

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



ปริญญานิพนธ์
ของ
อนงค์นาฏ ครุณรัมย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

กรกฎาคม 2561

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



ปริญญานิพนธ์
ของ
อนงค์นาฏ ครุณรัมย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุชะฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

กรกฎาคม 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กรกฎาคม 2561

อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์. (2561). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.พินิจ ขาววงษ์, ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ,
รองศาสตราจารย์ ชีรวัฒน์ ประกอบผล.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อกำหนดคุณลักษณะ พฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม 2) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม 3) เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มที่มีต่อคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 4) เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 5) เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 41 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบประเมิน นิยาม คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที สำหรับกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Repeated Measure ANOVA) และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า 1) จิตนิสัยทางสะเต็มที่กำหนดขึ้นประกอบด้วย 6 คุณลักษณะ 27 พฤติกรรมบ่งชี้ ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับเห็นด้วยขึ้นไป 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 3) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น สามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มได้ โดยหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของจิตนิสัยทางสะเต็มสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 5) แนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย การยกสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การใช้ใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารแนวคิด/อธิบายแนวทางการแก้ปัญหา นำเสนอผลงานและเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสม และการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับฟังข้อเสนอแนะ/ข้อคิดเห็นจากบุคคลอื่น

DEVELOPMENT OF THE STEM LEARNING MODEL TO ENHANCE
THE STEM HABITS OF MIND AMONG SEVENTH GRADE STUDENTS



AN ABSTRACT
BY
ANONGNAT KARUNRAM

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Doctor of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

July 2018

Anongnat Karunram. (2018). *Development of the STEM Learning Model to Enhance the STEM Habits of Mind among Seventh Grade Students*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
Advisor Committee: Dr. Pinit Khumwong, Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Assoc. Prof. Teerawat Prakobpol.

The purposes of this research were as follows: 1) to identify the characteristics and indicators of STEM habits of mind; 2) to develop a STEM education learning model to enhance STEM habits of mind; 3) to investigate the effects of the proposed learning model on the characteristics of STEM habits of mind of seventh grade students; 4) to investigate the effects of the proposed learning model on the science learning achievement of seventh grade students; and 5) to explore best practices of teacher using the proposed learning model. The study group of this study consisted of forty-one seventh grade students from a large school under the Secondary Educational Service Area, Office Thirty-Two in the 2017 academic year. The instruments used to collect data were an evaluation form for the characteristics and indicators of STEM habits of mind, the STEM habits of mind evaluation form, achievement test, interview form and teaching observation form. The data were analyzed in terms of mean, standard deviation, a t-test for dependent sample, repeated measure ANOVA and content analysis. The results were as follows: 1) STEM habits of mind consisted of six characteristics and twenty-seven indicators. An evaluation by experts showed that all of the characteristics and indicators were at lowest level of agreement. 2) The STEM education learning model was designed to enhance STEM habits of mind on seventh grade students consisting of six stages. The IOC ranged between 0.67-1.00. 3) The learning model was able to enhance STEM habits of mind. The mean scores of the STEM habits of mind after learning model implementation were significantly higher than before implementation at a level of .05. 4) The learning achievement after learning and model implementation was significantly higher than before implementation at a level of .05. 5) The best practices were using situation or problems related to real life to engage learning, emphasizing working in groups and the active learning method, using activity worksheets that incorporate the problem solving process, giving students the opportunity to explain and present ideas and used appropriate presentation strategies and giving students the opportunity to receive feedback from fellow students.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ของ

อนงค์นาฏ ครุณรัมย์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุขฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์จักรชัย เอกปัญญาสกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2561

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์)

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โชคชัย ยืนยง)

.....ที่ปรึกษาร่วม
(ว่าที่ร้อยตรี ดร. มนัส บุญประกอบ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์)

.....ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ชีรวัฒน์ ประกอบผล)

