วิจัยสามารถช่วยให้นักเรียนมีความสนใจ และร่วมกันประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จากการสังเกต การจัดการเรียนรู้ในด้านเวลา โดยผู้วิจัยกำหนดเวลาไว้ 60 นาที พบว่า สามารถดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ตามเวลาที่กำหนด

2.4 ชั้นขยายความรู้

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจัดเตรียมน้ำที่มีความกระด้าง เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบและหาปริมาณการใช้งานของนวัตกรรมในการตรวจสอบ หาปริมาณความกระด้างของตัวอย่างที่นักเรียนได้

ร่วมกันสร้างขึ้น จากนั้นแต่ละกลุ่มทำการทดสอบนวัตกรรมที่ได้สร้างขึ้น โดยหากกลุ่มใดที่สามารถสร้างนวัตกรรมตรวจสอบ หาปริมาณตัวอย่างของน้ำให้มีประสิทธิภาพบรรลุตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนดถือว่านวัตกรรมในการตรวจสอบ หาปริมาณความกระด้างของตัวอย่างของน้ำนั้นสามารถนำไปใช้ได้จริงตามสภาวะที่กำหนดและถือว่าการแก้ปัญหาของกลุ่มประสบความสำเร็จ

จากที่ผู้วิจัยได้ให้เวลาแก่นักเรียน 60 นาที เพื่อให้ศึกษาสถานการณ์และตอบคำถาม ในกิจกรรมจากการสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจกับสถานการณ์ดังกล่าวเป็นอย่างดีตลอดการจัดการเรียนการสอนในแผนการเรียนรู้ดังกล่าว เนื่องจากเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับนักเรียน ในขั้นตอนนี้ นอกจากนักเรียนได้ทำการทดลองเสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดแล้ว นักเรียนยังสามารถตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ทันตามเวลาที่กำหนดอีกด้วย เนื่องจากนักเรียนมีการระดมความคิดเห็นการวางแผน การทดลองตามขั้นตอนต่างๆอย่างมีระเบียบแบบแผน จึงสามารถทำงานได้ดี มีปัญหาน้อย ทุกขั้นตอน และสามารถทำได้ทันตามเวลาที่กำหนด

2.5 ขั้นการวัดและประเมินผล

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอที่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน โดยให้นำเสนอ 3 หัวข้อ คือ จุดเด่นของแนวทางการวิเคราะห์ของกลุ่มตนเองว่ามีจุดเด่นในด้านใด เด่นอย่างไร เหมาะสมกับการนำไปใช้ในสถานที่หรือสถานการณ์ใด ตามด้วยผลการทดสอบ และแนวทางการแก้ไข ใช้เวลาในการนำเสนอกลุ่มละ 10 นาที นักเรียนกลุ่มที่เป็นผู้ฟังทุกกลุ่มจะต้องมีการตั้งคำถาม หรือให้ข้อเสนอแนะกับเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอ ผู้นำเสนอก็มีคำชี้แจงและยอมรับในความเห็นที่แตกต่างและเป็นประโยชน์ของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ โดยผู้วิจัยได้เน้นย้ำเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ของแต่ละกลุ่ม ให้อยู่บนพื้นฐานของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีหลักเหตุและผลสามารถ ตรวจสอบได้ด้วยวิธีการที่แน่นอน เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ข้อบกพร่องและแนวทางในการแก้ปัญหาในกลุ่มของตนเอง และพร้อมยอมรับจุดเด่นหรือข้อดีของวิธีการของแต่ละกลุ่มนำมาสร้างสรรค์เป็นผลงานที่ดีที่สุดในการบวนการนั้นๆ เพราะในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งที่บางกลุ่มออกแบบและทำได้เป็นอย่างดี บางกลุ่มอาจทำได้ไม่ดี ในขณะที่เดียวกันบางขั้นตอนที่กลุ่มอื่นทำออกมาได้ดี แต่เราอาจทำได้ไม่ได้ การรู้จักนำจุดเด่นของผลงานแต่ละกลุ่มมาผสมผสานกัน จึงอาจได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดได้ ไม่จำเป็นต้องทำการทดลองใหม่ แต่อาจจะเป็นในลักษณะของการเสนอแนะ ระหว่างฟังการนำเสนอของกลุ่มเพื่อน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนกลุ่มที่เป็นผู้ฟังทุกกลุ่มจะต้องมีการตั้งคำถาม หรือให้ข้อเสนอแนะกับเพื่อนกลุ่มที่นำเสนออยู่แล้ว

จากการสังเกต พบว่า เมื่อมีการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่บริเวณหน้าชั้นเรียนผ่านจอโปรเจคเตอร์ ทำให้นักเรียนทุกคนในห้องเรียนสามารถมองเห็นผลงานและวิธีแก้ปัญหาของเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้ชัดเจนเพื่อประกอบการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการ

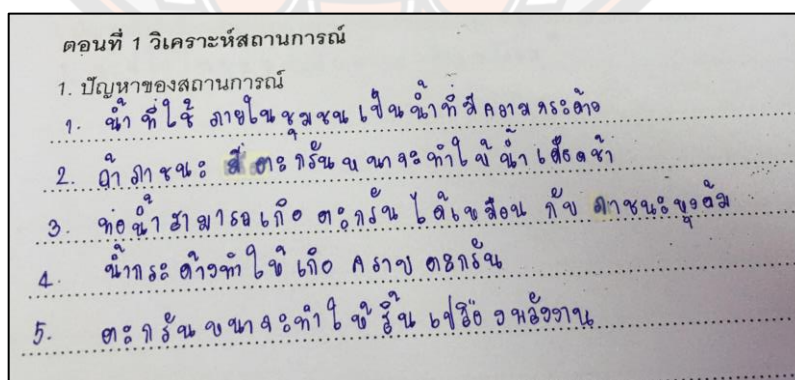
แก้ปัญหาของเพื่อนกลุ่มอื่น ซึ่งนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ได้ให้ความสนใจในการแสดงความคิดเห็นและตั้งคำถามต่อเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้อย่างดี นักเรียนสามารถนำความรู้หรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการโต้แย้งได้ดีขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายความรู้ที่ได้จากกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยประเมินจากการสังเกตการณ์ร่วมตอบคำถามในกิจกรรมและการตอบคำถามในใบบันทึกกิจกรรม

3. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

สำหรับข้อมูลในการสะท้อนผลได้มาจาก 1) บันทึกประจำวันของผู้วิจัย 2) แบบบันทึก การสะท้อนผลจากผู้สะท้อนผลร่วม(ครูพี่เลี้ยง)และ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดแบ่งตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างความสนใจ

จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นว่า ขั้นตอนดังกล่าวสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทาง วิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดเพื่อระบุ ปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และ พบว่า นักเรียนสามารถที่จะระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ ถูกต้อง มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และมีความหลากหลายมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้มี ประสบการณ์ในการระบุ ปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 มาแล้ว จึงช่วยทำให้นักเรียนมี ความเข้าใจและสามารถระบุ ปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ดังจะเห็นได้จากการระบุปัญหาของนักเรียนดังภาพ 23 ต่อไปนี้



ภาพ 23 แสดงการระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจ
ในทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง กำจัดความกระด้าง

จากการจัดการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นว่า ขั้นตอนดังกล่าวสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถ ตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่เปิดโอกาสแต่ละกลุ่ม ได้นำเสนอ ปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ โดยมีผู้วิจัยทำหน้าที่ ในการจดบันทึก คำตอบของนักเรียน ต่อมาให้ให้นักเรียนทุกคนช่วยกันพิจารณาปัญหาที่นักเรียน แต่ละกลุ่มนำเสนอมา และให้นักเรียนร่วมกันแยกแยะว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถ ตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทาง วิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถแยกแยะได้อย่างถูกต้อง เนื่องมาจากนักเรียนได้มีประสบการณ์ ในการแยกแยะปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 มาแล้ว จึงช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและ สามารถแยกแยะปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจ ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ดังจะ เห็นได้จากการแยกแยะปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจ ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดัง ภาพ 24 ต่อไปนี้

2. ประเด็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์		สามารถตรวจสอบได้หรือไม่	
ข้อ	ประเด็นปัญหาหรือคำถาม	ได้	ไม่ได้
1	น้ำที่ใสและขุ่นเหมือนกันน้ำที่ต้มน้ำร้อนหรือไม่	✓	
2	ถ้าภาชนะมีสีเหมือนกันจะเกิดจากคนใดหรือไม่		✓
3	ก้อนน้ำแข็งที่แตกกันจะได้เหมือนกันหรือไม่	✓	
4	น้ำที่ค้างทิ้งไว้ที่ก้นแก้วจะขุ่นหรือไม่	✓	
5	ตะกอนน้ำจะตกที่ก้นแก้วหรือไม่		✓

ภาพ 24 แสดงการแยกแยะปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจ ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง กำจัดความกระด้าง

3.2 ขั้นการสำรวจตรวจสอบ

ขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดม ความคิด ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหาตามที่นักเรียนที่เลือกไว้ โดยลักษณะของ การดำเนิน กิจกรรมนี้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระบุดจุดประสงค์ของการทดลอง สมมติฐาน ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม

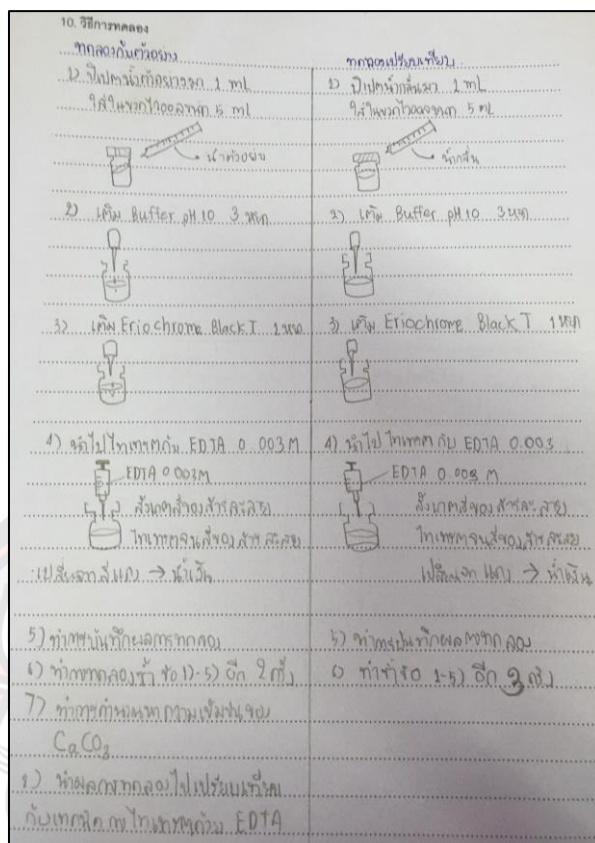
ค้วแปรควบคุม ลงในใบกิจกรรม และนักเรียนได้ร่วมกันระดมความคิดเพื่อออกแบบ การทดลอง จาก การสังเกตและวิเคราะห์การบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถที่จะ เสนอแนะวิธีสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวงจร ปฏิบัติการที่ 1 และ 2 พบว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถระบุตัวแปรต้น และตัวแปรตามได้ถูกต้อง และ ระบุตัวแปรควบคุม ได้ครอบคลุมมากขึ้น สามารถเลือกสารเคมีและอุปกรณ์ได้เหมาะสมตามที่ กำหนดให้ และสามารถออกแบบการทดลองได้โดยลำดับขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจ ง่าย เนื่องจากนักเรียนได้มีประสบการณ์มาจากวงจรปฏิบัติการ ที่ 1 และ 2 มาแล้ว จึงช่วยทำให้ นักเรียนมีความเข้าใจและเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ ดังจะเห็น ได้จากการระบุตัวแปรในการทดลองและการออกแบบการวิธีทดลองดังภาพ 25 และ 26 ต่อไปนี้

5. ตัวแปรต้น
..... ปริมาณน้ำ

6. ตัวแปรตาม
..... ความดันโลหิต

7. ตัวแปรควบคุม
..... ปริมาณของน้ำดื่ม, เวลาให้เวลาให้สัตว์ทดลอง, วิธีการให้สัตว์ทดลอง, ปริมาณของน้ำดื่มที่ดื่ม

ภาพ 25 แสดงการระบุตัวแปรในการทดลองในการศึกษา
ทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง กำจัดความกระด้าง



ภาพ 26 แสดงการออกแบบการวิธีทดลอง

ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง กำจัดความกระด้าง

ขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางเป็นที่ยอมรับ ซึ่งการดำเนินกิจกรรมของผู้วิจัยในขั้นตอนนี้ได้ส่งเสริมให้นักเรียน ได้พัฒนาสมรรถนะดังกล่าว คือ ในระหว่างการออกแบบการทดลอง พบว่านักเรียนจะต้องคำนึงถึง การออกแบบการทดลองที่มีความน่าเชื่อถือ เช่น ระบุการทำกรทดลอง มีชุดควบคุมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ และทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อเป็นการตรวจสอบความแม่นยำของวิธีการและเครื่องมือ รวมถึงยืนยันผลการทดลอง จากการสังเกตและวิเคราะห์ การนำเสนอวิธีการทดลองของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถออกแบบการทดลองที่มีความน่าเชื่อถือได้ และในวงจรปฏิบัติการครั้งนี้นักเรียนได้อ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูล ในการออกแบบการทดลองด้วย ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนทราบวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลของผลการทดลอง

3.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ในขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนออกมานำเสนอผล การทดลอง หน้าชั้นเรียน และร่วมกันประเมินวิธีการทดลอง โดยมีผู้วิจัยคอยกระตุ้นให้นักเรียน ร่วมกันประเมิน โดยการใช้คำถามประกอบการกระตุ้น หรือแนะนำผลการทดลอง และให้นักเรียนร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผลการทดลองสามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลาง โดยที่นักเรียนประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังการทดลองนักเรียนจะต้องพิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลเช่น วิธีการทดลอง มีการเปรียบเทียบกับวิธีการทดลองชุดควบคุม และมีการทดลองซ้ำหรือไม่ ดังจะเห็นได้จากการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาและประเมินวิธีการต่างๆทางวิทยาศาสตร์ดังภาพ 27 ต่อไปนี้



ภาพ 27 แสดงการนำเสนอการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหา และประเมินวิธีการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง กำจัดความกระด้าง

3.4 ชั้นขยายความรู้

ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าในขั้นตอนนี้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนสามารถเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้
2. นักเรียนสามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

3. นักเรียนสามารถบรรยายและประเมินวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้

จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจ ร่วมกันระดมความคิด อภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว ร่วมกันระบุปัญหา และช่วยกันออกแบบการทดลอง และนักเรียนสามารถตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ โดยนักเรียนจะต้องใช้ความรู้ในการออกแบบการทดลอง และกระตุ้นให้นักเรียนแสดงสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการอภิปรายนำเสนอการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาและประเมินวิธีการต่างๆทางวิทยาศาสตร์ดังภาพ 28 ต่อไปนี้



ภาพ 28 แสดงการอภิปรายนำเสนอการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหา และประเมินวิธีการต่างๆทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรม เรื่อง กำจัดความกระด้าง

2.5 ชั้นการวัดและประเมินผล

จากการสะท้อนผลในชั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอที่กลุ่มหน้าชั้นเรียน สะท้อนให้เห็นว่า ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้เน้นย้ำเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ ของแต่ละกลุ่ม ให้อยู่บนพื้นฐานของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีหลักเหตุและผล สามารถ ตรวจสอบได้ด้วยวิธีการที่แน่นอน เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ข้อบกพร่องและแนวทางในการแก้ปัญหาในกลุ่มของตัวเอง ในชั้นตอนนี้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะดังต่อไปนี้

ตาราง 16 แสดงการสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

แสดงการสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่ 1		
ขั้นการจัดการเรียนรู้	ปัญหาและอุปสรรค	แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้
1. ขั้นสร้างความสนใจ	-นักเรียนใจอุปกรณ์ไม่ สถานการณ์ -นักเรียนส่วนใหญ่สับสน สถานการณ์	-ชี้แจงเพิ่มเติมให้นักเรียนทราบความ ต่างระหว่างปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และปัญหาทั่วไป -ยังไม่ให้นำอุปกรณ์และกำหนดราคา ของอุปกรณ์
2. ขั้นการสำรวจ ตรวจสอบ	-นักเรียนส่วนใหญ่ทำการ สืบค้นโดยไม่มีวางแผน -ไม่แบ่งงาน -นักเรียนขาดความมั่นใจใน การตอบ -นักเรียนออกแบบคล้ายคลึง กัน -นักเรียนไม่รู้จักตัวแปร -นักเรียนบางกลุ่มหยิบ อุปกรณ์ไปมากเกินไป	-ผู้วิจัยจึงได้เสนอหัวข้อแนวทางการ สืบค้น -ผู้วิจัยชี้แนะให้ข้อเสนอแก่นักเรียน -ผู้วิจัยชี้แนะและอธิบายการออกแบบ การทดลอง -อธิบายความหมายของตัวแปร -กำหนดราคาอุปกรณ์
3. ขั้นอธิบายและลง ข้อสรุป	-นักเรียนไม่กล้าแสดงออก และไม่กล้าตอบ	-ใช้คำถามกระตุ้น
4. ขั้นขยายความรู้	-นักเรียนปรับปรุงโดยไม่คำ นึกถึงหลักการ -นักเรียนไม่สามารถบอก ข้อบกพร่องของชิ้นงานได้	-ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนอธิบาย หลักการและบอกข้อบกพร่องของ ชิ้นงาน
5. ขั้นการวัดและ ประเมินผล	-เวลาการนำเสนอไม่ เพียงพอ -นักเรียนร่วมกันอภิปราย	-กระชับเวลาในแต่ละขั้นของการจัด กิจกรรม -อธิบายและชี้แนะแก่นักเรียนเรื่อง

วงจรถวายปฏิบัติกรที่ 1

ชั้นการจัดการเรียนรู้	ปัญหาและอุปสรรค	แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้
	น้อยไม่กล้าบอกข้อบกพร่อง -นักเรียนบางส่วนไม่ยืนยัน ความน่าเชื่อถือของข้อมูล	ความน่าเชื่อถือของข้อมูล -ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกัน อภิปราย