.....กรรมการ
(ว่าที่ร้อยตรี ดร. มนัส บุญประกอบ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชีรวัฒน์ ประกอบผล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณา และเมตตา จาก อาจารย์ ดร.พินิจ ขาววงษ์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ ข้าราชการบำนาญ สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และรองศาสตราจารย์ ชีรวัฒน์ ประกอบผล ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาและการแนะนำต่าง ๆ ในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความกรุณารับเป็นกรรมการสอบปากเปล่า พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ความช่วยเหลือแนะนำแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาประเมินเครื่องมือวิจัยต่าง ๆ ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองตลุงพิทยาสรรพ์ คณะครู และนักเรียนโรงเรียนเมืองตลุงพิทยาสรรพ์ที่อนุญาตให้ทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ขอขอบคุณ ครูสมเจตน์ อรุณศิลป์ ในการร่วมสังเกตการสอน ครูภาณุรัตน์ นุธรรมรัมย์ ครูกาญจนา แซ่เทียน ครูปิยวรรณ หลอมประโคน ครูศิริพร จันทสอน ครูสุพัฒน์ เขาน้อยและครอบครัว ที่ให้ความอนุเคราะห์ระหว่างทำการวิจัย ขอขอบใจนางสาววาสนา แก่ประโคน ในการร่วมเก็บข้อมูล และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/9 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการมุนินทร์ หลอมประโคน ที่อนุญาตให้ลาศึกษาต่อ และขอขอบคุณ พี่ๆ น้อง ๆ ร่วมรุ่น ขอขอบคุณ ดร.ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัว ครูศิริดา วรรณโพธิ์กลาง และครอบครัว ครูสุภาวดี ปฐมพุทธิธรรมและครอบครัว ที่เป็นกำลังใจอันสำคัญยิ่งและให้การสนับสนุนจนกระทั่งผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่ บิดา มารดา ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านตามที่กล่าวมา

อนงค์นาฏ ครุณรัมย์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามการวิจัย.....	4
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
สมมติฐานการวิจัย.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
สะเต็มศึกษา.....	10
ที่มาของสะเต็มศึกษา.....	10
ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	11
หลักการ แนวคิด ทฤษฎีการศึกษาที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	12
การนำสะเต็มศึกษามาใช้ในประเทศไทย.....	32
เป้าประสงค์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	35
รูปแบบการจัดกิจกรรมที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา.....	37
แนวทางการวัดผลและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา.....	48
จิตนิสัยทั่วไป.....	50
ความหมายของจิตนิสัยทั่วไป.....	50
องค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป.....	51
การประเมินจิตนิสัยทั่วไป.....	59

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
จิตนิสัยทางสะเต็ม.....	63
ภูมิหลัง.....	63
การสังเคราะห์จิตนิสัยทางสะเต็ม.....	68
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัย ทางสะเต็ม.....	72
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	83
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	83
การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.....	83
หลักการและขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบการวัดผลทางการเรียน วิทยาศาสตร์.....	85
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	89
การพัฒนาความหมายและองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	91
การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริม จิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.....	92
การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัย ทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ไปใช้จริง และประเมินผล.....	95
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	95
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	104
การจัดกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล.....	109
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	111
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	115
คุณลักษณะ พฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	116
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	124
ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.....	128

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
แนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	149
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	163
คำถามการวิจัย.....	163
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	163
สมมติฐานการวิจัย.....	164
วิธีดำเนินการวิจัย.....	164
สรุปผล.....	168
อภิปรายผล.....	172
ข้อเสนอแนะ.....	191
บรรณานุกรม.....	193
ภาคผนวก.....	206
ภาคผนวก ก.....	207
ภาคผนวก ข.....	210
ภาคผนวก ค.....	232
ภาคผนวก ง.....	246
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	266

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E.....	40
2 การวิเคราะห์แนวทางในการจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และ การจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา.....	43
3 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	45
4 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในมิติการพัฒนาจิตนิสัยทั่วไป.....	56
5 ตัวอย่างแบบประเมินตนเองในการวัดคุณลักษณะจิตนิสัย.....	59
6 ตัวอย่างรูปรีดส์ที่ใช้สำหรับประเมินความมุ่งมั่น.....	60
7 ตัวอย่างรูปรีดส์ที่ใช้สำหรับประเมินการควบคุมความหุนหัน.....	60
8 ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมความก้าวหน้าของทักษะการคิด.....	61
9 แสดงความสัมพันธ์ของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์.....	69
10 แสดงการจัดกลุ่ม จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind).....	70
11 แนวทางการออกแบบในการจัดการเรียนรู้.....	77
12 แบบแผนการวิจัย แบบอนุกรมเวลา.....	104
13 แบบแผนการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง.....	105
14 การดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้.....	106
15 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม ความสนใจใฝ่รู้.....	117
16 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม ความละเอียดรอบคอบในการ ตัดสินใจ.....	118
17 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม การคิดแบบบูรณาการ.....	119
18 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม การยอมรับในเหตุและผล.....	120
19 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม ความสามารถในการสื่อสาร.....	121
20 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม การสร้างนวัตกรรม.....	122
21 ผลดัชนีความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มอภิปรายผล.....	126