วงจรถวายปฏิบัติกรที่ 2

ชั้นการจัดการเรียนรู้	ปัญหาและอุปสรรค	แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้
1. ชั้นสร้างความสนใจ	-นักเรียนบางส่วนสับสน ระหว่างสถานการณ์ทั่วไป และสถานการณ์ทาง วิทยาศาสตร์ -นักเรียนหลายกลุ่ม วิเคราะห์และตีความไปใน ทิศทางที่แตกต่างกัน -นักเรียนขาดความมั่นใจใน การตอบ	-อธิบายความหมายสถานการณ์ทั่วไป และสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ -ผู้วิจัยชี้แนะให้ข้อเสนอแก่นักเรียน -ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดง ความคิดเห็นและให้คำชมแก่นักเรียน
2. ชั้นการสำรวจ ตรวจสอบ	-นักเรียนออกแบบคล้ายคลึง กัน -นักเรียนระบุตัวแปรได้แต่ ไม่ครอบคลุม	-ผู้วิจัยชี้แนะและอธิบายการออกแบบ การทดลองให้หน่อยลง
3. ชั้นอธิบายและลง ข้อสรุป	-นักเรียนไม่กล้าบอก ข้อบกพร่องของกลุ่มเพื่อน	-ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเสนอข้อ แก้ไขเพื่อพัฒนา
4. ชั้นปรับปรุง นวัตกรรมและขยาย ความรู้	-นักเรียนบางส่วนไม่สามารถ บอกข้อบกพร่องของชิ้นงาน ได้	-ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนอธิบาย หลักการและบอกข้อบกพร่องของ ชิ้นงาน
5. ชั้นการวัดและ ประเมินผล	-	-

วงจรถอบปฏิบัติการที่ 3

ขั้นการจัดการเรียนรู้	ปัญหาและอุปสรรค	แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้
1. ขั้นสร้างแรงบันดาลใจ	นักเรียนขาดความมั่นใจในการตอบ	-ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและให้คำชมแก่นักเรียน
2. ขั้นการสำรวจตรวจสอบ	-นักเรียนออกแบบคล้ายคลึงกัน	-ผู้วิจัยชี้แนะและอธิบายการออกแบบการทดลองให้น้อยลง
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	-	-
4. ขั้นขยายความรู้	-นักเรียนบางส่วนไม่สามารถบอกข้อบกพร่องของชิ้นงานได้	-ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายหลักการและบอกข้อบกพร่องของชิ้นงาน
6. ขั้นการวัดและประเมินผล	-	-

ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรดเบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำถามวิจัย การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง กรดเบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร

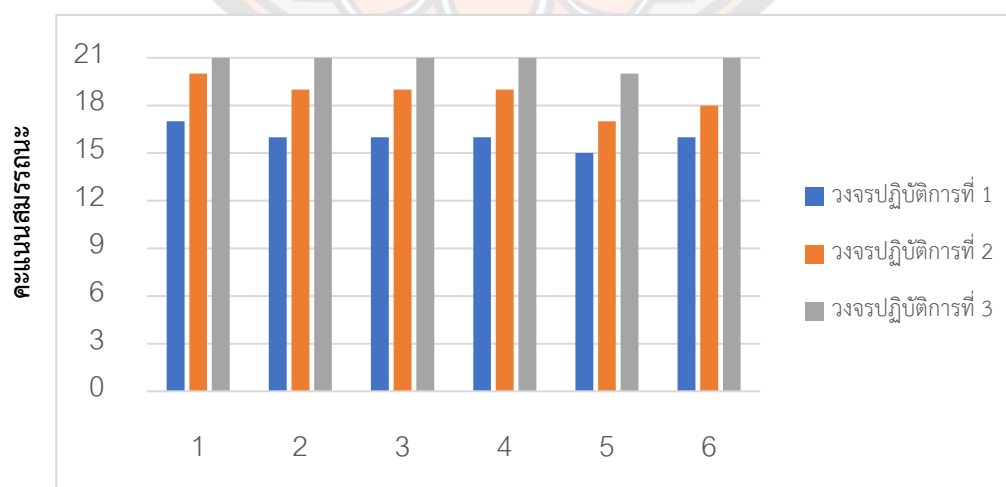
ผู้วิจัยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างเรียนจำนวน 3 วงรอบ โดยเก็บข้อมูลจากใบบันทึกกิจกรรมและชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้านวิธีการ (Method triangulation) ซึ่งองค์ประกอบของสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด คือ 1) ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ 2) บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3) เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ 4) บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ 5) อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

ผลการศึกษากการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากใบบันทึกกิจกรรมระหว่างเรียน ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์ใบบันทึกกิจกรรมระหว่างเรียนให้คะแนนโดยใช้แบบประเมินใบบันทึกกิจกรรมจำนวน 3 วงรอบ มาหาคะแนนเฉลี่ย วิเคราะห์ผลและจัดระดับสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ประเมิน Rubric score ที่ผ่านการตรวจสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญแสดงผลได้ดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงระดับสมรรถนะการประเมิน

แสดงระดับสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากใบบันทึกกิจกรรมระหว่างเรียนเทียบตามเกณฑ์ Rubric score

กลุ่มที่	คะแนน		
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3
1	17	20	21
2	16	19	21
3	16	19	21
4	16	19	20
5	15	17	20
6	16	18	21



ภาพ 30 แสดงคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3

ผลการศึกษารูปแบบการพัฒนาศมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากชิ้นงานระหว่างเรียนผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์ชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นระหว่างเรียน จำนวน 3 วงจรรอบ มาหาคะแนนเฉลี่ย วิเคราะห์ผลและจัดระดับสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ประเมิน Rubric score ที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญแสดงผลได้ดังตาราง

นวัตกรรมจากชิ้นงานของนักเรียน

ตาราง 18 แสดงคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะ

แสดงคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

ตัวบ่งชี้	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะของผู้เรียนวงจรปฏิบัติการที่		
		1	2	3
1	3.00	3.00	3.00	3.00
2	3.00	2.33	2.83	3.00
3	9.00	6.83	7.83	8.83
4	3.00	2.00	2.50	3.00
5	3.00	2.00	2.33	2.83
รวม	21.00	16.16	18.49	20.66
ระดับสมรรถนะ	ดีมาก	ดี	ดีมาก	ดีมาก

จากตารางที่ 18 พบว่าเมื่อจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาครบทั้ง 3 วงจร ได้ผลดังต่อไปนี้

ตัวบ่งชี้ที่ 1 ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในกาศึกษาทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในการระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการทางด้านวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ ในช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้พบว่าผู้เรียนบางส่วนระบุประเด็นปัญหาได้และสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มีเพียงบางส่วนไม่สามารถแยกประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาจากประเด็นปัญหาอื่นได้ แต่เมื่อผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนในช่วงท้ายพบว่าผู้เรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้และสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องดีมาก

ตัวบ่งชี้ที่ 2 พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในการบอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ในช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้พบว่าผู้เรียนบางส่วนไม่สามารถแยกแยะประเด็นปัญหาหรือคำถามได้เนื่องจากผู้เรียนมีความสับสนและไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างประเด็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ได้ ภายหลังผู้วิจัยได้ปรับปรุงกิจกรรมและอธิบายหลักการเพิ่มขึ้น พบว่าผู้เรียนสามารถแยกแยะระหว่างประเด็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกจากประเด็นปัญหาหรือคำถามที่ไม่สามารถตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้โดยผู้วิจัยไม่ต้องอธิบายหลักการเพิ่มเติมหรือชี้แนะคำตอบ

ตัวบ่งชี้ที่ 3 พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในการเสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ในช่วงแรกผู้เรียนบางส่วนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ไม่ถูกต้องอันเนื่องมาจากขาดความเข้าใจความหมายและความแตกต่างของตัวแปร เลือกสารเคมีและอุปกรณ์ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองและไม่ระบุจำนวนที่ใช้ นอกจากนี้ยังมีการลำดับขั้นตอนการทดลองได้ไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน และไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองที่กำหนดให้ ภายหลังผู้วิจัยได้ปรับปรุงกิจกรรมและอธิบายความหมายและความแตกต่างของตัวแปรเพิ่มขึ้น พบว่าผู้เรียนสามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง ครบคลุมมีการเลือกใช้สารเคมีและอุปกรณ์ได้ครบถ้วน เหมาะสม เกี่ยวข้องกับการทดลอง และระบุจำนวนที่ใช้ได้อย่างชัดเจนและลำดับขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่ายและเกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำหนดโดยผู้วิจัยไม่ชี้แนะคำตอบ

ตัวบ่งชี้ที่ 4 พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในการบอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ในช่วงแรกผู้เรียนบางกลุ่มไม่สามารถประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องหรือไม่และไม่สามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้นๆได้และไม่สามารถเสนอแนะแนวทางในการแก้ไข พร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผลได้ เนื่องจากผู้เรียนมุ่งเน้นในการนำเสนอผลงาน การอธิบายหลักการ ความสวยงามของชิ้นงานที่จะนำเสนอ การเตรียมพร้อมการตอบคำถาม ไม่มุ่งเน้นการประเมินวิธีการทดลองของกลุ่มตนเองหลังการทดลองเพื่อระบุและแก้ไขข้อบกพร่อง แต่เมื่อผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนในช่วงท้ายพบว่าผู้เรียนสามารถประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องหรือไม่พร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผลและสามารถเลือกวิธีการทดลองที่มีความถูกต้องที่สุดพร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผลและผู้เรียนบางกลุ่มสามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้นๆและเสนอแนะแนวทางในการแก้ไข พร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผล

ตัวบ่งชี้ที่ 5 พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในการอธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย ในช่วงแรกผู้เรียนบาง

กลุ่มไม่สามารถการระบุงการทดลองชุดควบคุมและทำการทดลองซ้ำในขั้นตอนการออกแบบการทดลองได้และบางกลุ่มไม่สามารถลงมือปฏิบัติการทดลองได้จริงอันเนื่องมาจากเวลาไม่เพียงพอเพราะผู้เรียนไม่ได้วางแผนการทดลองที่ดีและไม่แบ่งหน้าที่การลงปฏิบัติงาน ในช่วงท้ายพบว่าผู้เรียนมีการระบุงการทดลองชุดควบคุมและทำการทดลองซ้ำในขั้นตอนการออกแบบการทดลองและสามารถลงมือปฏิบัติการทดลองได้จริงตามที่ออกแบบไว้และมีการระบุแหล่งที่มาของข้อมูล

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวิเคราะห์คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าผู้ที่มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แสดงดังตารางที่ 19

ตาราง 19 แสดงคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการประเมิน

แสดงคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การทดลอง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
ก่อนเรียน	25	7.23	2.58
หลังเรียน	25	17.04	1.46

จากตาราง 2 พบว่าผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.04 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

จากการวิเคราะห์ตาราง 1 และ 2 การตอบคำถามของผู้เรียนจากใบกิจกรรมและแบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกันผู้เรียนมีการพัฒนาดีขึ้นอย่างต่อเนื่องสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยพัฒนาและปรับปรุงขึ้นมานั้นสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัย เรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปผลการวิจัยตามจุดมุ่งหมายของการศึกษาของการศึกษาได้ดังนี้

1. ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จากผลการวิจัยผู้วิจัยได้ค้นพบแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

ขั้นสร้างความสนใจนี้เป็นจุดสำคัญ เป็นการชักจูงหรือนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน ควรเป็นเนื้อหาที่ต้องดึงดูดนักเรียนให้มีความสนใจในบทเรียน และอยู่กับบทเรียนตั้งแต่ต้นจนจบด้วยความตั้งใจ ดังนั้นการเลือกเนื้อหาสำหรับขั้นตอนนี้ ครูผู้สอนควรเลือกนำเสนอสถานการณ์ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่อง กรด เบส เป็นบริบทที่เป็นสิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรมที่อยู่รอบตัวของนักเรียนและเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน อาจจะเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อตัวนักเรียนโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ เนื้อหาอาจมีผลต่อตัวนักเรียน หรือชุมชนในด้านบวก เช่น เพื่อการพัฒนาการส่งเสริมอาชีพ หรือเป็นผลกระทบด้านลบเพื่อให้นักเรียนเล็งเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นและเห็นถึงความสำคัญในการหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดจากผลกระทบดังกล่าว เช่น สถานการณ์เกี่ยวกับน้ำเสียใน

ชุมชนที่ส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยในชุมชนซึ่งเป็นสถานการณ์ในท้องถิ่นของนักเรียน การใช้ยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ทำให้มีการตกค้างในผักและผลไม้ เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในชั้นตอนนี้ ครูผู้สอนควรใช้การถามคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากนั้น ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดให้ และระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ลงในใบกิจกรรม โดยครูผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายความหมายของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องให้นักเรียนเข้าใจก่อน คำศัพท์ดังกล่าวได้แก่คำว่า ปัญหาของสถานการณ์ทั่ว ๆ ไป ปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และครูผู้สอนควรใช้ คำถามกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาหลังจากที่นักเรียนระบุปัญหาได้แล้วนั้น ครูผู้สอนควรเปิด โอกาสให้นักเรียนนำเสนอปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และให้นักเรียนได้แยกแยะ ประเด็นปัญหาหรือคำถามใดที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเลือกปัญหาที่จะศึกษาด้วยตนเอง เมื่อนักเรียนได้นำเสนอปัญหาแล้ว ครูผู้สอนควรสรุปหรือเลือกประเด็นปัญหาที่มีความเหมาะสม นำไปสู่การทดลองสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้

ครูผู้สอนควรใช้ คำถามกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหา เมื่อนักเรียนระบุปัญหาได้แล้ว ครูผู้สอนควรให้นักเรียนนำเสนอปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเพื่อการแยกแยะ ประเด็นปัญหาหรือคำถามใดที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และจากการที่ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มนักเรียนอาจมีการระบุปัญหาได้มากมาย ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการทดลองรัดกุม สามารถดำเนินการได้ภายในเวลาที่กำหนด ครูอาจต้องช่วยชี้แนะในการรวมบางข้อปัญหาที่มีส่วนใกล้เคียงกัน มารวมเป็นข้อเดียวกัน เพื่อความสมบูรณ์ของข้อปัญหาดังกล่าว เพราะในการออกแบบการทดลองไม่จำเป็นต้องมีปัญหาที่มากมาย แต่ควรมีการระบุปัญหาเท่าที่จำเป็นและครอบคลุม สามารถตอบโจทย์ของการแก้ปัญหาได้ตรงจุด

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการสำรวจตรวจสอบ

ขั้นตอนนี้อาจเป็นอย่างมากที่นักเรียนต้องมีองค์ความรู้เกี่ยวกับปัญหา และการแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ หาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ และนำข้อมูลที่ได้อามาแบ่งปัน ระดมความคิด แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างคนในกลุ่ม เพื่อระบุข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการตรวจสอบปัญหาและระบุแนวทางในการหาคำตอบ เช่น การทำการลอง หลังจากนั้นให้นักเรียนเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ร่วมกันภายในกลุ่ม เช่น การออกแบบ การทดลอง ในขั้นตอนนี้ครูผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายความหมายของ คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งยกตัวอย่างให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจนก่อน ได้แก่คำว่า ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม วิธีการทดลองที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ได้แก่ การทดลองที่มีการทดลองชุดควบคุม การ

ทดลอง และการระบุแหล่งอ้างอิงของข้อมูล เพราะคำศัพท์เหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับ การออกแบบวิธีการทดลอง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้ถูกต้อง เหมาะสมกับสถานการณ์จริง และทำการทดลองด้วยตนเอง ครูผู้สอนทำหน้าที่ในการจัดเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์บางอย่างเท่านั้น ที่นักเรียนไม่สามารถหาได้เอง แต่อุปกรณ์ พื้นฐานควรให้นักเรียนได้ตัดสินใจเลือกใช้ได้ด้วยตนเอง และให้เขียนวิธีการทดลองลงในใบกิจกรรม โดยเน้นให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย และในระหว่างที่นักเรียน ออกแบบการทดลองครูผู้สอนไม่ควรชี้แนะแนวทางการทดลองมากเกินไป เพราะจะเป็นเหมือนการเรียนการสอนแบบเก่า คือ ครูเป็นผู้ชี้แจงทุกขั้นตอน ผู้เรียนมีหน้าที่ทำตาม ครูสามารถช่วยให้คำแนะนำได้แต่ไม่ควรบอกตรงๆ ควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์เอง เมื่อนักเรียนออกแบบเสร็จสิ้นแล้วให้โอกาสนักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนอการออกแบบการทดลอง เพื่อให้ครูและเพื่อที่รับฟังได้ซักถามหรือแนะนำข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อจะได้การออกแบบการทดลอง ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และให้นักเรียนร่วมกันประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตนเองและกลุ่มของเพื่อน โดยมุ่งเน้นประเมินวิธีการทดลองที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ หลังจากนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกวิธีการทดลองที่คิดว่า มีความถูกต้องเหมาะสมและครอบคลุมมากที่สุด จากนั้นนักเรียนลงมือปฏิบัติทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ และครูผู้สอนควรแนะนำ วิธีการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ถูกต้องให้แก่ักเรียน เพื่อฝึกให้นักเรียนมีทักษะด้านการใช้ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป

เมื่อออกแบบการทดลองแล้ว และทำการทดลองจนเสร็จแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับความรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่ตัวเองได้ออกแบบขึ้นมา นั้นใช้ได้จริงหรือไม่ ใช้ได้ขนาดไหนเมื่อเทียบกับการทดลองควบคุม และเมื่อทำซ้ำผลของการทดลองจะมีความแม่นยำเพียงใด การรับรู้ผลดังกล่าวพร้อมการนำไปเปรียบเทียบกับ การทดลองควบคุม นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดทฤษฎีที่สำคัญที่มีความสอดคล้องกับกิจกรรม ซึ่งเมื่อผ่านการทดลองจนได้ผลแล้วมาอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน และสรุปความรู้หรือแนวคิด นักเรียนมีโอกาสที่จะเข้าใจแนวคิดทฤษฎีเหล่านั้นได้ดีกว่าการอ่านตัวหนังสือเฉยๆ เพราะนักเรียนได้ทำการทดลองอย่างเป็นขั้นเป็นตอน ได้จากการทำกิจกรรมและอภิปรายผลการทดลองร่วมกันและสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมร่วมกัน ในขั้นตอนนี้ครูผู้สอนเปิด ครูผู้สอนควรใช้คำถามชี้แนะเพื่อให้นักเรียนได้เห็นถึงความเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกันของผลการทดลองแต่ละกลุ่ม หรือใช้คำถามชี้แนะเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจในผลการทดลองของแต่ละกลุ่ม ที่ได้ผลแตกต่างกันออกไป ว่าเป็นเพราะสาเหตุใดได้บ้าง ให้นักเรียนร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผลการทดลองร่วม และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สรุปผลการทดลองด้วยตนเองก่อน หลังจากนั้นนักเรียนนำเสนอผล การทดลองเสร็จสิ้นแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันประเมินวิธีการสำรวจ

ตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ของกลุ่มตนเองว่าวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ใช้ในทดลองไปนั้น มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร และให้นักเรียนเสนอแนะแนวทาง ในการแก้ไขปรับปรุงการทดลองครั้งต่อไปจากนั้นครูผู้สอนค่อยสรุปแนวคิดที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่งและให้ความรู้เพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 4 ขันขยายความรู้

ครูผู้สอนควรเลือกนำเสนอที่ต้องการให้นักเรียนใช้นวัตกรรมมาทำการทดลอง โดยเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องกรดเบส และเมื่อนักเรียนพบข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ครูผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ นักเรียนเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพื่อปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงวิธีการทดลองและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและให้เหตุผลประกอบการปรับปรุงวิธีการทดลองเพื่อโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการทดลองที่เพื่อใช้ในการปรับปรุงและผลการทดลองหรือข้อค้นพบต่างๆ และ อภิปรายผลการทดลองรวมทั้งสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมร่วมกันกับเพื่อน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียน นำความรู้และนำวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจ ตรวจสอบปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยนักเรียนจะได้ฝึก พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความสามารถในการระบุระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ แยกแยะได้ว่า ประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เสนอวิธีสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ประเมินวิธีสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ บรรยายและ ประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็น กลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายอีกครั้ง โดยการตอบคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียน ในขั้นตอนนี้ครูผู้สอนควรใช้การถามคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์ ที่กำหนดให้และกระตุ้นให้นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 5 ขันปรับปรุงนวัตกรรมและขยายความรู้

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม รวมถึงการอภิปรายถึงการนำความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้ในการบูรณาการในการตรวจสอบปัญหาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม หากจุดเด่น จุดที่ควรได้รับการปรับปรุงของกระบวนการที่ตัวเองได้กำหนด เพื่อปรับใช้ในการทดลองครั้งต่อไป และชี้แนะผลการทดลองที่มีความแตกต่างไปจากกลุ่มอื่น ๆ ให้นักเรียนร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผล การทดลองร่วม หลังจากนั้น ครูผู้สอนค่อยสรุปรวมแนวคิดที่ถูกต้องของแต่ละกลุ่มอีกครั้งหนึ่ง พร้อมให้ความรู้เพิ่มเติม ทั้งความรู้ทางทฤษฎีและความรู้ที่ได้จากการบูรณาการกระบวนการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ออกแบบขึ้นมา โดยครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นร่วมด้วย พร้อมกับให้นักเรียนเสนอวิธีการทดลองที่ได้ปรับปรุง

และผลการทดลองหรือการค้นพบต่าง ๆ รวมถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ มีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือ

2. ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.1 นักเรียนที่เรียนด้วยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 นักเรียนที่เรียนด้วยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้นอย่างเป็นลำดับ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ตัวบ่งชี้ที่ 1 ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ของการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียน บางส่วนมีความสับสนไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างปัญหาทั่วไปๆ กับปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่ในตอนท้าย เมื่อนักเรียนได้มีประสบการณ์ในการออกแบบการทดลองมากขึ้น คือ วงจรปฏิบัติการที่ 1 -2 พบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง มีความหลากหลายและมีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เป็นอย่างดีในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยความสามารถในการออกแบบการทดลองของนักเรียนได้เพิ่มขึ้นตามลำดับ

2.2.2 ตัวบ่งชี้ที่ 2 แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการในแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีทักษะความสามารถในการแยกแยะประเด็นปัญหาหรือคำถามเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการออกแบบการทดลองที่มากขึ้น คือ ตอนแรกของการจัดการเรียนรู้ นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่า นักเรียนไม่สามารถแยกแยะปัญหาได้ด้วยตนเองเนื่องจากรูปแบบของการดำเนิน กิจกรรมโดยผู้วิจัยไม่ชัดเจน และผู้วิจัยชี้แนะคำตอบมากเกินไป ภายหลังจากได้ปรับปรุงกิจกรรมและให้ให้นักเรียนทำใหม่ พบว่านักเรียนสามารถแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วย วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถแยกแยะได้ด้วยตัวเอง ไม่ต้องอาศัยคำชี้แนะจากผู้สอน

2.2.3 ตัวบ่งชี้ที่ 3 เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนด ให้ได้ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ ในตอนแรกของ

การจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนบางกลุ่มระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปร ควบคุมของการทดลองไม่ถูกต้องและไม่ครอบคลุม ทั้งนี้เพราะนักเรียนไม่เข้าใจความแตกต่างของ ตัวแปรตาม นอกจากนั้นการเลือกสารเคมีและอุปกรณ์การทดลอง พบว่า นักเรียนเลือกอุปกรณ์ ไม่ครบถ้วน และไม่ได้ระบุจำนวนของสารเคมีและอุปกรณ์ที่ชัดเจนที่นักเรียนใช้จริง และการเขียน วิธีการทดลองพบว่า นักเรียนอธิบายขั้นตอนการทดลองไม่ชัดเจน บางกลุ่มไม่ได้ระบุการทดลอง เพื่อยืนยันผลการทดลอง เป็นต้น แต่ในตอนท้ายพบนักเรียนสามารถเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ได้ดียิ่งขึ้น โดยสามารถระบุตัวแปรของการทดลองได้อย่างถูกต้องและ ครอบคลุม สามารถเลือกสารเคมีและอุปกรณ์การทดลองได้ครบถ้วน และสามารถออกแบบการทดลอง ได้โดยลำดับขั้นตอน การทดลองได้ถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่าย และเกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำหนด

2.2.4 ตัวบ่งชี้ที่ 4 ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนด ให้ ได้ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในตอน แรกของการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนบางกลุ่มสามารถที่จะประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเพื่อนได้แต่ยังไม่ครอบคลุม โดยไม่สามารถประเมินได้ว่าวิธีการทดลอง มีความ น่าเชื่อถือหรือไม่อย่างไร นักเรียนบางกลุ่มเข้าใจผิดไม่ได้มุ่งเน้นการประเมินวิธีการทดลอง ของกลุ่ม เพื่อน และในการเลือกวิธี สำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่าส่วนใหญ่ นักเรียนสามารถ เลือกวิธีการสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้พร้อมให้เหตุผลประกอบ และมีนักเรียนบาง กลุ่มที่ให้คำตอบ ไม่ตรงคำถาม และการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่ม ตนเอง หลังทดลอง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถที่จะประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ ของกลุ่มตนเองหลังทดลองได้ว่าวิธีที่กลุ่มตนเองเลือกใช้นั้นมีความถูกต้องหรือไม่ อย่างไร พร้อมทั้ง ให้เหตุผลประกอบได้ถูกต้องและชัดเจน สามารถบอกข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้พร้อม ทั้งอธิบาย เหตุผลประกอบได้อย่างชัดเจน และสามารถเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงการ ทดลอง ครั้งต่อไปได้ และมีนักเรียนบางกลุ่มสามารถที่จะประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ ของกลุ่มตนเองหลังทดลองได้แต่เขียนอธิบายเหตุผลได้ไม่ชัดเจน แต่ในตอนท้าย พบว่า นักเรียน สามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น โดยประเมินได้ว่าวิธี ดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ พร้อมให้เหตุผลประกอบ สามารถเลือกวิธีการสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้พร้อมให้เหตุผลประกอบ และประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ของกลุ่มตนเองหลังทดลอง และนักเรียนทุกกลุ่มสามารถประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตนเองหลังทดลองได้ว่าวิธีที่กลุ่มตนเองเลือกใช้นั้นมีความถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้อย่างชัดเจน และสามารถเสนอแนะแนวทางในการหรือไม่ อย่างไร พร้อมทั้ง ให้เหตุผลประกอบได้ถูกต้องและชัดเจน สามารถบอกข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้แก้ไขปรับปรุง การทดลองครั้งต่อไปได้

2.2.5 ตัวบ่งชี้ที่ 5 บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการบรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบาย ซึ่งช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการระบุนการทดลองชุดควบคุมและการทดลองในขั้นตอนการออกแบบการทดลองและสามารถลงมือปฏิบัติการทดลอง แต่ในตอนท้ายพบว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการระบุนการทดลองชุดควบคุมและสามารถลงมือปฏิบัติการทดลองได้จริงในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และวงจรปฏิบัติการที่ 3

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้บริบทเป็นฐานที่เหมาะสมต่อการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถอภิปรายผลได้ ต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

ขั้นตอนกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ประยุกต์และปรับเปลี่ยนมาจากงานของ พิชญ์สินี จักรแก้ว (พิชญ์สินี จักรแก้ว, 2559) ครูผู้สอนควรเลือกนำเสนอสถานการณ์ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่อง กรด เบส เป็นบริบทที่เป็นสิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรมที่อยู่รอบตัวของนักเรียนและเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว เช่น สถานการณ์เกี่ยวกับน้ำเสียในชุมชนที่ส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยในชุมชนซึ่งเป็นสถานการณ์ในท้องถิ่นของนักเรียน การใช้ยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ทำให้มีการตกค้างในผักและผลไม้ เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในขั้นตอนนี้ จากสถานการณ์ดังกล่าว สอดคล้องกับ เบนเน็ตต์ และโฮลแมน (Bennett and Holmary, 2002, p.172 อ้างถึงใน พิชญ์สินี จักรแก้ว, 2559 หน้า 288) ที่กล่าวว่า การใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ทำให้

นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญในสิ่งที่เรียนรู้ และทำให้นักเรียนระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ และในการส่งเสริมการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ ทศนา แฉมมณี (2557) และ ัญญารัตน์ รัตนศิริ (2562) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและต้องการหาความรู้เพื่อตอบข้อสงสัยนั้น

ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอปัญหาที่นักเรียนต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ สุทธิพงษ์ พงษ์วร (2552, หน้า 18) ที่กล่าวว่า ในการส่งเสริมการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ผู้สอนจะต้องเลือกเรื่องราวที่อยู่ในความสนใจของผู้เรียน อยู่ในความสนใจของสังคม และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แยกแยะ ประเด็นปัญหาหรือคำถามใดที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเลือกปัญหาที่จะศึกษาด้วยตนเองเพื่อให้เป็นปัญหาประเด็นเดียวกัน ซึ่งสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดนั้นจะส่งเสริมให้นักเรียนได้วิเคราะห์และระบุประเด็นปัญหานั้นคือปัญหาอะไร มีสาเหตุจากอะไร เพื่อให้เกิดความเข้าใจของตนเองและของกลุ่มได้ (OECD, 2013: Care and Griffin, n.d.)

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการสำรวจตรวจสอบ

ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อระบุข้อมูลที่จำเป็นต้องในการตรวจสอบปัญหาและระบุแนวทางในการหาคำตอบ เช่น การทำการลอง หลังจากนั้นใช้ให้นักเรียนเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ร่วมกันภายในกลุ่ม เช่น การออกแบบการทดลอง สอดคล้องกับ พิชญ์สินี จักรแก้ว (2559 หน้า 230) ซึ่งได้กล่าวว่า ครูผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายความหมายของ คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งยกตัวอย่างให้นักเรียนเข้าใจก่อน ได้แก่ คำว่า ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปร ควบคุม วิธีการทดลองที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ได้แก่ การทดลองที่มีการทดลองชุดควบคุม การทดลอง และการระบุแหล่งอ้างอิงของข้อมูล เพราะคำศัพท์เหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับ การออกแบบวิธีการทดลอง โดยนักเรียนจะต้องรู้ลักษณะที่สำคัญของการตรวจสอบ เช่น รู้ว่า การทดสอบที่ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือต้องทำอะไร จะต้องเปรียบเทียบอะไร ควบคุมตัวแปรใด และเปลี่ยนแปลงตัวแปรใด หลังจากนั้นจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระดมความคิดเพื่อออกแบบการทดลองด้วยตนเอง และให้เขียนวิธีการทดลองลงในใบกิจกรรม โดยเน้นให้นักเรียนวาดภาพประกอบการอธิบายเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย และในระหว่างที่นักเรียน ออกแบบการทดลองครูผู้ไม่ควรชี้แนะแนวทางการทดลองมากเกินไป ควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดเอง หลังจากออกแบบเสร็จสิ้นแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอการออกแบบการทดลอง และให้นักเรียนร่วมกันประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตนเองและกลุ่มของเพื่อน สอดคล้องกับ ทศตริณ เครือทอง (2552, หน้า 58) ที่กล่าวว่า หลังจากที่ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและได้รับข้อมูลต่างๆ ช่วยให้เข้าใจคำถาม หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบริบทนั้นได้บางส่วน ใน

ขั้นตอนนี้จึงเป็นการต่อยอดความคิด โดยผู้เรียนจะต้องตั้งข้อ คําถามย่อยและวางแผนค้นหาคําตอบ ต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้าง คําถามตาม ความสนใจ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ซึ่งการให้นักเรียน ได้พูดคุยแลกเปลี่ยนข้อมูล ความคิดและอภิปรายเป็นกลุ่มย่อยช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี (ทัศนา แคมมณี, 2557)

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดที่สำคัญที่ได้จากการทำกิจกรรมและอภิปรายผล การทดลองรวมกันและสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมร่วมกัน โดยครูผู้สอนเปิด ครูผู้สอนควรใช้คําถามกระตุ้น และชี้แนะผล การทดลองที่มีความแตกต่างไปจากกลุ่มอื่นๆ ให้นักเรียน ร่วมกันประเมินหรืออภิปรายผล การทดลองร่วม และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สรุปผลการทดลอง ด้วยตนเองก่อน หลังจากนั้นนักเรียนนำเสนอผล การทดลองเสร็จสิ้นแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกัน ประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ของกลุ่มตนเองว่าวิธีการตรวจสอบปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ใช้ในทดลองไปนั้น มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร ทั้งนี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีในการเลือกวิธีสื่อสาร (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) และให้นักเรียนเสนอแนะแนวทาง ในการแก้ไขปรับปรุงการทดลองครั้ง ต่อไป โดยนักเรียนต้องใช้สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคําถามอย่างสมเหตุสมผล (OECD, 2013) การจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจและเห็นคุณค่าใน สิ่งที่ตนเองเรียนรู้มากขึ้น ในขณะเดียวกัน ครู ผู้สอนสามารถประเมินหรือวัดความเข้าใจผู้เรียนได้อีก ครั้ง (ทัศนิน เครือทอง , 2552, หน้า 58)

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้

ครูผู้สอนควรเลือกนำเสนอที่ต้องการให้นักเรียนใช้นวัตกรรมมาทำการทดสอบ โดย เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องกรดเบส และเมื่อนักเรียนพบข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ จินดา พรหมณ์ (53, หน้า 118) ที่กล่าวว่า กิจกรรมในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่เป็นขั้นตอน ที่ทำให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้หรือแนวคิดที่ได้รับไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ หรือในชีวิตประจำวัน โดย ครูผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ นักเรียนเสนอวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพื่อปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงวิธีการ ทดลองและใช้คําถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและให้เหตุผล ประกอบการปรับปรุงวิธีการทดลองเพื่อโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการทดลองที่ เพื่อใช้ในการ ปรับปรุงและผลการทดลองหรือข้อค้นพบต่าง ๆ และ อภิปรายผลการทดลองรวมทั้งสรุปความรู้หรือ แนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรมร่วมกันกับเพื่อน สอดคล้องกับภพ เลหาไพบูลย์ (2542, หน้า 159) ได้ กล่าวว่า ครูต้องเป็นผู้มี ความสามารถในการตั้ง คําถาม การตั้งคําถามที่ดีจะช่วยให้นักเรียนสามารถ รวบรวมความคิดและ เกิดการหยั่งรู้ได้ดีขึ้น เพื่อกระตุ้นให้นักเรียน นำความรู้และนำวิธีสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจ ตรวจสอบปัญหาใน

สถานการณ์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ จรุงพงษ์ ชลสินธุ์ (2559, หน้า 189) ได้กล่าวว่า การตรวจสอบและประเมินการออกแบบของตนเองจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ ปัญหาที่มากขึ้นและทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้น โดยนักเรียนจะได้ฝึกพัฒนาสมรรถนะ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความสามารถในการ ระบุระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ แยกแยะได้ว่า ประเด็นปัญหาหรือ คำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เสนอวิธีสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ บรรยายและ ประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็น กลางและการสรุปอ้างอิง จากคำอธิบายอีกครั้ง โดยการตอบคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียน ในขั้นตอนนี้ครูผู้สอนควรใช้การ ถามคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์ ที่กำหนดให้และกระตุ้นให้ นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นการวัดและประเมินผล

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม รวมถึงการ อภิปรายถึงการนำความรู้เพิ่มเติมศึกษามาใช้ในการบูรณาการในการตรวจสอบปัญหาและแก้ไขปัญหา ที่เกิดขึ้นและชี้แนะผลการทดลองที่มีความแตกต่างไปจากกลุ่มอื่น ๆ ให้นักเรียนร่วมกันประเมินหรือ อภิปรายผล การทดลองร่วม หลังจากนั้น ครูผู้สอนค่อยสรุปแนวคิดที่ถูกต้องอีกครั้ง เพื่อเป็นการที่ ผู้วิจัยจะทราบถึงข้อบกพร่องและแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2554) กล่าวคือการจัดการเรียนรู้จะต้องมีผลงานที่สามารถตรวจวัดและประเมินผลได้

2. ผลการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนา สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องกรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เรื่องกรด เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทุกคนมี คะแนน สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลัง เรียน สูงกว่าก่อนเรียน และวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียนจากดำเนินการจัดการ เรียนรู้ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนแต่ละคนสามารถแสดงความสามารถ ของทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ เพิ่มขึ้นจากเดิม ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีเสริมสร้าง ความรู้ (constructivism) สสวท. (2557. ออนไลน์) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎี constructivism เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วย วิธีการ ต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะ

สามารถ สร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุภาพร พลพุทธา (2552) สุมาลี ภูมามอบ (2556) ปรีศนา อิมพรหม (2562) ที่รายงานไว้ว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้นอย่างเป็นลำดับ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมขึ้นสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน โดยผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังต่อไปนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการเนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เรียนเข้ากับชีวิตจริง โดยใช้สถานการณ์ซึ่งเป็นสถานการณ์เป็นสิ่งแวดล้อมทางสังคม และวัฒนธรรมที่อยู่รอบตัวของนักเรียนและเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยเน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ เพื่อค้นหาความรู้ด้วยตนเอง (จินดา พรหมณ์, 2553) ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดร่วมกันกับเพื่อน และช่วยให้ครูผู้สอนสามารถตรวจสอบ ความเข้าใจของนักเรียนได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดา พรหมณ์ (2553) หลังจากนั้น ครูผู้สอนค่อยสรุปแนวคิดที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่งและให้ความรู้เพิ่มเติม หลังจากนั้นนักเรียนนำเสนอผลการทดลองเสร็จสิ้นแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันประเมินวิธีการสำรวจ ตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตนเองว่าวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้ใช้ในทดลองไปนั้นมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร และให้นักเรียน เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงการทดลองครั้งต่อไปและบันทึกลงในใบกิจกรรม ซึ่งเป็น การส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นจะต้องมี ความหลากหลายมีความสอดคล้องต่อหลักสูตร เนื้อหาสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ (Tessner and Richey, 1997) สอดคล้องกับทศริน เครือทอง (2552, หน้า 56) ที่กล่าวว่า เหตุการณ์และสถานที่ต่างๆ ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนกับประสบการณ์จริงของนักเรียน ทำให้มีความสมจริงและเกี่ยวข้อง กับชีวิตจริง ช่วยทำให้นักเรียนมีความคิดที่ซับซ้อนหรือการคิดขั้นสูง มีความรู้วิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น (Hofstein, 2011, p.1475) เพราะนักเรียนจะต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการคิด ขั้นสูงในการแก้ปัญหา (Karolina Broran and Iika Parchmann, 2014, p.518) ซึ่ง มีความสอดคล้อง กับรูปแบบการทดสอบของ PISA ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของสถานการณ์ที่มีความหลากหลายใน ชีวิตจริง และเกี่ยวข้องกับตัวเอง ท้องถิ่น ประเทศ หรือสถานการณ์ของโลก โดยนักเรียนต้องใช้สมรรถนะ ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถามอย่างสมเหตุสมผล (OECD, 2013, Jochen Kuhn and Andreas Muller, 2014) และสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหา ความรู้

ทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่เน้นให้นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ไข ปัญหาในชีวิตประจำวัน ในการแสดงออกถึงการ มีสมรรถนะดังกล่าวนักเรียนจะต้องมีความสามารถ ตามตัวบ่งชี้ ทั้ง 5 ด้าน (OECD, 2013) จากการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนตามตัวบ่งชี้ดังต่อไปนี้

ตัวบ่งชี้ที่ 1 ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเกิดสมรรถนะด้านนี้เมื่อ ดำเนิน กิจกรรมในขั้นตอนที่ 1 ขึ้นสร้างความสนใจ และขั้นตอนที่ 2 ขึ้นการระบุปัญหาและแยกแยะ ประเด็นปัญหา เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับ สถานการณ์ดังกล่าวและระดมความคิดเพื่อระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการ ดำรงในการศึกษาทาง วิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ลงในใบกิจกรรมของนักเรียน ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ นำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่อง กรด เบส เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ทางสังคมและวัฒนธรรมที่อยู่รอบตัวของนักเรียนและเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน มาให้ นักเรียนได้อภิปรายร่วมกัน สถานการณ์ดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดทิศทางในการทำกิจกรรมของ นักเรียนและมุ่งเน้นให้นักเรียนตระหนักถึงสิ่งที่อยู่รอบตัวนักเรียนว่ามีความสัมพันธ์กับความรู้ทาง วิทยาศาสตร์อย่างไร และจะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองมีอยู่ในการแก้ปัญหา อย่างไร สอดคล้องกับทิตตริโน เครือทอง (282 หน้า 13) ที่ว่า สถานการณ์เป็นตัวขับเคลื่อนได้เกิดการ เรียนรู้เนื้อหา กิจกรรมในชั้นเรียนจะดำเนินไปเพื่อตอบคำถามภายใต้สถานการณ์นั้น และทำการ สืบค้นจนกว่าจะได้มาซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาอธิบายสถานการณ์นั้นๆ อย่างสมเหตุสมผล ได้

ตัวบ่งชี้ที่ 2 สามารถแยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบ ได้ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาเกิดสมรรถนะด้านนี้เมื่อดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนที่ 1 ขึ้นการระบุปัญหาและ แยกแยะประเด็นปัญหา เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนอ ปัญหา สำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนทุกคนช่วยกันพิจารณาปัญหาที่นักเรียน แต่ละกลุ่มนำเสนอมา และให้นักเรียน ที่นักเรียนต้องการ ร่วมกันแยกแยะว่าประเด็นปัญหาหรือ คำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยการให้เหตุผลประกอบกับปัญหาที่ นักเรียนได้ระบุไว้ว่าเป็นปัญหาที่ต้องการ สำรองในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้ที่ 3 เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ สมรรถนะ ด้านนี้ มุ่งเน้นให้นักเรียนแสดงความสามารถในการออกแบบการทดลอง โดยนักเรียน จะต้อง รู้ลักษณะ สำคัญของการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ เช่น รู้ว่าการทดสอบที่ถูกต้องและมีความ น่าเชื่อถือ ที่ ต้องทำอย่างไร จะต้องเปรียบเทียบอะไร ควบคุมตัวแปรใด และเปลี่ยนแปลงตัวแปรใด

ใช้เครื่องมือ อะไร จะต้องค้นหาสาระและข้อมูลอะไรเพิ่มเติมอีกและจะต้องทำอะไร อย่างไรจึงจะเก็บ ข้อมูล ที่ต้องการได้ จากการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาเกิดสมรรถนะด้านนี้เมื่อดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนที่ 3 ขั้นการออกแบบ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิด ออกแบบการทดลอง เพื่อตรวจสอบ ปัญหาตามที่นักเรียนที่เลือกไว้ โดยลักษณะของการดำเนิน กิจกรรมนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระบุ จุดประสงค์ของการทดลอง สมมติฐาน ตัวแปรต้น ตัวแปร ตาม ตัวแปรควบคุม ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ ในการออกแบบทดลอง และนักเรียนได้ร่วมกันระดม ความคิดเพื่อออกแบบการทดลองด้วย การวาดภาพแสดงขั้นตอนการทดลองลงในใบกิจกรรม สอดคล้องกับทิตตริณ เครือทอง (2552 หน้า 58) ที่กล่าวว่า หลังจากที่ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิด เห็นและได้รับข้อมูลต่างๆ โดยผู้เรียนจะต้องตั้งข้อคำถามย่อยและวางแผนค้นหา คำตอบ ต้อง กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้าง คำถามตามความสนใจ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น การกำหนดปัจจัย การออกแบบ การทดลอง การกำหนดแหล่งข้อมูล เพื่อสืบค้นต่อไป ในขั้นตอนนี้จะให้นักเรียนเกิด การเรียนรู้จากการทำกิจกรรมด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทั้งความรู้ กระบวนการคิด การแก้ปัญหา การตัดสินใจ (ณัฐริณี อภิวงค์งาม 2554, หน้า 118) ส่งเสริมให้ นักเรียนมีทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ เช่น ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุม ตัวแปร และทักษะการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ สุวัฒน์ นิยม (2531, หน้า 25-26) ได้กล่าวว่า ในการ จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนจะเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น ก็ต่อเมื่อนักเรียนได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการ ค้นคว้าความรู้ที่มากกว่าการบอกให้นักเรียนรู้ ทำให้ นักเรียนมีการพัฒนาในด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

ตัวบ่งชี้ที่ 4 ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเกิดสมรรถนะด้านนี้ เมื่อดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนที่ 4 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจน โดยเปิด โอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการทดลอง จากนั้น ให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ร่วมกัน ประเมินวิธีการทดลอง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนประเมินความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ของวิธีการทดลอง เช่น เลือกใช้อุปกรณ์ได้เหมาะสม ลำดับขั้นตอนได้ถูกต้อง มีการทดลองชุดควบคุม การทดลอง มี แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เป็นต้น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอภิปราย ร่วมกัน สอดคล้องกับ วรณศิริ หลงรัก (2553, หน้า 121) กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท เป็นกิจกรรมแบบร่วมมือให้นักเรียนในกลุ่มมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อค้นพบ ข้อสรุป ทำให้นักเรียนต้อง นำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่มีอยู่มาใช้ เกิดการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และนอกจากนั้น ตัวบ่งชี้ดังกล่าวยังสามารถถูกพัฒนา ในขั้นตอน ที่ 5 ขั้นปรับปรุงนวัตกรรมและขยายความรู้ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนออกมานำเสนอ

ผลการทดลองหน้าชั้นเรียน และร่วมกันประเมินวิธีการทดลอง โดยมีผู้วิจัยคอย กระตุ้นให้นักเรียน ร่วมกันประเมินโดยใช้ คำถามประกอบการกระตุ้น หรือชี้แนะผลการทดลอง ให้นักเรียนร่วมกัน ประเมินหรืออภิปรายผลการทดลอง กระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทาง วิทยาศาสตร์อีกครั้งว่าวิธีการที่ตนเองได้เลือกใช้นั้นมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือหรือไม่ มีข้อบกพร่อง เกิดขึ้นหรือไม่ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงการทดลอง ในครั้ง ต่อไป และนอกจากนั้น ตัวบ่งชี้ดังกล่าวยังสามารถถูกพัฒนาในขั้นตอนที่ 6 ขั้นการวัดและประเมินผล เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในสถานการณ์ใหม่

ตัวบ่งชี้ที่ 5 สามารถบรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการ ยืนยัน ถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบายได้ นักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเกิดสมรรถนะด้านนี้เมื่อ ดำเนิน กิจกรรมในขั้นตอนที่ 4 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นนี้ได้ส่งเสริมให้นักเรียน ได้พัฒนา สมรรถนะดังกล่าว คือ ในระหว่างการออกแบบการทดลองพบว่านักเรียนจะต้องคำนึงถึง การ ออกแบบการทดลองที่มีความเชื่อถือ เช่น ระบุการ ทำการทดลองชุดควบคุมเพื่อใช้เปรียบเทียบ และ ทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง หรือการระบุแหล่งที่มาของข้อมูล และในขั้นตอน การ ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนจะต้องคำนึงการทดลองที่มี ความ ถูกต้อง น่าเชื่อถือ ซึ่งตรวจสอบจากการ มีทดลองชุดควบคุม มีการทดลอง มีแหล่งข้อมูล ที่น่าเชื่อถือ เช่นเดียวกับการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนที่ 5 ขั้นปรับปรุง นวัตกรรมและขยายความรู้และขั้นตอนที่ 6 ขั้นการวัดและประเมินผล นอกจากนี้ตัวบ่งชี้ดังกล่าวยังสามารถถูกพัฒนาใน ในระหว่างที่นักเรียนร่วมกันลงมือปฏิบัติทำการทดลอง นักเรียนจะต้องคำนึงถึง การทดลองที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือด้วย ได้แก่ การทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำไม่ เพียงแต่ออกแบบการทดลองไว้เท่านั้นแต่จะต้องสามารถทำการทดลองได้จริงตามที่ได้วางแผน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้และการ ทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ใน รูปแบบใหม่ที่นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการทำกิจกรรมและประกอบด้วยหลายขั้นตอน เช่น การใช้ สถานการณ์ ให้นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบการทดลอง เป็นต้น ในช่วงแรกครูอาจจะต้อง ชี้แจงให้นักเรียนทราบก่อนถึงลำดับการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจตรงกัน

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มที่ครูผู้สอนสามารถเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ได้ตามความเหมาะสม แต่สถานการณ์ดังกล่าวจะต้องมีความสอดคล้อง กับเนื้อหาที่ผู้สอนต้องการสอน และเนื้อหาดังกล่าวจะต้องเกี่ยวกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง และควรเป็นสถานการณ์ที่เป็นสิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรมที่ อยู่รอบตัวของนักเรียนและเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน

1.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มเป็นการจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้สะเต็มศึกษาในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ ชีวิตจริง ควรส่งเสริมให้มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพใน ด้านความรู้และทักษะในศตวรรษที่ 21

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

2.1 ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็ม สามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้น ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มที่มีต่อการ พัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการแปล ความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ

2.2 ในขณะที่ผู้วิจัยได้จัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็ม ผู้วิจัยได้สอบถามถึงวิธีการสอนดังกล่าว พบว่า นักเรียนบางคน ให้เหตุผลว่านักเรียนชอบการเรียนรู้ ด้วยวิธีดังกล่าว ดังนั้น ควรมีการศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนวิชาด้วย

บรรณานุกรม



- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์เกษตรกรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลาง พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์เกษตรกรแห่งประเทศไทย.
- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545*. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.
- คณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2551). *พระราชบัญญัติว่าด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ พ.ศ.2551*. กรุงเทพฯ
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, (2554). *ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนอะไรและทำอะไรได้บ้าง*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์
- จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ . (2559). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก
- ชาติรี เกิดธรรม. (2542). *การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ. เซ็นเตอร์ดีส์คัพเวอร์รี่.
- ชลธิป สมานิติ. (2557). *เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดกิจกรรมบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์สำหรับปฐมวัย*. เมื่อวันที่ 18 มกราคม และ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ณ สมาคมอนุบาลแห่งประเทศไทย.
- ชนม์พิศา ศาสตร์ศรี, สุจินต์ วิศวธีรานนท์, & นวลจิตต์ ชาวเกียรติ พงศ์. (2563). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพลังงานความร้อนและความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ จังหวัดนครสวรรค์*. Journal of Graduate Review Nakhon Sawan Buddhist College, 8(1), 53-68.
- ทัศนิน เครือทอง. (2553). *การใช้การเรียนรู้อย่างมีบริบท Learning science in context*. นิตยสาร สสวท, 38(166), 56-59. ทิศนา แคมณี. (2547). *ศาสตร์การสอน*. องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ทักษิณา พิทักษา, ปฎิภาณ พิทักษา, น้ำฝน รุ่งโรจน์, สนธิ พลชัยยา, & กานต์ตะวัน วุฒิสเสลา. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องรถแข่งโกชนาการของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
- ธัญพร สันวิลาศ, ปริญญา ทองสอน, & สมศิริ สิงห์ลพ. (2020). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนากระบวนการสำรวจค้นหาในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
- นวลจิตต์ เขาวงกิตพงศ์. 2545. การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ : สำนักงานปฏิรูปการศึกษา
- น้ำมนต์ แก้วซัง. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมWalk rallyเพื่อสร้างชิ้นงานเรื่องพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่5. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต).
- นิศรา การุณอุทัยศิริ. (2556). ผู้ใดครองเทคโนโลยี ผู้นั้นครองเศรษฐกิจ ผู้ใดครองเศรษฐกิจ ผู้นั้นครองอำนาจ. แหล่งที่มา <http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/511718> (ค้นเมื่อ 5 กันยายน 2559)
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียวร์ ยินดีสุข. (2554) สร้างนวัตกรรมการเรียนรู้ด้วยการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- แนนน้อย อินคะเน, นพเก้า ณ พัทลุง, & วิวัฒน์ ชัดติยะมาน. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
- นัสนรินทร์ ปือชา.(2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).
- น้ำฝน คุณเจริญไพศาล, รังสิยา ขวัญเมือง, & ลลิตา มาเอี่ยม. (2562). การพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) เรื่องการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
- พัทธมน นามปวน นันท์รัตน์ เครืออินทร์ และฉัตรชัย เครืออินทร์. (2557). รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุ แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. บทความประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติศึกษาศาสตร์วิจัยครั้งที่ 1 คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิทยาเขตปัตตานี วันที่ 29-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ณ โรงแรมहरรรษา เจบี อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

- พิชญ์สินี จักรแก้ว. (2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้บริบทเป็นฐาน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก
- พิเชษฐ เทพารุง. (2562). การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบอุปนัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
- ภัสสร ติตมา, มลิวรรณ นาคขุนทด, & สิริินภา กิจเกื้อกูล. (2015). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2
- ลำดวน โสตา. (2545). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้รวมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น
- วิจารณ์ พาณิช. (2555). การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน. (ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2559)
- วิชญ์ ทুমมี. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม (รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม).
- สุพล วังสินธุ์. (2543). การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ. วารสารวิชาการ. (ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2559)
- สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ. (2545). วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ. กรุงเทพมหานคร : ดวงกลม,
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2558). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท, 43 (192)
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาและกระทรวงศึกษาธิการ, (2550), การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน. (ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2559)
- สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกาประโมจน์ย์. (2551). ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ สำหรับโลกวันนี้: PISA 2006. กรุงเทพฯ: เซเว่นพรินติ้งกรุ๊ป.

- สิรินภา กิจเกื้อกุล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุติสการพิมพ์
- สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *เคมี เล่ม 3 (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา.
- สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *มุมมองการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2558.
- สถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). *สรุปโครงการวิจัย Timss 2015*. กรุงเทพฯ
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, (2558). *การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กัับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21*. นิตยสารสถาบันส่งเสริมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สะเต็มศึกษา ประเทศไทย, (2559). *สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม*. แหล่งที่มา <http://www.stemedthailand.org/?knowstem=สะเต็มศึกษาและการออกแบบ> (ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2559)
- สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, (2559). *รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา*. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- สุพจน์ อิงอาจ, *การจัดการเรียนการสอนโดยการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานวิชาการวิจัยทางเทคโนโลยี การศึกษาเบื้องต้น ระดับปริญญาตรี*. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง (ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2559)
- อรัญญา สลิตไพบูลย์, (2550). *การพัฒนาทักษะการคิดวิจารณ์ญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- Gonzalez, H.B and Kuenzi, J.J. (2012). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer*. Washington, DC: Congressional Research Service.
- Griese, B., Lehmann, M., & Roesken-Winter, B. (2015). *Refining questionnaire-based assessment of STEM students' learning strategies*. International Journal of STEM Education, 2(1), 1-12.
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). *Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education*. International Journal of STEM Education, 7, 1-14.

- Renner, J.W. and E.A. Marek. "An Educational Theory Base for Science Teaching," *Journal of Research in Science Teaching*. 27(3): 241-246; March, 1990
- Breiner, J.M., Carla, C.J., Harkness, S.S. and Koehle, C.M. (2012). *What is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships*. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11
- Dejarnette, N. (2012). *America's children: providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math)*. *Initiatives Education*, 133 (1), 77–84.
- Wayne, C. (2012). *What is S.T.E.M. and why do I need to know?* Retrieved February 2, 2013, from <http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online/1>.
- Diana, L. R. (2012). *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*. Retrieved on January 28, 2014, from <http://www.rondout.k12.ny.us/commonpages/DisplayFile.aspx?itemId=16466975>
- Rush, L. D. (2016). *Integrated STEM Education through Project Based Learning*. Retrieved October 14, 2017 from <http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/DisplayFile.aspx?itemId=16466975/>
- Shields, C. (2006). *Engineering our future New Jersey elementary school*. Retrieved October 14, 2017, from http://www.ciese.org/papers/2006/ASEE_paper_G.doc.
- Yager, R. (Jan-Mar 2015). *STEM: A Focus for Current Science Education Reforms K-12 STEM Education*, 1(1), 1-4.
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S. & Chen, W. (2011). *Attitudes toward science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 87 – 102.
- Scott, C. (2012). *An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S.*. *Journal of STEM Education*, 13(5), 30 – 39.
- Han, S., Capraro, R. & Capraro, M. M. (2014). *How science, technology, engineering and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The Impact of Student Factors on*

Achievement. International Journal of Science and Mathematics Education, 12(2), n.d.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (2000). *Participatory action research*. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (2nd ed., pp. 567–605).