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
22 แสดงจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3.....	129
23 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 (n=41).....	131
24 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ของคะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 (n=41)	132
25 แสดงความถี่ของจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ปรากฏในระหว่างการจัดการ เรียน.....	133
26 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริม จิตนิสัยทางสะเต็ม.....	147
27 แสดงจิตนิสัยทางสะเต็มและพฤติกรรมบ่งชี้.....	168
28 ผลการประเมินความคิดเห็นคุณลักษณะ พฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	211
29 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	216
30 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	218
31 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	220
32 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	227
33 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 30 ข้อ.....	229
34 ผลการประเมินความสอดคล้องแบบสัมภาษณ์นักเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	231

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
2 แสดงระดับการบูรณาการที่เพิ่มขึ้นสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง แนวทางสะเต็มศึกษา.....	31
3 กรอบแนวคิดในการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	74
4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม...	75
5 แผนการดำเนินการวิจัย.....	90
6 ลำดับขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้.....	97
7 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	99
8 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	101
9 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียน.....	102
10 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย.....	103
11 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	108
12 องค์ประกอบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัยการเรียนรู้ และจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	123
13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3.....	130
14 แสดงภาพร่างแนวคิด การสร้างเครื่องมือเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ.....	142
15 แสดงภาพร่างแนวคิด อุปกรณ์สำหรับต้มไข่.....	142
16 แสดงภาพอุปกรณ์สำหรับต้มไข่ที่มีการปรับปรุง.....	143
17 แสดงแผนผังความคิด เรื่อง การทำไอศกรีม.....	145
18 แสดงภาพแผนผังความคิด เรื่อง อุปกรณ์สำหรับต้มไข่.....	146
19 กราฟแสดงความถี่ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน.....	148
20 ไบบันที่ผลการทดลอง เรื่อง ร้อน หรือเย็น.....	158
21 ไบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5.....	160
22 แผนผังแนวคิดประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6.....	161
23 การปรับปรุง แก้ว การสร้างกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	162
24 องค์ประกอบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัยการเรียนรู้และจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	179

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

สังคมโลกปัจจุบันมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะเทคโนโลยีการสื่อสารก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่มีข้อมูลข่าวสารจำนวนมากอยู่ในแหล่งต่าง ๆ และมีส่วนช่วยให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงการแข่งขันกันเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจ การค้า โดยที่วิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีส่วนช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมมีความเจริญก้าวหน้า ส่งผลให้ทุกประเทศต้องเร่งพัฒนาประชากรของตนให้มีคุณภาพสูงขึ้น เพื่อให้สามารถดำรงชีวิต และแข่งขันในตลาดแรงงานกับนานาประเทศได้ โดยหนังสือ 21st Century Skill: Learning for Life in our Times ได้ระบุว่านักเรียนในศตวรรษที่ 21 ต้องมีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อดัดแปลงสิ่งต่าง ๆ ให้ตรงตามความต้องการ สามารถตรวจสอบหาความจริง สามารถปรับตัว และทำงานร่วมกับบุคคลอื่น สามารถสื่อสาร ค้นคว้า หาข้อมูล เพื่อตอบคำถามได้อย่างรวดเร็ว และสามารถสร้างนวัตกรรม ที่จำเป็นในชีวิตประจำวันได้ (วิจารณ์ พานิช. 2555: 3) นักเรียนจึงต้องมีทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต มีทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดี เพื่อการติดต่อสื่อสารกับเครื่องมือที่หลากหลายรูปแบบ สามารถสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสื่อสารอย่างสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี (ประสาธน์ เจริญ. 2557: 1-2) เราจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมนักเรียนให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง และพร้อมในการที่จะเผชิญกับสภาพสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีในอนาคตได้