Thousand Oaks, CA: Sage OECD. (2013). *PISA 2015 Draft Science Framework*. Retrieved September 26, 2014, From <http://www.oecd.org/>





ภาคผนวก ก

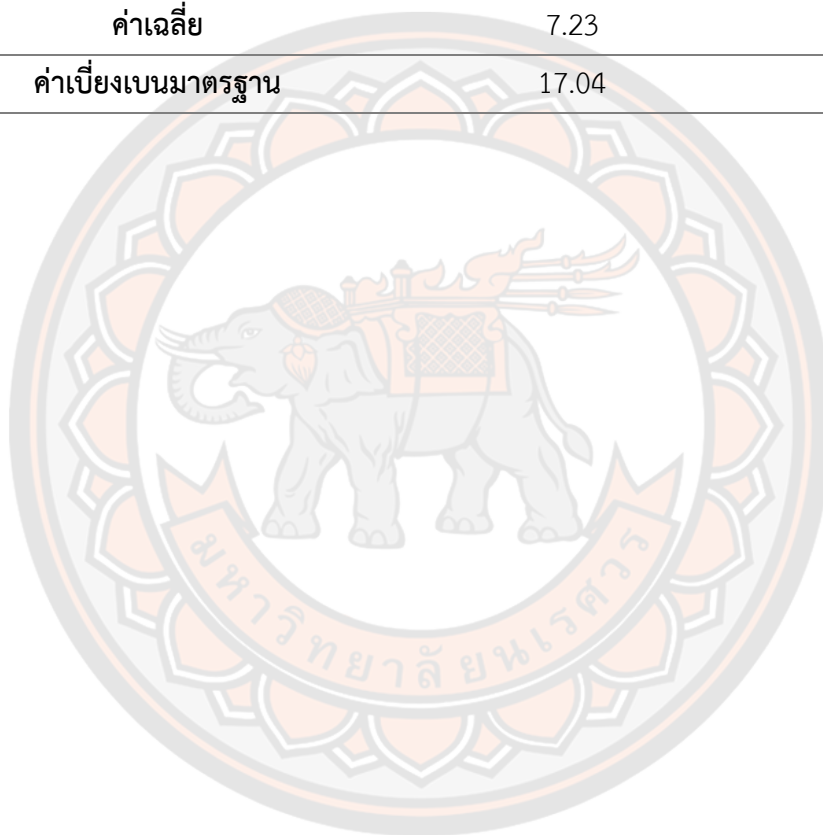
แสดงผลคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง
วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา

ตาราง 20 แสดงผลคะแนนสมรรถนะ

แสดงผลคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง
วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา

นักเรียนคนที่	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	25	5	16
2	25	7	16
3	25	5	17
4	25	8	16
5	25	4	17
6	25	11	17
7	25	6	16
8	25	4	18
9	25	9	16
10	25	15	23
11	25	7	17
12	25	7	17
13	25	8	17
14	25	11	16
15	25	7	16
16	25	9	15
17	25	6	17
18	25	3	18
19	25	5	17
20	25	6	17

นักเรียนคนที่	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน	หลังเรียน
21	25	8	18
22	25	6	18
23	25	10	17
24	25	8	16
25	25	6	17
26	25	7	18
ค่าเฉลี่ย		7.23	2.58
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		17.04	1.46



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
กิจกรรม ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 กรด เบส

กลุ่มสาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส

รายวิชาเคมี 3 รหัสวิชา ว

30223

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลา 5 ชั่วโมง

ผู้สอน นายธีระสิทธิ์ ดิสกุล

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสารความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
ผลการเรียนรู้ 1. คำนวณหา pH ของสารละลายเมื่อทราบความเข้มข้นของ H_3O^+ หรือ OH^- และบอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากค่า pH ได้ 2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี และใช้ช่วงของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์บอกค่า pH หรือความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้	ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ว 4.1 ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา	ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือก ข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา ว 4.1 ม.4/4 ทดสอบประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด	ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1. การแก้ไขปัญหาเป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ วางแผน แก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง 2. การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุน หรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รับรอง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี และใช้ช่วงของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์บอกค่า pH หรือความเป็นกรด-เบสของสารละลายได้
2. นักเรียนสามารถระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเมื่อทราบสีที่และช่วงที่เปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์

ด้านทักษะ/กระบวนการ

1. นักเรียนสามารถคำนวณหา pH ของสารละลายเมื่อทราบความเข้มข้นของ H_3O^+ หรือ OH^- และบอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากการทดลองหา pH ของสารละลายเมื่อทราบสีที่และช่วงที่เปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์
2. นักเรียนสามารถทำการทดลองหา pH ของสารละลายเมื่อทราบสีที่และช่วงที่เปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์

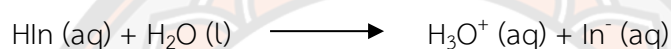
คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. นักเรียนมีพฤติกรรมในการส่งงานได้ทันเวลาอยู่ในระดับดีขึ้นไป
- สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**
1. นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์
 2. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
 3. นักเรียนสามารถเสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
 4. นักเรียนสามารถบอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้
 5. นักเรียนสามารถอธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย

รูปกรดและรูปเบสมีภาวะสมดุล เขียนแสดงได้ด้วยสมการ ดังนี้ HIn และ In⁻ มีสีต่างกัน และปริมาณต่างกัน จึงทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าปริมาณ HIn มากก็จะมีสีของรูปกรด ถ้ามีปริมาณ In⁻ มากก็จะมีสีของรูปเบส การที่จะมีปริมาณ HIn หรือ In⁻ มากกว่าหรือน้อยกว่านั้นขึ้นอยู่กับปริมาณ H₃O⁺ ในสารละลาย ถ้ามี H₃O⁺ มากก็จะรวมกับ In⁻ ได้เป็น HIn ได้มากจะเห็นสารละลายใสไม่มีสีของ HIn แต่ถ้าอยู่ในสารละลายที่มี OH⁻ มาก OH⁻ จะทำปฏิกิริยากับ H₃O⁺ ทำให้ H₃O⁺ ลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าได้ In⁻ มากขึ้น จะเห็นสารละลายในรูปของ In⁻ คือเห็นเป็นสีชมพู

ช่วง pH ที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง สารละลายจะมีสีผสมระหว่างรูปกรดและรูปเบส เรียกว่า ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ (pH range หรือ pH interval)

ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์หาได้จากค่า K_{ind} ของอินดิเคเตอร์ดังนี้



ไม่มีสี* (รูปกรด)

สีชมพู* (รูปเบส); (* = กรณีเป็นฟีนอล์ฟทาลีน)

นั่นคือ ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ = pK_{ind} 1 หมายความว่า สีของอินดิเคเตอร์จะเริ่มเปลี่ยนแปลงเมื่อ pH = pK_{ind} 1 ซึ่งเป็นค่าโดยประมาณ แต่ถ้า [HIn] มากกว่าหรือน้อยกว่า [In⁻] 10 เท่าขึ้นไป อาจถึง 100 เท่า ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ก็จะเปลี่ยนไป ช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ที่ถูกต้องจริงๆ ของแต่ละอินดิเคเตอร์หาได้จากการทดลอง ตัวอย่างเช่น เมทิลเรด มีช่วง pH 4.4 - 6.2 หมายความว่า สารละลายที่หยดเมทิลเรดลงไป จะเปลี่ยนสีจากรูปกรด (แดง) ไปเป็นรูปเบส (เหลือง) ในช่วง pH ตั้งแต่ 4.4 - 6.2 นั่นคือ

- ถ้า pH < 4.4 จะให้สีแดง (รูปกรด)
- pH อยู่ระหว่าง 4.4 - 6.2 จะให้สีผสมระหว่างสีแดงกับเหลือง คือ สีส้ม
- pH > 6.2 จะให้สีเหลือง (รูปเบส)

เทคโนโลยี

กระบวนการทางเทคโนโลยีในการสืบเสาะหาความรู้และเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมเพื่อนำมาออกแบบและสร้างชิ้นงานในกิจกรรม นวัตกรรมในการทดสอบคุณภาพน้ำ

วิศวกรรมศาสตร์

ระบุและศึกษาปัญหา ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานจากวัสดุที่กำหนด เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 8 ขั้นตอน ได้แก่

- 1) ระบุประเด็นปัญหา
- 2) แยกแยะประเด็นปัญหา
- 3) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- 4) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

- 5) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
- 6) ทดสอบ ประเมินผลและสรุปผลการแก้ปัญหา
- 7) ปรับแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

คณิตศาสตร์

ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาและใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน

6. การจัดการเรียนรู้

6.1 ชั้นสร้างความสนใจ (1 ชั่วโมง)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5-6 คน โดยการคัดความสามารถของนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน
2. ครูนำสถานการณ์ ปัญหาน้ำเน่าเสีย มาให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในห้องเรียน โดยครูใช้คำถามประกอบคำอภิปราย

สถานการณ์



กรณีการรั่วไหลของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าน้ำเสียที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะที่ใช้ภายในชุมชนได้เปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในจุดต่าง ๆ ที่น้ำเสียเคลื่อนตัวไปก่อให้เกิดสภาพน้ำเน่าเสียและปลาตาย ซึ่งหากปัญหานี้ไม่ถูกแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่และความเสียหายต่อระบบประปาหมู่บ้านและบ่อบาดาลภายในชุมชน



เงื่อนไข

ในฐานะที่นักเรียนเป็นกรมควบคุมมลพิษได้รับมอบหมายให้ดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำในชุมชนนี้โดยออกแบบกระบวนการตรวจสอบและเครื่องในการตรวจสอบให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในชุมชนและประหยัดงบประมาณให้มากที่สุด

- 2.1 สถานการณ์ดังกล่าวเกี่ยวข้องกับผลกระทบกับสัตว์ประเภทใด (สัตว์น้ำ ปลา)
- 2.2 แหล่งน้ำมีสิ่งใดที่ผิดปกติ (ค่าพีเอช)
- 2.3 ค่าพีเอชส่งผลกระทบต่อปลาอย่างไร (ทำให้ปลาตาย)
- 2.4 มีวิธีการตรวจวัดค่าพีเอชอย่างไร (ใช้กระดาษลิตมัส)
- 2.5 อะไรบ่งบอกถึงความผิดปกติของน้ำในแหล่งน้ำ (การเปลี่ยนแปลงของอินเคเตอร์)

ขั้นระบุประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนต้องการสำรวจลงในใบกิจกรรม ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย
4. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย
5. ครูถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 - 5.1 นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ (เป็น เพราะเกี่ยวข้องกับค่าพีเอชและความเป็นกรด-เบสของน้ำ)
 - 5.2 นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบได้หรือไม่ (สามารถตรวจสอบได้โดยการทำการทดลอง)
6. ครูให้นักเรียนเสนอประเด็นปัญหา

6.2 ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบ (30 นาที)

7. ครูให้นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์หรือไม่
8. ครูให้นักเรียนร่วมกันแยกแยะประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์
9. ครูให้นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบได้หรือไม่
10. ครูให้นักเรียนคิดแยกแยะปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบได้หรือไม่
11. ครูสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนในเรื่องการแตกตัวของกรดและเบสและเรื่อง pH ของสารละลาย
12. ครูให้นักเรียนเขียน เรื่อง ความเป็นกรด เบส ที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียและวิธีการตรวจวัดความเป็นกรด เบส
13. ครูให้นักเรียนเขียนอธิบายความหมายของอินดิเคเตอร์ตามความเข้าใจของนักเรียนพร้อมยกตัวอย่างประกอบ
14. ครูให้นักเรียนอธิบายความหมายของค่า pH ของสารละลายตามความเข้าใจของนักเรียนละให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอความหมายของอินดิเคเตอร์และค่า pH
15. ครูนำอภิปรายความหมายของอินดิเคเตอร์และค่า pH ของสารละลาย นักเรียนสรุปสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
16. ครูกำหนดเงื่อนไขการออกแบบกระบวนการตรวจสอบน้ำเน่าเสีย เช่น อุปกรณ์ เวลา ความสำเร็จของชิ้นงาน

ขั้นตอนการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (1 ชั่วโมง)

17. ครูใช้คำถามเพื่อชี้แนะให้นักเรียนอยากค้นหาคำตอบโดยการออกแบบและปฏิบัติด้วยตนเองที่จะนำไปสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วยที่จำเป็นต่อการแก้ไขปัญหา การออกแบบ การสร้างสรรค์ และการทดลอง
18. ครูชี้แนะในการทำงานและกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละคนออกแบบเพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดของแต่ละคน ต่อจากนั้นให้นักเรียนวางแผนการทำงานร่วมกันภายในกลุ่มโดยให้นักเรียนระดมความคิดเพื่อนำไปสู่แนวคิดของกลุ่ม
19. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบกระบวนการตรวจสอบน้ำเน่าเสียจากอุปกรณ์ที่มีให้จากการหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น สื่อสารสนเทศ สื่ออินเทอร์เน็ต หนังสือ ใบความรู้
20. ครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการออกแบบกระบวนการตรวจสอบน้ำเน่าเสีย

21. ครูให้นักเรียนออกแบบการตรวจสอบน้ำเน่าเสีย
22. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินผลการออกแบบการตรวจสอบน้ำเน่าเสียภายในกลุ่ม และนำเสนอแนวทางออกแบบการตรวจสอบน้ำเน่าเสียเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประเมินผลการออกแบบกับเพื่อนต่างกลุ่ม
23. ครูให้นักเรียนสร้างชิ้นงานในการตรวจสอบน้ำเน่าเสีย (สร้างกระดาษลิตมัสเพื่อใช้ในการตรวจสอบ)
24. ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการออกแบบและตรวจสอบคุณภาพของงาน
25. ครูให้นักเรียนทดลองตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยกระดาษลิตมัสที่สร้างขึ้น

6.3 ชั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (30 นาที)

26. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนแนวทางและผลการทดลองในการตรวจสอบปัญหาน้ำเน่าเสีย
27. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางและผลการทดลองในการตรวจสอบปัญหาน้ำเน่าเสียภายในกลุ่ม
28. ครูให้นักเรียนประเมินแนวทางในการตรวจสอบปัญหาน้ำเน่าเสียของกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อนพร้อมทั้งอธิบายและให้เหตุผล
29. ครูให้นักเรียนสรุปผลการตรวจสอบน้ำจากชิ้นงานที่ใช้ในการตรวจสอบ
30. ครูให้คำแนะนำผลการนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบปัญหาน้ำเน่าเสียของแต่ละกลุ่มพร้อมทั้งให้คำแนะนำ

6.4 ชั้นขยายความรู้ (1 ชั่วโมง)

31. ครูให้นักเรียนปรับปรุงแนวทางในการตรวจสอบปัญหาน้ำเน่าเสีย
32. ครูให้นักเรียนดำเนินการทดลองเพื่อการตรวจสอบปัญหาน้ำเน่าเสีย
33. ครูและนักเรียนอภิปรายผลการทดลองร่วมกันและให้นักเรียนประเมินแนวทางในการตรวจสอบปัญหาน้ำเน่าเสียที่นักเรียนเลือกในการตรวจสอบ
34. ครูนำอธิบายถึงความสำคัญของค่า pH และอินดิเคเตอร์ของสารในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
35. ครูให้นักเรียนออกแบบการแก้ปัญหาคุณภาพน้ำจากความรู้ที่ได้จากการทดลอง
36. ครูให้นักเรียนทดลองแก้ปัญหาคุณภาพน้ำด้วยการที่นักเรียนออกแบบ(ปรับค่าพีเอช)
37. ครูให้นักเรียนสรุปผลการตรวจสอบน้ำจากชิ้นงานที่ใช้ในการตรวจสอบและผลการแก้ปัญหาคุณภาพน้ำ

6.5 ขั้นการวัดและประเมินผล (1 ชั่วโมง)

38. ครูให้นักเรียนฝึกความคิดนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบปัญหาที่น้ำเน่าเสีย ชิ้นงานในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ผลในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ แนวทางในการแก้ไขคุณภาพน้ำและผลการแก้ไขคุณภาพน้ำ

39. ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลการนำเสนอแนวทางในการตรวจสอบปัญหาที่น้ำเน่าเสีย ชิ้นงานในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ผลในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ แนวทางในการแก้ไขคุณภาพน้ำและผลการแก้ไขคุณภาพน้ำพร้อมทั้งให้คำแนะนำ

7. สื่อการเรียนรู้

1. สารเคมีสำหรับทดลอง
2. อุปกรณ์สำหรับทดลอง
3. ใบสถานการณ์ น้ำเน่า ปลาตาย
4. กระดาษบรูฟ
5. ปากกาเคมี

8. แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3
2. ห้องสมุด
3. เอกสารประกอบการเรียนเรื่อง pH ของสารละลายและอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส

9. การวัดและประเมินผล

วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์ผ่านการประเมินผลขั้นต่ำ	ผู้ประเมิน
จุดประสงค์การเรียนรู้			
1. นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลที่ทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีได้	ประเมินจากการตอบคำถามในชั้นเรียนและการตรวจจากใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป	ครู
2. นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง เรื่องสภาพความเป็นกรด-เบสที่มีผลต่ออินดิเคเตอร์	แบบสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป	ครู
สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์			
1. ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์	แบบประเมินสมรรถนะ	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป	ครู
2. บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์			
3. เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้			
4. บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้			

วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์ผ่านการประเมินผลขั้นต่ำ	ผู้ประเมิน
5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย			



บันทึกหลังการสอน

ผลการจัดการเรียนรู้

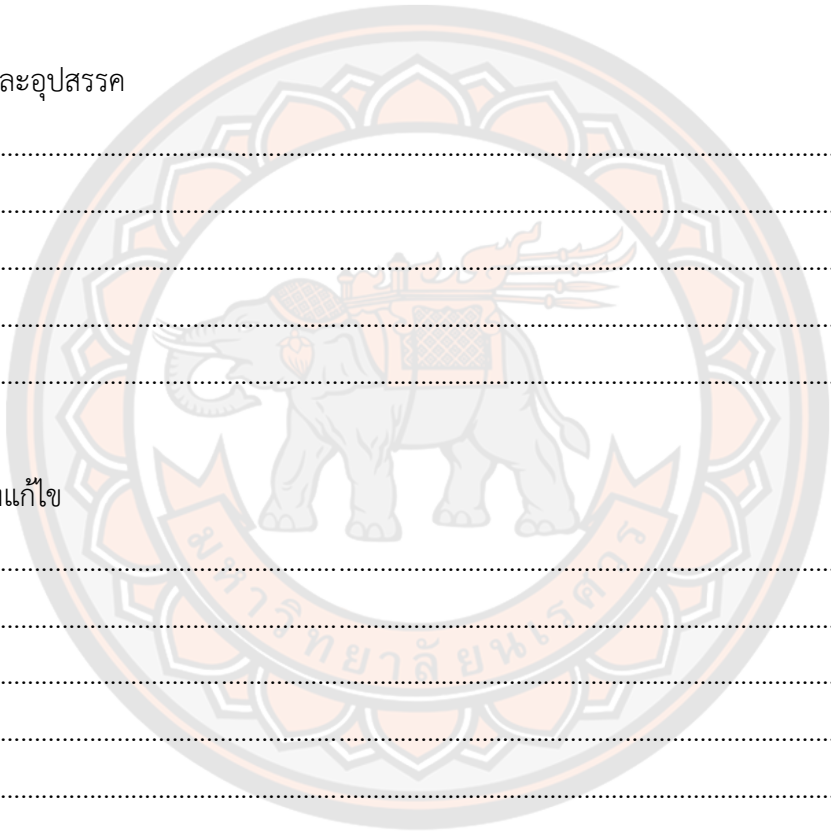
.....
.....
.....
.....
.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....
.....
.....
.....