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางสังคม ย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านการศึกษาด้วย โดยการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรเป็นหลักสูตรเชิงสหวิทยาการ (Interdisciplinary) มีการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ เกี่ยวกับประเด็นในโลกที่เป็นจริงพร้อมทั้งสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2556: 3) ซึ่งในการจัดการศึกษาที่ได้ให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เป็นการบูรณาการ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนในทุกระดับชั้น เพื่อพัฒนานักเรียนทางด้านกระบวนการคิด และการแก้ปัญหาสามารถเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำไปใช้แก้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตจริง (มนตรี จุฬาวรรณ. 2556: 9; พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. 2556: 50; ศานิกานต์ เสนิงค์. 2556: 30; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2556: 3; กฤษณา ชูสินธุ์. 2557: 37; Labov; & Yamamoto. 2010: 10; Gonzalez; & Kuenzi. 2012: 38; Lowery; Dukes; & O' Malley. 2012: Online; Roberts. 2013: 22-27) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ศึกษา จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ และสมรรถนะที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม ในปัจจุบัน และความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21

สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันของประเทศไทยที่กำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่สำคัญได้แก่ 1) ความรู้ และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติ เช่น เกาหลี สิงคโปร์ และจีน ซึ่งจากผลการทดสอบความรู้ และทักษะ ด้านการอ่าน วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดย โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) และโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยเทียบกับนานาชาติ (Trend in International Mathematics and Science Study: TIMSS) ยังต่ำกว่าอีกหลายประเทศ มีสาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำ แต่ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์ 2) ประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ซึ่งหมายถึง ประเทศที่อาศัยค่าแรงราคาถูก และทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศ การที่ประเทศไทยจะยกระดับรายได้ให้สูงขึ้นอีก สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้นำเสนอยุทธศาสตร์ประเทศ (Country Strategy) ว่าจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะในการสร้างนวัตกรรม ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนยุคใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา และ 3) กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต เนื่องจากนักเรียนสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลง ทำให้ต้องการกำลังคนที่มีความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เหมาะสม (มนตรี จุฬาวรรณทล. 2556: 8-9) ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นแบบ สะเต็มศึกษา เนื่องจาก นักการศึกษา พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียน 1) เป็นผู้รู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM Literacy) สามารถค้นคว้ารวบรวมข้อมูล บูรณาการความรู้ ทักษะการทำงานกลุ่ม และทักษะการสื่อสารเข้าด้วยกันในการแก้ปัญหา และประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ (Bybee. 2010: 31; 2013: 5; Johnson. 2013: 367) 2) เป็นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ คือ สามารถสร้างสรรค์โดยใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นหลักในการประยุกต์ไปสู่การออกแบบระบบทางวิศวกรรมศาสตร์ และความสามารถในการประดิษฐ์ คือ รู้ความต้องการของสังคม ทำการทดลอง และออกแบบอย่างสร้างสรรค์ ด้วยการบูรณาการทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อนำไปสู่การนำไปใช้จริง และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ (Morrison. 2006: Online) 3) มีความสนใจ และการประกอบอาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น (Johnson. 2013: 367) นอกจากนี้ ยังจะทำให้นักเรียน มีความเชื่อมั่นในตนเอง คือ สามารถที่จะสร้างแรงกระตุ้นในการพัฒนาตนเอง มีแรงจูงใจในการพัฒนาความรู้ และเพิ่มความเชื่อมั่นในตนเองในการทำงาน มีความคิดอย่างมีเหตุผล คือ สามารถเข้าใจเหตุผล และตรรกะผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมต่าง ๆ ได้ มีความรู้ทางเทคโนโลยี คือ มีความเข้าใจ และสามารถอธิบาย

ธรรมชาติของเทคโนโลยี การพัฒนาทักษะที่จำเป็น และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม (Morrison. 2006: Online)