แนวทางแก้ไข

.....
.....
.....
.....
.....



ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายธีระสิทธิ์ ดิสกุล)

...../...../.....

แบบสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองใบกิจกรรม เรื่อง ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย

กลุ่มที่	พฤติกรรมที่สังเกต/คะแนน							คะแนนรวม (21)
	1. การออกแบบการทดลอง	2. การทดลองตามแผนที่กำหนด	3. การใช้อุปกรณ์	4. การบันทึกผล การทดลอง	5. การสรุปผล การทดลอง	6. การปรับปรุง การทดลอง	7. การนำเสนอข้อมูล	
1								
2								
3								
4								
5								
6								

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
18-21	ดีมาก	นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ 14 ขึ้นไป หรือระดับดี ถือว่าผ่านการประเมิน
14-17	ดี	
10-13	พอใช้	
ต่ำกว่า 9	ปรับปรุง	

เกณฑ์การให้คะแนนกิจกรรมการทดลอง

ตัวบ่งชี้การ ปฏิบัติการ ทดลอง	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การออกแบบ การทดลอง	การออกแบบการทดลอง ด้วยตนเอง	การออกแบบการทดลอง โดยมีครูแนะนำบางส่วน	การออกแบบการทดลอง โดยมีครูแนะนำตลอดเวลา
2. การทดลอง ตามแผนที่ กำหนด	ทดลองตามวิธีและขั้นตอนที่ กำหนดไว้อย่างถูกต้องด้วย ตนเอง	ทดลองตามวิธีและขั้นตอนที่ กำหนดไว้โดยมีครูแนะนำ บางส่วน	ทดลองตามวิธีและขั้นตอน ที่กำหนดไว้โดยมีครู แนะนำตลอดเวลา
3. การใช้ อุปกรณ์	ใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้ อย่างคล่องแคล่วและ ถูกต้องตามหลักปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้ และถูกต้องตามหลักปฏิบัติ แต่ไม่คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์ในการทดลอง ไม่ถูกต้อง
4. การบันทึกผล การทดลอง	บันทึกผลการทดลองเป็น ระยะอย่างถูกต้อง ครบถ้วน และเป็นระเบียบ	บันทึกผลการทดลองอย่าง ถูกต้อง ครบถ้วนแต่ไม่เป็น ระเบียบ	บันทึกผลการทดลอง ถูกต้อง ไม่ครบถ้วนและมี ระเบียบ
5. การสรุปผล การทดลอง	สรุปผลการทดลองได้อย่าง ถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และ วิเคราะห์ข้อมูลครอบคลุม ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้อย่าง ถูกต้อง กระชับ ชัดเจน แต่ วิเคราะห์ข้อมูลไม่ครอบคลุม ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองไม่ เป็นไปตามผลการทดลอง
6. การปรับปรุง การทดลอง	แปลข้อมูลจากการทดลอง ได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และปรับปรุงข้อมูล ครอบคลุมทั้งหมด	แปลข้อมูลจากการทดลอง ได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน แต่ปรับปรุงข้อมูลไม่ ครอบคลุมทั้งหมด	แปลข้อมูลจากการทดลอง ได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน แต่ไม่ปรับปรุง ข้อมูล
7. การนำเสนอ ข้อมูล	นำเสนอข้อมูลจากผลการ ทดลองและการปรับปรุงได้ อย่างครบถ้วน ถูกต้อง พร้อมในการนำเสนอและ นำเสนอข้อมูลด้วยความ มั่นใจ นำเสนออย่างชัดเจน สามารถตอบคำถามได้ สมเหตุสมผล	นำเสนอข้อมูลจากผลการ ทดลองและการปรับปรุงได้ บางส่วน ถูกต้อง ไม่พร้อม ในการนำเสนอและนำเสนอ ข้อมูลด้วยความมั่นใจ นำเสนออย่างชัดเจน สามารถตอบคำถามได้ บางส่วน	นำเสนอข้อมูลจากผลการ ทดลองและการปรับปรุง ได้ไม่ครบถ้วน ไม่ถูกต้อง ไม่พร้อมในการนำเสนอ ไม่ สามารถตอบคำถามได้

แบบประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องผ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย

กลุ่มที่	ตัวบ่งชี้สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					รวม (21 คะแนน)	แปลผล
	1. ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (3 คะแนน)	2. บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3 คะแนน)	3. เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ (9 คะแนน)	4. บอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ (3 คะแนน)	5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย (3 คะแนน)		
1							
2							
3							
4							
5							
6							

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
17-21	ดีมาก	นักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ 11 ขึ้นไป หรือระดับดี ถือว่าผ่านการประเมิน
12-16	ดี	
7-11	พอใช้	
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง	

เกณฑ์การตรวจสอบให้คะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

	ตรวจได้จาก	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1. ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจใน การศึกษาศาสตร์	การระบุปัญหาที่ต้องการ สำรวจ	ระบุปัญหาได้ชัดเจน สอดคล้องกับสถานการณ์ ที่กำหนดให้ดีมาก	ระบุปัญหาได้ ชัดเจนสอดคล้อง กับสถานการณ์ที่ กำหนดให้เพียง บางส่วน	ระบุปัญหาได้ ชัดเจนสอดคล้อง กับสถานการณ์ที่ กำหนดให้	ระบุปัญหาไม่ได้
2. บอกได้ว่าประเด็น ปัญหาหรือคำถามใด สามารถตรวจสอบได้ ด้วยวิธีการทาง วิทยาศาสตร์	การตอบคำถามที่ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหา ที่สามารถใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ในการ ตรวจสอบได้หรือไม่ อย่างไร	สามารถแยกแยะได้ถูกต้อง ตั้งแต่ 3 ข้อขึ้นไป	สามารถแยกแยะได้ ถูกต้องตั้งแต่ 2 ข้อ	สามารถแยกแยะได้ ถูกต้องตั้งแต่ 1 ข้อ	ไม่สามารถแยกแยะได้

	ตรวจได้จาก	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
3. เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	<p>การระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม</p> <p>การเลือกใช้สารเคมีและอุปกรณ์ในการทดลอง</p> <p>การออกแบบการทดลอง</p>	<p>สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง ครบคลุม</p> <p>เลือกใช้สารเคมีและอุปกรณ์ได้ครบถ้วน เกี่ยวข้องกับการทดลอง และระบุจำนวนที่ใช้ได้อย่างชัดเจน</p>	<p>สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง</p> <p>เลือกใช้สารเคมีและอุปกรณ์ได้ครบถ้วน เหมาะสม เกี่ยวข้องกับการทดลอง และระบุจำนวนที่ใช้ได้บางส่วน</p>	<p>สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ไม่ถูกต้อง</p> <p>เลือกใช้สารเคมีและอุปกรณ์ได้ครบถ้วน เหมาะสม เกี่ยวข้องกับการทดลอง และไม่ระบุจำนวนที่ใช้</p>	<p>ไม่สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้</p> <p>ไม่ได้ระบุสารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</p> <p>ขั้นตอนการทดลองไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำหนด</p>

	ตรวจได้จาก	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
4. บอกและประเมินวิธีสำรวจปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้	การประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์	ประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องหรือไม่ อย่างไร พร้อมทั้งเหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผลและสามารถเลือกวิธีการทดลองที่มีความถูกต้องที่สุดพร้อมให้ความถูกต้องที่สุดพร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผลประกอบอย่างสามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้นๆได้และไม่สามารถเสนอแนะแนวทางการแก้ไขพร้อมให้เหตุผลประกอบอย่าง	ประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องและสามารถเลือกวิธีการทดลองที่มีความถูกต้อง และสามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้นๆ และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล	ประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องและสามารถเลือกวิธีการทดลองที่มีความถูกต้อง และสามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้นๆได้และไม่สามารถเสนอแนะแนวทางการแก้ไขได้ แต่ไม่มีการให้เหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผล	ไม่สามารถประเมินได้ว่าวิธีการทดลองนั้นมีความถูกต้องหรือไม่ อย่างไร สามารถเลือกวิธีการทดลองได้ และไม่สามารถระบุข้อบกพร่องของวิธีการนั้นๆได้และไม่สามารถเสนอแนะแนวทางการแก้ไขพร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างสมเหตุสมผล

	ตรวจได้จาก	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
5. อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้แน่ใจถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความเป็นกลางของคำอธิบาย	การยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล	<p>3</p> <p>สมเหตุสมผล</p> <p>มีการระบุการทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำในขั้นตอนการออกแบบการทดลองและสามารถลงมือปฏิบัติการทดลองได้จริงตามที่ออกแบบไว้ หรือมีการระบุแหล่งที่มาของข้อมูล</p>	<p>2</p> <p>มีการระบุการทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำในขั้นตอนการออกแบบการทดลองและสามารถลงมือปฏิบัติการทดลองได้บางส่วน</p>	<p>1</p> <p>มีการระบุการทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำในขั้นตอนการออกแบบการทดลองแต่ไม่สามารถลงมือปฏิบัติการจริงได้</p>	<p>0</p> <p>ไม่มีการระบุการทดลองชุดควบคุมและการทดลองซ้ำในขั้นตอนการออกแบบการทดลองและไม่สามารถลงมือปฏิบัติการทดลองได้</p>

สถานการณ์น้ำเน่าเสีย



ค่าความเป็นกรด-ด่างหรือที่เราเรียกกันติดปากว่า pH (พีเอช) ตั้งแต่ 5-10 เป็นช่วงของค่าพีเอชที่ปลานิลสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยช่วงค่า pH ที่เหมาะสมของการดำรงชีวิตปกติจะอยู่ระหว่าง 6-9 โดยปริมาณของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในน้ำจะมีผลต่อความเป็นกรดหรือด่างการวัดระดับของค่าพีเอชมีค่าตั้งแต่ 1-14 ซึ่งค่าพีเอชเท่ากับ 7 จะถือว่าเป็นกลางค่าพีเอชต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรดและหากค่าพีเอชมากกว่า 7 ถือเป็นด่างนอกจากค่าพีเอชในแหล่งน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณของไฮโดรเจนไอออนในน้ำแล้วยังขึ้นกับสิ่งแวดล้อมอื่นๆด้วยเช่นลักษณะพื้นบ่อภูมิประเทศปริมาณของสัตว์น้ำพืชน้ำและแพลงตอนพืชและแน่นอนว่าระดับค่าพีเอชในน้ำก็มีผลกับสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยพืชจะเจริญเติบโตไม่ดีถ้ามีค่า

พีเอชต่ำกว่า 4.5 แต่ถ้าค่าพีเอชสูงมากก็มีผลทำให้ปลาระคายเคืองที่เหงือกและครีบอาจพบลักษณะกร่อนเป็นแผลได้และค่าพีเอชสูงยังมีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสุขภาพปลาหากค่าพีเอชต่ำเกินไปอาจพบว่าสีตามลำตัวของปลาซีดหรือขุ่นมีเมือกมากกว่าย่น้ำอย่างรวดเร็วว่ายบนผิวน้ำสูบอากาศและกระโดดออกจากบ่อค่าพีเอชสามารถเปลี่ยนแปลงได้ระหว่างวันโดยในเวลากลางวันจะมีการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำมีการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มาใช้เพื่อสังเคราะห์แสงค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นและเมื่อถึงช่วงเวลากลางคืนหรือใกล้รุ่งจะพบว่าค่าพีเอชค่อยๆลดลงสาเหตุเพราะสัตว์ป่าและพืชน้ำมีการหายใจใช้ออกซิเจนและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในแหล่งน้ำการตรวจเฝ้าระวังค่าพีเอชควรทำตอนเช้าตรู่และช่วงกลางวันโดยค่าพีเอชระหว่างวันในบ่อไม่ควรผันแปรมากเกิน 2 หน่วยในรอบวันซึ่งการตรวจเฝ้าระวังค่าพีเอชจะช่วยให้ทราบปัญหาและจัดการแก้ไขได้ทันแก้ไขภาวะความเป็นกรดในบ่อด้วยการเติมปูนขาวลดการหมักหมมของอินทรีย์สารในบ่อลดอาหารที่ให้แก่และเปลี่ยนถ่ายน้ำ เป็นต้น

สัตวแพทย์หญิงดร. มินตราลักษณ์

อ. น. สพ. ดร. ภัทรพลเปี่ยมสมบูรณ์

สถานการณ์น้ำเน่าเสีย



กรณีการรั่วไหลของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าน้ำเสียที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะที่ใช้ภายในชุมชนได้เปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในจุดต่าง ๆ ที่น้ำเสียเคลื่อนตัวไปก่อให้เกิดสภาพน้ำเน่าเสียและปลาตาย ซึ่งหากปัญหานี้ไม่ถูกแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจและความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่และความเสียหายต่อระบบประปาหมู่บ้านและบ่อบาดาลภายในชุมชน



เงื่อนไข

ในฐานะที่นักเรียนอาศัยอยู่ในชุมชนและได้รับมอบหมายให้ดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำในชุมชนนี้โดยออกแบบกระบวนการตรวจสอบและเครื่องในการตรวจสอบให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในชุมชนและประหยัดงบประมาณให้มากที่สุด



ใบกิจกรรม
เรื่อง ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย

ชื่อกลุ่ม..... ชั้น.....

สมาชิกกลุ่ม

1.....		เลขที่.....
2.....		เลขที่.....
3.....		เลขที่.....
4.....		เลขที่.....
5.....		เลขที่.....
6.....		เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนบันทึกคำตอบลงในช่องที่กำหนดให้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์

1. ปัญหาของสถานการณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ประเด็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการศึกษาทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ปัญหาที่นักเรียนเลือกในการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ข้อมูลในการสำรวจตรวจสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ออกแบบการทดลอง

1. ชื่อการทดลอง

.....

.....

.....

2. วัตถุประสงค์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. หลักการ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สมมุติฐาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ตัวแปรต้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ตัวแปรตาม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ตัวแปรควบคุม

.....

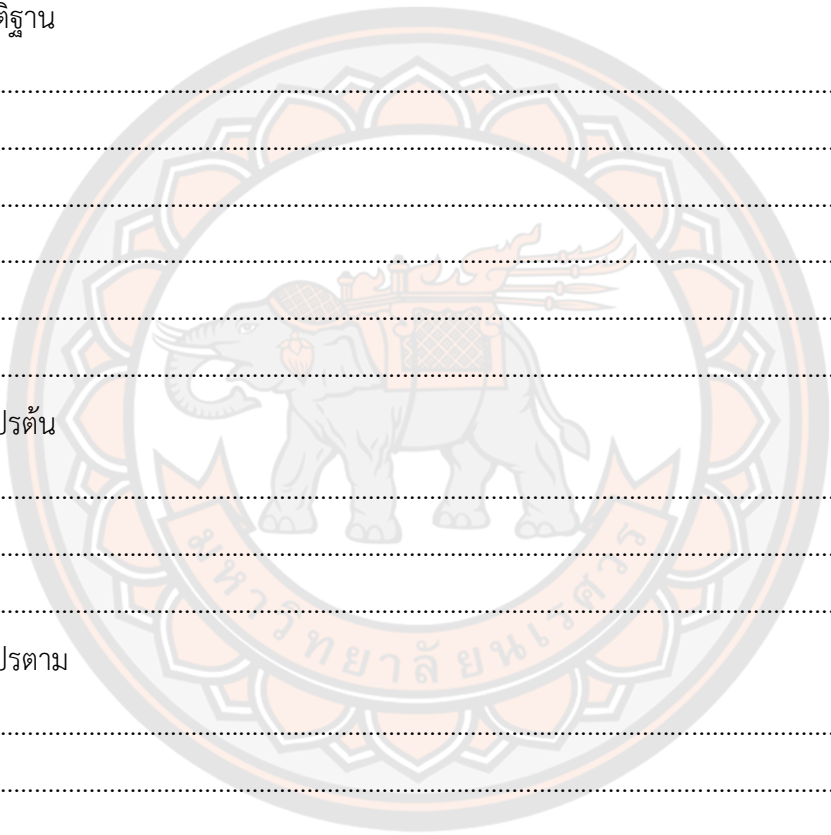
.....

.....

.....

.....

.....



8. อุปกรณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. สารเคมี

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. ออกแบบ

.....

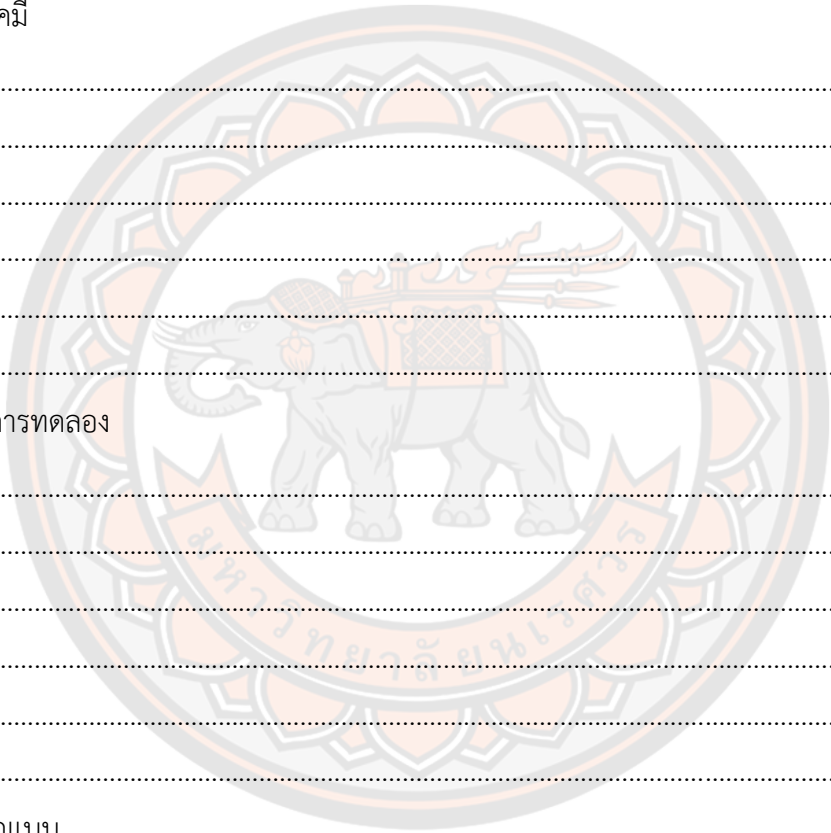
.....