การจัดการเรียนรู้ไม่ใช่แค่การพัฒนาความรู้เพียงอย่างเดียว แต่ต้องพัฒนาจิตนิสัย (Habits of Mind) ด้วย ซึ่งจิตนิสัย หมายถึง คุณลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถในการใช้ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัย ส่งผลต่อการตัดสินใจ และการแก้ปัญหาในการทำงาน ทำให้สามารถเผชิญกับปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถรู้คำตอบได้ในทันทีอย่างมีประสิทธิภาพ (แม้นมาศ สีสัตยกุล. 2545: 19; บริบูรณ์สุข บัญชรเทวกุล; และคนอื่น ๆ. 2547: 51-53; Marzano. 1992: 131-134; Resnick. 1999: 38-40; Costa. 2000: 21) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงควรมีการส่งเสริมให้นักเรียนมีจิตนิสัย เนื่องจากจิตนิสัยเป็นสิ่งที่แสดงถึงอัจฉริยภาพของบุคคล ซึ่งนอกจากจะมีทักษะทางด้านความคิด ความเข้าใจ แล้วยังสามารถเชื่อมโยงไปยัง เจตคติ นิสัย และพฤติกรรมที่ให้นักเรียนได้แสดงออกมา (Tishman. 2000: 50) และยังมีคุณลักษณะเฉพาะที่เน้นไปถึง การพัฒนาส่งเสริมความคิดวิจารณ์ญาณ (Critical Thinking) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) และการกำกับดูแลความคิดของตนเอง (Self-Regulation Thinking) (Marzano. 1992: 131-139; Tishman. 2000: 51) รวมทั้งในบริบทของการเรียนรู้ ภายในกลุ่มสาระ ข้ามกลุ่มสาระ และการเรียนรู้นอกโรงเรียน (Tishman. 2000: 51) ดังที่ คอสตา (Costa. 2008: 16-17) กล่าวว่า จิตนิสัยเป็นผลการเรียนรู้ที่จะทำให้นักเรียน มีคุณลักษณะสำคัญที่มีรูปแบบของพฤติกรรมที่ชาญฉลาดไม่เพียงมีความรู้ หรือข้อมูลข่าวสารแต่ยังต้องรู้วิธีที่จะจัดการหรือตอบสนองต่อข้อมูลนั้น ซึ่งจิตนิสัย มีอิทธิพลอย่างสูงต่อแนวคิด การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาในการทำงาน (บริบูรณ์สุข บัญชรเทวกุล; และคนอื่น ๆ. 2547: 52) จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องส่งเสริม และพัฒนาจิตนิสัยให้เกิดขึ้นในสมาชิกของสังคมที่ต้องการการอยู่อย่างสร้างสรรค์ และเรียนรู้ตลอดเวลา

จากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา นั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ให้ความสำคัญในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes) หรือ จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind) (The American Association for The Advancement of Science: AAAS. 1990: 183) แต่เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นฐานในการพัฒนาประเทศ และได้ตระหนักถึงความสำคัญของ สะเต็มศึกษา โดยได้กำหนดให้เป็นโครงการสำคัญ ด้านหลักสูตรและกระบวนการจัดการเรียนรู้ ตามจุดเน้นยุทธศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อให้เป็นนวัตกรรมจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี สำหรับสร้างคนไทยรุ่นใหม่ และสามารถรองรับการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของประเทศได้ อย่างเหมาะสมจึงได้มีนโยบายการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในสถานศึกษาขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ. 2559: ออนไลน์) ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็น การบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จึงควรสนับสนุน และส่งเสริมให้นักเรียนเกิดจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งเป็น คุณลักษณะที่นักเรียนใช้ความคิดในการทำงาน โดยการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนได้รับการพัฒนา และส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่จะช่วยสนับสนุน ให้ นักเรียนสามารถนำมาใช้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำถามการวิจัย

1. คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม เป็นอย่างไร
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ควรจะมีรูปแบบอย่างไร
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะสามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร
4. แนวทางในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มเป็นอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ดังนี้

1. เพื่อกำหนดคุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม
3. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มที่มีต่อคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
4. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
5. เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่า

1. ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการและแนวคิดพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาบูรณาการในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี

2. ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาให้เกิดคุณลักษณะจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ใช้ความคิดในการทำงาน โดยการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

3. ได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

เนื้อหาในการวิจัย

เนื้อหาการวิจัยในครั้งนี้คือ เนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ซึ่งเป็นเนื้อหาในหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา จำนวน 21 ชั่วโมง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรในการศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 9 ห้อง รวม 360 คน

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกกลุ่มเป้าหมายโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน เหตุผลที่เลือก 1) กลุ่มเป้าหมายเป็นห้องเรียนที่ละความสามารถ 2) เป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ในการจัดการเรียนรู้ 3) จากประสบการณ์การสอน พบว่า กลุ่มเป้าหมายเป็นห้องเรียนที่นักเรียนให้ความร่วมมือ และมีความตั้งใจ ในการเรียนการสอน ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าจะทำให้ได้ผลการศึกษาที่เป็นจริงที่เกิดจากการเรียนรู้ของนักเรียน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตัวแปรตาม คือ

- 1) จิตนิสัยทางสะเต็ม
- 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
- 3) แนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ระยะที่ 1 การพัฒนาความหมายและองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม ในช่วงเดือน มกราคม - กันยายน พ.ศ. 2558

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 - กรกฎาคม พ.ศ. 2559

ระยะที่ 3 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ไปใช้จริง และประเมินผล ในช่วงเดือนพฤษภาคม - กันยายน พ.ศ. 2560 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งผู้วิจัยจะเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม คือ ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดยการบูรณาการการสืบเสาะหาความรู้ แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กับแนวคิดของมิติของการพัฒนาจิตนิสัย โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน กระตุ้นให้นักเรียน สำรวจ สืบค้น โดยใช้หลักฐานสร้างข้อสรุป และนำไปใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา มีการประเมินผลการเรียนรู้ กระบวนการแก้ปัญหาและการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา ที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งครูมีการให้คำแนะนำ โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาอย่างละเอียดทีละประเด็น นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความสนใจใฝ่รู้ โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

2) ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่มีการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อหาประจักษ์พยาน และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานนั้น เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวางกรอบแนวคิดในการดำเนินการค้นหา จัดระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ โดยครูมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบาย ค้นหาแนวทาง หรือยุทธวิธีที่ใช้ นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

3) ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่นำหลักฐานที่ค้นพบมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบายแนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ที่ได้ เพื่อให้นักเรียนได้มีการอธิบาย อภิปราย และลงข้อสรุป โดยครูเปิดโอกาสและคอยอำนวยความสะดวกให้นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็น นำเสนอแนวคิด นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความสามารถในการสื่อสาร โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

4) **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้สถานการณ์ใหม่ เพื่อให้นักเรียนได้ ร่วมกันวิเคราะห์ และกำหนดทางเลือกแนวทางแก้ปัญหา การออกแบบ การเลือกวัสดุ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม มีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยครูเปิดโอกาส และอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนได้มีการต่อยอดความรู้ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และวิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงานหรือชิ้นงาน นำความรู้ที่เกี่ยวข้องไปสู่งานอาชีพ นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการสร้างนวัตกรรม โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

5) **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นขั้นที่ประเมินการเรียนรู้ และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนมีการตรวจสอบ ปรับปรุงแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการสะท้อนความคิดเห็นต่อคำตอบ การตรวจสอบชิ้นงานของเพื่อนร่วมชั้น โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทางในการประเมินผลความสำเร็จของชิ้นงาน นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการยอมรับในเหตุและผล และการสร้างนวัตกรรม โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

6) **ขั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind)** เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความหมายและคุณค่าของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้เกิดการยอมรับ และเห็นประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม นำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่แฝงอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เมื่อมีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดยกระบวนการดังกล่าวนี้ในช่วงแรกครูจะต้องชี้แนะ ให้คำแนะนำ อธิบายเพื่อยกตัวอย่างพฤติกรรมที่สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มให้นักเรียนได้รู้จัก และหลังจากนั้นครูจะลดบทบาทการให้คำชี้แนะ คำแนะนำ โดยให้นักเรียนได้สะท้อน จิตนิสัยทางสะเต็มด้วยตนเองมากขึ้น