.....

.....

.....

.....



12. ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

13. อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

14. ปรับปรุงและพัฒนาการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

15. สรุปผลการทดลอง

.....

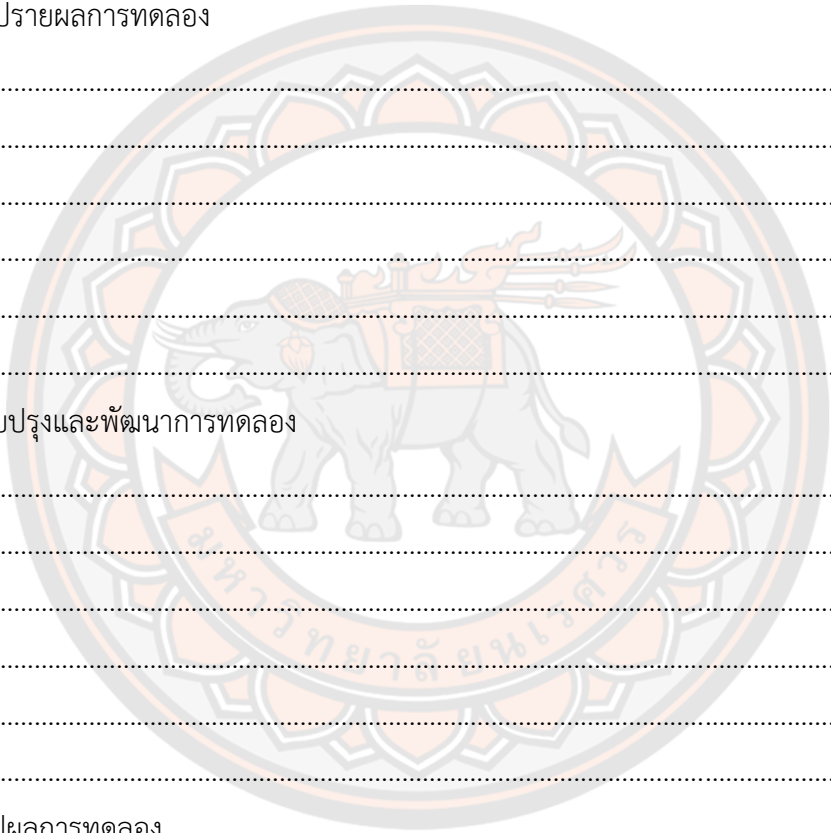
.....

.....

.....

.....

.....



16. นักเรียนมีวิธีการตรวจสอบเพื่อบ่งบอกปัญหา น้ำเน่าเสีย โดยใช้กระบวนการตรวจสอบอย่างไร และมีวิธีแก้ไขปัญหาน้ำเน่าเสียนี้ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

17. แหล่งอ้างอิง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

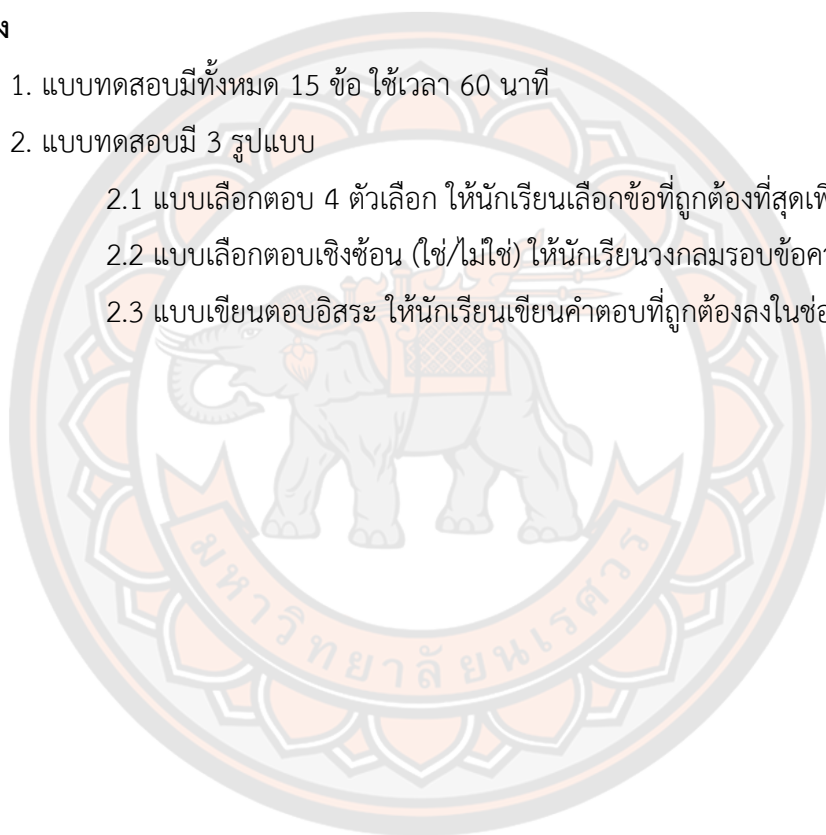


แบบทดสอบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้
ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด เบส

ชื่อ.....สกุล.....เลขที่.....ชั้น.....คะแนน.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 15 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที
2. แบบทดสอบมี 3 รูปแบบ
 - 2.1 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
 - 2.2 แบบเลือกตอบเชิงซ้อน (ใช่/ไม่ใช่) ให้นักเรียนวงกลมรอบข้อความ ใช่/ไม่ใช่
 - 2.3 แบบเขียนตอบอิสระ ให้นักเรียนเขียนคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่าง



สถานการณ์ที่ 1 น้ำดอกอัญชันดื่มได้ และตรวจสอบกรดต่างได้

น้ำสีน้ำเงินของดอกอัญชันมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) เช่นเดียวกับกระดาษลิตมัส (Litmus) สามารถใช้ทดสอบกรด-เบสของสารเคมีได้ ในการทดลอง ถ้านำน้ำอัญชันที่แช่แข็งไปใส่ในแก้วที่มีน้ำเป็นกรด อัญชันที่แช่แข็งซึ่งลอยอยู่ในแก้วน้ำจะละลายเป็นสายน้ำสีแดงที่สวยงาม แสดงว่าสารนั้นเป็นกรด แต่ถ้านำไปใส่ลงในน้ำที่เป็นด่าง จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว แสดงว่า สารนั้นเป็นเบส แต่ถ้าเป็นเบสเข้มข้นมาก ๆ จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม นั่นเอง เราสามารถนำน้ำดอกอัญชันไปทดสอบสารเป็นกรด (รสเปรี้ยว) และเบส (รสฝาด) ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยเราไม่ต้องชิมนั่นเอง

คำถาม 1 : น้ำดอกอัญชันดื่มได้ และตรวจสอบกรดต่างได้

หลังจากบิบน้ำมะนาวลงไปใต้น้ำอัญชัน ทำให้น้ำดอกอัญชันเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วงสดใส การทดลองใดที่ควรนำมาใช้ทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบว่าน้ำมะนาวมีผลทำให้น้ำดอกอัญชันเปลี่ยนสี

การทดลองที่ 1 ไม่ผสมน้ำมะนาวลงไปใต้น้ำเปล่า 50 มิลลิลิตร

การทดลองที่ 2 ไม่ผสมน้ำมะนาวลงไปใต้น้ำอัญชัน 50 มิลลิลิตร

การทดลองที่ 3 ผสมน้ำมะนาว 1 มิลลิลิตรลงไปใต้น้ำเปล่า 50 มิลลิลิตร

การทดลองที่ 4 ผสมน้ำมะนาว 1 มิลลิลิตรลงไปใต้น้ำอัญชัน 50 มิลลิลิตร

นักเรียนควรเลือกการทดลองใดเพื่อเปรียบเทียบว่าความเป็นกรดมีผลทำให้น้ำดอกอัญชันเปลี่ยนสี

1. เจ้าหน้าที่ควรเปรียบเทียบการทดลองที่ 1 และ 2
2. เจ้าหน้าที่ควรเปรียบเทียบการทดลองที่ 1 และ 3
3. เจ้าหน้าที่ควรเปรียบเทียบการทดลองที่ 2 และ 4
4. เจ้าหน้าที่ควรเปรียบเทียบการทดลองที่ 3 และ 4

คำถาม 2 : น้ำดอกอัญชันตี๋มได้ และตรวจสอบกรดต่างได้

จากเหตุการณ์น้ำอัญชันเปลี่ยนสี คำถามต่อไปนี้ที่สามารถตรวจสอบได้โดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์ จงวงกลมรอบคำว่า ได้ หรือ ไม่ได้ ในแต่ละข้อความ

คำถามต่อไปนี้ที่สามารถตรวจสอบได้โดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์	ได้ หรือ ไม่ได้
ความเป็นกรดหรือด่างสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้หรือไม่	ได้ / ไม่ได้
ชนิดของกรดหรือด่างมีผลต่อสารแอนโทไซยานินหรือไม่	ได้ / ไม่ได้
สาเหตุการนำอัญชันเปลี่ยนสีคืออะไร	ได้ / ไม่ได้

คำถาม 3 : น้ำดอกอัญชันตี๋มได้ และตรวจสอบกรดต่างได้

นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติของอินดิเคเตอร์ โดยการศึกษาว่าการบีบน้ำมะนาวลงไปใต้น้ำอัญชันจะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีได้หรือไม่

จงระบุตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ตัวแปรต้น

.....

.....

.....

2. ตัวแปรตาม

.....

.....

.....

3. ตัวแปรควบคุม

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2 pH ในชีวิตประจำวัน

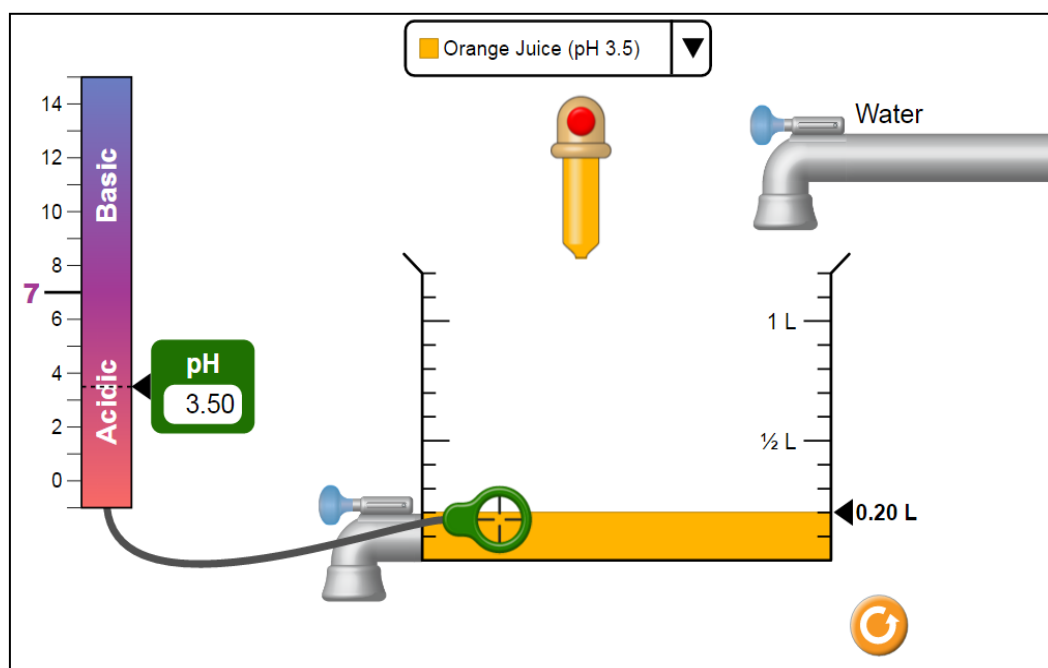
ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ต้องเกี่ยวข้องกับสารหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นสารเคมี อาหาร เครื่องดื่ม เครื่องอุปโภค-บริโภค ซึ่งสารเหล่านี้ล้วนมีค่า pH อยู่ทั้งสิ้น โดยของเหลวดังต่อไปนี้เป็นของเหลวที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันของมนุษย์

สาร	ค่า pH
น้ำยาล้างท่อระบายน้ำ	13.0
สบู่เหลวล้างมือ	10.0
เลือด	7.4
น้ำลาย	7.4
นม	6.5
ซูปเปอร์	5.8
กาแฟ	5.0
น้ำส้ม	3.5
น้ำอัดลม	2.5
อาเจียน	2.0
กรดแบตเตอรี่	1.0

คำถาม 4 : pH ในชีวิตประจำวัน

ใช้ข้อมูลแบบจำลองเพื่อตอบคำถาม

จากแบบจำลองนักเรียนต้องการผสมน้ำส้มจำนวน 1 ลิตร ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และ ปริมาตรของน้ำที่ใช้เจือจางน้ำส้มปริมาตร 0.20 ลิตร มีความสัมพันธ์กันอย่างไร



1. ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณน้ำส้ม เมื่อปริมาตรของน้ำเพิ่มขึ้น pH เพิ่มขึ้น
2. ตัวแปรตาม คือ ค่า pH เมื่อปริมาตรของน้ำลดลง pH เพิ่มขึ้น
3. ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณน้ำส้ม เมื่อปริมาตรของน้ำเพิ่มขึ้น pH ลดลง
4. ตัวแปรตาม คือ ค่า pH เมื่อปริมาตรของน้ำเพิ่มขึ้น pH ลดลง

คำถาม 5 : pH ในชีวิตประจำวัน

คำถามต่อไปนี้จะเกี่ยวกับ pH ในชีวิตประจำวัน ที่สามารถตรวจสอบได้โดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์ จงวงกลมรอบคำว่า ได้ หรือ ไม่ได้ ในแต่ละข้อความ

คำถามต่อไปนี้จะสามารถตรวจสอบได้โดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์	ได้ หรือ ไม่ได้
วิธีใดที่สามารถตรวจสอบค่า pH เลือดได้	ได้ / ไม่ได้
การผลิตซูบไก่มีมิโทซต่อสิ่งแวตลัม	ได้ / ไม่ได้
น้ำอัดลมยี่ห้อใดมีความเป็นกรดมากที่สุด	ได้ / ไม่ได้
ปริมาณของน้ำมีผลต่อค่า pH ของกรดเบตเตอรีหรือไม่	ได้ / ไม่ได้
ราคาของสบู่เหลวล้างมือมีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคอย่างไร	ได้ / ไม่ได้
สาเหตุการกำจัดคราบน้ำมันคืออะไร	ได้ / ไม่ได้

คำถาม 6 : pH ในชีวิตประจำวัน

นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อหาค่า pH ของกาแฟ โดยศึกษาว่าการเติมนมลงไปในการผสมจะส่งผลต่อค่า pH หรือไม่ ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีวิธีการทดลองที่แตกต่างกัน ดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 1

สถานะ	ค่า pH
ชงกาแฟด้วยน้ำ 100 ml แล้ววัดค่า pH	5.0
ชงกาแฟด้วยน้ำ 100 ml เติมนมลงไป 100 ml แล้ววัดค่า pH	6.0

นักเรียนกลุ่มที่ 2

สถานะ	ค่า pH
ชงกาแฟด้วยน้ำ 150 ml แล้ววัดค่า pH	5.3
ชงกาแฟด้วยน้ำ 150 ml เติมนมลงไป 50 ml แล้ววัดค่า pH	6.2

จากผลการทดลองของนักเรียนทั้งสองกลุ่มสามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 1 การเติมนมลงในกาแฟส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น

นักเรียนกลุ่มที่ 2 นมมีผลต่อค่า pH กาแฟ

จากการสรุปของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม จงอธิบายความสมเหตุสมผลที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดลองของนักเรียนที่ได้ผลการทดลองที่คล้ายคลึงกัน

.....

.....

.....

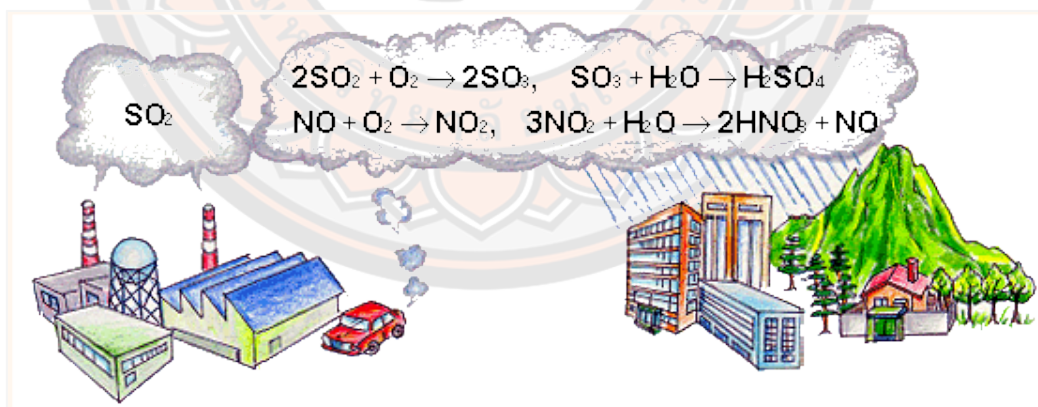
.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3 ปรากฏการณ์ฝนกรด

ฝนกรด (Acid Rain) คือ ฝนที่มีค่าเป็นกรด มีค่า pH ต่ำกว่า 5.6 เกิดจากการรวมตัวของ น้ำฝนและแก๊สออกไซด์ต่างๆ ของโลหะที่เกิดจากควันเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงควันจากการเผาไหม้อื่นๆ ปะปนอยู่ในอากาศจึงทำให้มีสมบัติเป็นกรด วัดค่าได้จากการใช้สเกลที่เรียกว่า pH ซึ่งค่ายิ่งน้อยแสดงความเป็นกรดที่แรงขึ้น โดยน้ำบริสุทธิ์จะมีค่า pH เท่ากับ 7



การกำเนิดของฝนกรด นักวิทยาศาสตร์พบว่า สาเหตุของฝนกรดคือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์และโรงงานต่างๆ แล้วถูกปล่อยสู่บรรยากาศ และเกิดการทำปฏิกิริยากับน้ำ ออกซิเจน และสารเคมีอื่นๆ ก่อให้เกิดสารประกอบที่เป็นกรดซัลฟูริกและกรดไนตริกซึ่งมีแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ให้มากขึ้น เรียกว่า **ขบวนการออกซิเดชัน**

ความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นของน้ำฝน เกิดจากมลพิษ 2 ตัวหลัก คือ

1. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ทำให้เกิดกรด ซัลฟูริก (H_2SO_4)
2. ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ทำให้เกิดกรด ไนตริก (HNO_3)

ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตกระแสไฟฟ้า, โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล เบนซิน ส่วนที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ การระเหยจากน้ำทะเล การเน่าเปื่อยของพืชและแพลงตอนมีน้อยมาก

คำถาม 7 : ปรากฏการณ์ฝนกรด

ในการทดลองการเกิดของฝนกรดมีนักเรียนได้ทำการทดลองโดยทำให้เกิดขบวนการออกซิเดชัน แต่ไม่ให้ชุดการทดลองโดนแสงอาทิตย์ จงอธิบายเหตุผลว่า ทำไมนักเรียนคนนี้จึงทำการทดลองขั้นตอนนี้และขั้นตอนนี้มีความสำคัญอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถาม 8 : ปรากฏการณ์ฝนกรด

จากปรากฏการณ์ฝนกรดและแสงนักเรียนหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถาม 9 : ปรากฏการณ์ฝนกรด

นักเรียนกลุ่มหนึ่งได้ทำการทดลองกลางแจ้งเพื่อศึกษาการเกิดขบวนการออกซิเดชัน พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วทำให้ทำให้เกิดกรด ซัลฟูริก โดยทำการทดลองหนึ่งครั้ง แล้วสรุปผลว่าแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในขบวนการออกซิเดชัน วิธีทดลองของนักเรียนกลุ่มนี้ มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร

.....

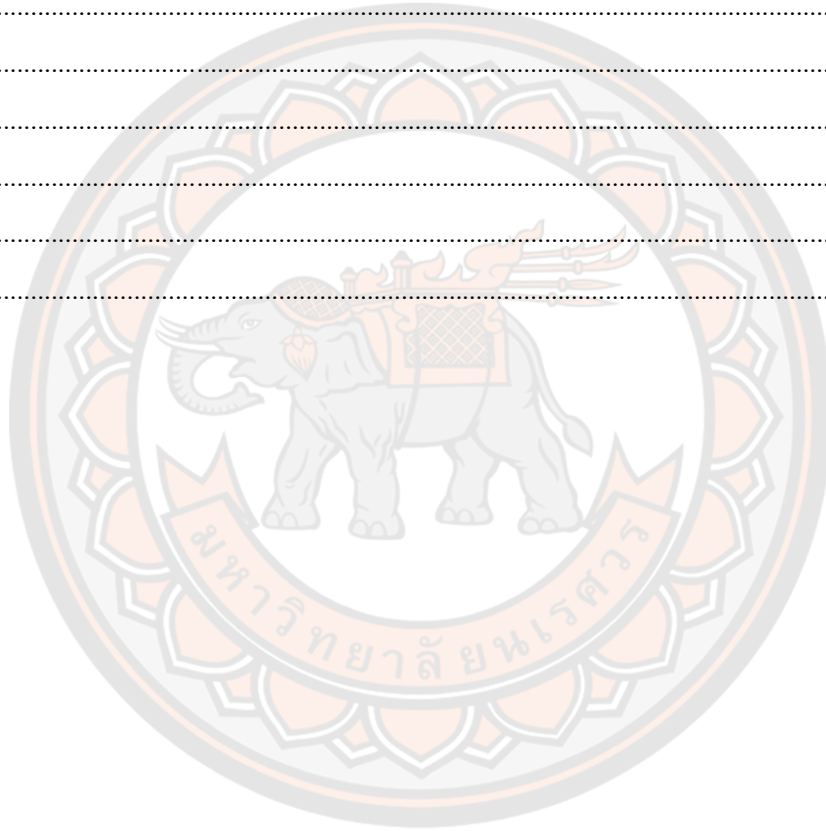
.....

.....

.....

.....

.....



สถานการณ์ที่ 4 ดินเปรี้ยว



ดินเปรี้ยว หมายถึงดินที่มีสภาพความเป็นกรด ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 7 ถือว่าดินมีสภาพเป็นกรด และถ้าค่า pH ต่ำกว่า 4 แปลว่าดินมีสภาพเป็นกรดจัด หรือเปรี้ยวจัด ดินกรดจัดหรือดินกรดกำมะถัน ไร่ว่า acid sulfate soil ที่เรียกว่าดินเปรี้ยวนั้นเพราะว่าดินมีกรด sulfuric สะสมอยู่ ซึ่งกรดที่ว่านี้มี รสเปรี้ยว แล้วสาเหตุที่ดินเปรี้ยวก็เพราะกรด พืชที่ปลูกบนพื้นที่ดินเปรี้ยวจะมีการเจริญเติบโตช้า สภาพต้นจะเตี้ยแคระแกร็น ใบไหม้ ไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย ผลผลิตถดถอยอ่อนแอต่อโรคและ แมลงสภาพดินโดยรวมจะแน่นแข็งเนื่องจากโครงสร้างทางด้านระบบนิเวศน์ไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโต ของจุลินทรีย์ขาดสิ่งมีชีวิตเข้ามาทำกิจกรรมหมุนเวียน ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตแบบแร้นแค้น

สาเหตุของการเกิดดินเปรี้ยว

ดินเปรี้ยวเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำกร่อยซึ่งเป็นบริเวณที่เคยได้รับอิทธิพลจากน้ำ ทะเลท่วมถึงมาก่อน เช่นบริเวณที่เคยเป็นป่าชายเลนและบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำใหญ่ๆ โดยจุลิน ทรีย์ในดินจะเปลี่ยนสารประกอบพวกกำมะถันในน้ำทะเลให้เป็นแร่ไพไรต์ซึ่งเป็นสารประกอบของ เหล็กและกำมะถันสะสมอยู่ในสภาพน้ำขังต่อมาเมื่อฝั่งทะเลยื่นออกไปเรื่อยๆและถ้ามีการระบายน้ำ ออกไปจนทำให้ดินแห้งก็จะเกิด การเปลี่ยนแปลงทางเคมีแร่ไพไรต์จะถูกเปลี่ยนแปลงไปในที่สุดจะได้ กรดกำมะถันซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ดินเป็นกรดจัดและมักจะพบสารประกอบของเหล็กที่สำคัญตัวหนึ่งคือ จาโรไซต์ที่มีสีเหลืองคล้ายฟางข้าวซึ่งเป็นสิ่งที่เราใช้สังเกตลักษณะของดินเปรี้ยว

<http://www.chaipat.or.th/publication/publish-document/tips/36-2015-04-03-10-16-17.html>

คำถาม 10 : ดินเปรี้ยว

คำถามใดต่อไปนี้อยู่เกี่ยวข้องกับดินเปรี้ยวที่ไม่สามารถตรวจสอบได้โดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์

1. สาเหตุการเกิดดินเปรี้ยวคืออะไร
2. ความเข้มข้นของกรด sulfuric มีผลต่อค่า pH หรือไม่
3. พื้นที่ของที่ดินมีผลต่อการเกิดดินเปรี้ยวอย่างไร
4. น้ำทะเลมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดหรือไม่

คำถาม 11 : ดินเปรี้ยว

ชาวสวนได้ทำการทดลองตรวจสอบคุณภาพดินหนึ่งครั้ง โดยเก็บตัวอย่างในสวนมาละลายน้ำ แล้วกรองจากนั้นนำกระดาษลิตมัสมาทดสอบพบว่ากระดาษลิตมัสเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง จึงสรุปผลว่าที่ดินในสวนทั้งหมดเป็นดินเปรี้ยว วิธีทดลองของชาวสวนนี้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

คำถาม 12 : ดินเปรี้ยว

ในระหว่างทำการทดลองตรวจสอบสภาพดินเปรี้ยวมีนักเรียนคนหนึ่งได้ทดลองวัดค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส โดยทำการทดลองสามครั้งและในแต่ละการทดลองใช้ปริมาณของดินเท่ากัน จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมนักเรียนคนนี้จึงทำการทดลองสามครั้งและใช้ปริมาณดินเท่ากันทุกการทดลอง การกระทำนี้มีความสำคัญหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 5 พืช “น้ำส้มสายชูปลอม” สะสม อันตรายถึงตาย!

“น้ำส้มสายชู” เครื่องปรุงที่สร้างรสเปรี้ยวให้อาหารหลากหลายชนิด เช่น ก๋วยเตี๋ยวราดหน้า ผสมในน้ำจิ้มต่างๆ และเพราะน้ำส้มสายชูที่ขายในตลาดนั้นมีหลายประเภท หากเลือกซื้ออย่างไม่ระวัง อาจเป็น **น้ำส้มสายชูเทียม** คือ น้ำส้มสายชูที่นำกรดน้ำส้ม (Acetic Acid) กรดอินทรีย์มีฤทธิ์กรดอ่อน ความเข้มข้น 95% มาเจือจางจนได้ปริมาณกรด 4-7% ซึ่งหากรับประทานเข้าไปอาจเป็นอันตรายต่อร่างกายถึงขั้นท้องร่วงอย่างรุนแรงได้ นอกจากนี้ยังพบการนำกรดแอมโมเนียมบางชนิด เช่น กรดกำมะถันหรือกรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็นกรดแก่มาเจือจางด้วยน้ำมากๆ แล้วบรรจุขวดขาย เป็นกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรง จึงอันตรายต่อระบบทางเดินอาหาร และตับ

จากข้อมูลดังกล่าว บอลและบีได้ทำการไทเทรตหาปริมาณกรดน้ำส้มของตัวอย่างจากร้านก๋วยเตี๋ยวในโรงอาหารของโรงเรียน โดยนำตัวอย่างน้ำส้มมา 2 mL เติมน้ำกลั่น 25 mL แล้วหยด phenolphthalein 2-3 หยด จากนั้นนำไปไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 M จนได้สีชมพูจางๆ อย่างถาวร



คำถาม 13 : พืช “น้ำส้มสายชูปลอม” สะสม อันตรายถึงตาย!

จากสถานการณ์ พืช “น้ำส้มสายชูปลอม” สะสม อันตรายถึงตาย! ที่กล่าวมาข้างต้น บอลและบี พยายามหาคำตอบของคำถามข้อใดต่อไปนี้

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้อง

ในการไทเทรตเพื่อหาปริมาณ 10 mL ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ
 10 mL โดยใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้หรือไม่
 เลือก

1. phenolphthalein
2. Acetic Acid
3. NaOH 0.1 M

คำถาม 14 : พืช “น้ำส้มสายชูปลอม” สะสม อันตรายถึงตาย!

บอลและบีได้ทำการทดลองโดยนำน้ำส้มสายชูจากร้านก๋วยเตี๋ยว A และ B ในโรงอาหารของโรงเรียนมาทำการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 M แล้วคำนวณหาร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูตัวอย่าง บอลและบีกำลังพยายามหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องใด

.....

.....

.....

.....

คำถาม 15 : พืช “น้ำส้มสายชูปลอม” สะสม อันตรายถึงตาย!

ในการไทเทรตหาปริมาณ Acetic Acid ทำให้ต้องทำการทดลอง 3 ครั้ง และควบคุมปริมาตรของน้ำส้มสายชู จำนวนหยดของ phenolphthalein ให้มีสัดส่วนเท่ากัน

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดหรือไม่ โดยให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

- | | |
|-----------|------------------------------------|
| 5 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด |
| 4 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก |
| 3 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง |
| 2 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย |
| 1 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด |

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน					
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะและกระบวนการได้อย่างชัดเจน					
1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน					
1.5 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบ					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
2. กิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา					
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง					
2.5 ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้					
3. สื่อการจัดการเรียนรู้					
3.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
3.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน					
3.5 สื่อการจัดการเรียนรู้ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
4. การวัดและประเมินผล					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด					
4.3 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและเหมาะสม					

ความคิดเห็นและขอเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

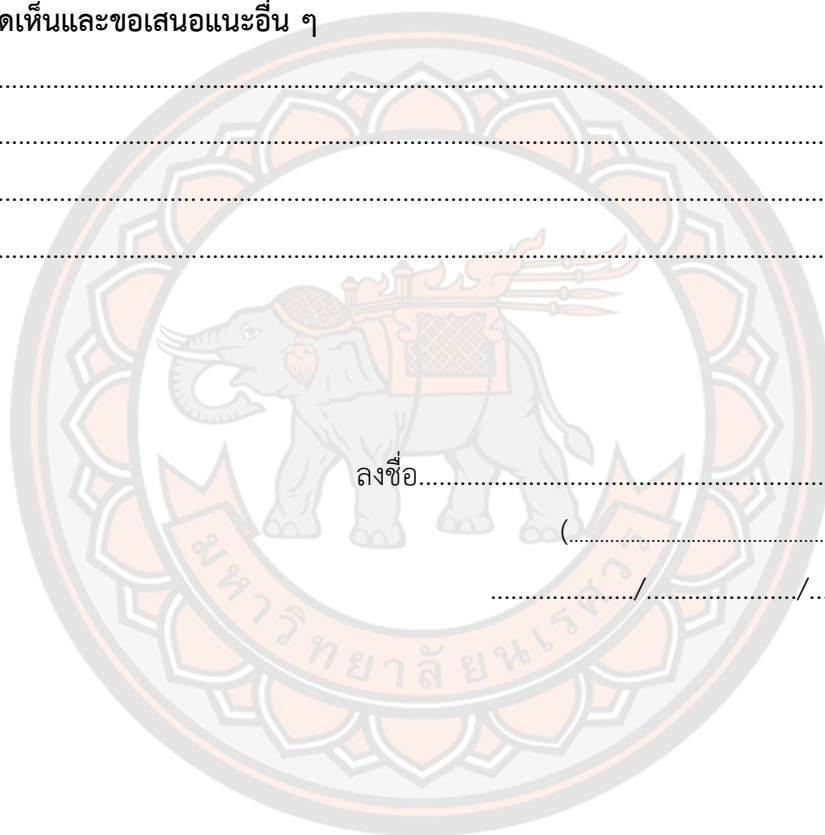
.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....



ภาคผนวก ง

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสม

แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กิจกรรม ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(X̄)	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่าง ชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะและ กระบวนการได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอันพึง ประสงค์ได้อย่างชัดเจน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
1.5 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัด สมรรถนะการประเมินและออกแบบ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้						
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตาม ขั้นตอนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(X̄)	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
2.5 ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3. สื่อการจัดการเรียนรู้						
3.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
3.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
3.5 สื่อการจัดการเรียนรู้ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	4.33	0.58	มากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล						
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมี	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(\bar{X})	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
ความเหมาะสมต่อวิธีการวัด						
4.3 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและเหมาะสม	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด

สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กิจกรรม ฝ่าวิกฤตน้ำเน่าเสีย พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้

ตาราง 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสม

แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิบัติการของกรดและเบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กิจกรรม รู้ทันปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(\bar{X})	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผล การเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่าง ชัดเจน	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะและ กระบวนการได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอันพึง ประสงค์ได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.5 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(X̄)	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบ เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
2. กิจกรรมการเรียนรู้						
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอน จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วย ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทาง วิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมิน และออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	5	4	4	4.33	0.58	มากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2.5 ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
3. สื่อการจัดการเรียนรู้						
3.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วย ส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การ เรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วย ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทาง วิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมิน และออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
3.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม ต่อผู้เรียน	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
3.5 สื่อการจัดการเรียนรู้ครอบคลุม	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(\bar{X})	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบ เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
4. การวัดและประเมินผล						
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมี ความเหมาะสมต่อวิธีการวัด	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
4.3 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและ เหมาะสม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด

สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาของกรดและเบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กิจกรรม รู้ทัน
ปลอดภัย ใส่ใจสารตกค้าง พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดถือว่า
แผนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้

ตาราง 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสม

แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กิจกรรม กำจัด
ความกระด้าง

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(\bar{X})	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผล การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้อย่างชัดเจน	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึง พฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะและ	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(\bar{X})	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
กระบวนการได้อย่างชัดเจน						
1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
1.5 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
2. กิจกรรมการเรียนรู้						
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
2.5 ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. สื่อการจัดการเรียนรู้						
3.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะการประเมิน	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ			(\bar{X})	(S.D.)	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					
	1	2	3			
และออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์						
3.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม ต่อผู้เรียน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.5 สื่อการจัดการเรียนรู้ครอบคลุม สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และการวัดสมรรถนะ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบ เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	4.33	0.58	มากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล						
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มากที่สุด
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมี ความเหมาะสมต่อวิธีการวัด	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
4.3 เกณฑ์การประเมินผลชัดเจนและ เหมาะสม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด

สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กำจัดความ
กระต้าง พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดถือว่าแผนการจัดการ
เรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้

ภาคผนวก จ

ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สรุทธนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดสมรรถนะ

ตาราง 24 แสดงผลการผลการประเมินความสอดคล้อง

แสดงผลการผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สรุทธนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดสมรรถนะ

รายการประเมิน	แบบทดสอบวัดสมรรถนะ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการพิจารณา
		1	2	3		
1. ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	ข้อคำถามที่ 8	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 10	+1	-1	+1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 17	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 18	+1	0	+1	0.66	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 11	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ข้อคำถามที่ 9	+1	-1	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 20	+1	0	0	0.33	ไม่สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 25	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. เสนอวิธีการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	ข้อคำถามที่ 19	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 6	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 12	+1	+1	0	0.66	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 15	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 3	+1	-1	+1	0.33	ไม่สอดคล้อง
4. ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้	ข้อคำถามที่ 16	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 22	+1	+1	-1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 24	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 13	+1	0	0	0.33	ไม่สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 4	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
5. บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึง	ข้อคำถามที่ 7	-1	0	+1	0.00	ไม่สอดคล้อง
	ข้อคำถามที่ 23	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง

รายการประเมิน	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญคนที่	คะแนนของ			IOC	ผลการพิจารณา
		1	2	3		
ตัวบ่งชี้สมรรถนะ	แบบทดสอบวัดสมรรถนะ					
ความน่าเชื่อถือของข้อมูล ความเป็น	ข้อคำถามที่ 5	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
เป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจาก	ข้อคำถามที่ 21	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
คำอธิบาย	ข้อคำถามที่ 14	+1	+1	-1	0.33	ไม่สอดคล้อง

สรุปผลการผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดสมรรถนะของนักเรียน เรื่อง กรดเบส พบว่า มีข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องสูงกว่า 0.5 จำนวน 17 ข้อ และมีข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จำนวน 8 ข้อ



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	ธีระสิทธิ์ ดิสกุล
วัน เดือน ปี เกิด	6 มกราคม 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน	35/4 หมู่ที่ 4 ตำบลท่าไม้ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนเรืองวิทย์พิทยาคม หมู่ที่ 1 ตำบลวังควง อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประสบการณ์การทำงาน	ครู โรงเรียนเรืองวิทย์พิทยาคม
ประวัติการศึกษา	2557 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร 2565 การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร