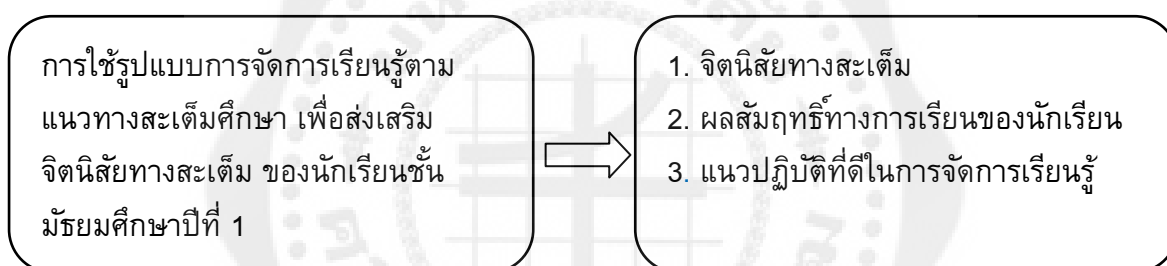
2. จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind) คือ คุณลักษณะการคิดของนักเรียน ที่เน้นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม และแบบสัมภาษณ์นักเรียน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ คะแนนจากการทดสอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 วัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน

4. แนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้ คือ พฤติกรรม กลยุทธ์ กลวิธีที่ครูนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถกระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของสุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2558: 16) และ Maryland State Department Education (2015: Online) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการเชื่อมโยงความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน มาผสมผสานกับแนวคิดของมิติของการพัฒนาจิตนิสัย ของ เอนเดอร์สัน คอสตา และ คอลลิค (Anderson; Costa; & Kallick. 2008: 60-62) ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยให้ครูสามารถพัฒนาจิตนิสัยให้เกิดขึ้นกับนักเรียนได้ ประกอบด้วย 5 มิติ คือ 1) การค้นหาความหมาย (Exploring Meaning) 2) การพัฒนาความสามารถ (Expanding Capacities) 3) การสร้างความตื่นรู้ (Increasing Alertness) 4) การเพิ่มคุณค่า (Extending Values) และ 5) การสร้างความยึดมั่น (Building Commitment) โดยมีความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะของพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็มสูงขึ้น
2. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้นำเสนอไว้ตามลำดับ ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. สะเต็มศึกษา

1.1 ที่มาของสะเต็มศึกษา

1.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.3 หลักการ แนวคิด ทฤษฎีการศึกษาที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.3.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism Theory)

1.3.2 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism Theory)

1.3.3 การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ (Integrated Learning Management)

1.4 การนำสะเต็มศึกษามาใช้ในประเทศไทย

1.5 เป้าประสงค์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.6 รูปแบบการจัดกิจกรรมที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.7 แนวทางการวัดผลและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. จิตนิสัย

2.1 จิตนิสัยทั่วไป

2.1.1 ความหมายของจิตนิสัยทั่วไป

2.1.2 องค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป

2.1.3 มิติของการพัฒนาจิตนิสัยทั่วไป

2.1.4 การประเมินจิตนิสัยทั่วไป

2.2 จิตนิสัยทางสะเต็ม

2.2.1 ภูมิหลัง

2.2.1.1 จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์

2.2.1.2 จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์

2.2.1.3 จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

2.2.2 การสังเคราะห์จิตนิสัยทางสะเต็ม

2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

3.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

3.3 หลักการและขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลทางการเรียนวิทยาศาสตร์

แต่ละหัวข้อข้างต้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สะเต็มศึกษา (STEM Education)

1.1 ที่มาของสะเต็มศึกษา

จุดเริ่มต้นของสะเต็มศึกษา เกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1980 โดยประเทศสหรัฐอเมริกา ต้องการให้นักเรียนมีความเข้มแข็งในวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science, AAAS) ได้สร้างโครงการ 2061 ขึ้นมาในปี ค.ศ.1985 เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนอเมริกัน เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ต่อมาในปี ค.ศ.1989 ได้จัดพิมพ์หนังสือ Science for all Americans เพื่อส่งเสริมการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ จนกระทั่งปี ค.ศ.1990 หน่วยงานในประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้ง National Science Teachers Association (NSTA) และ National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) นักวิจัย ผู้ว่าจ้าง คณะในมหาวิทยาลัย และนักเรียน ต่างเรียกร้องให้มี นวัตกรรมจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และ เทคโนโลยี ซึ่งในยุคนั้น National Science Foundation (NSF) ได้ใช้คำว่า SMET Education จนกระทั่งในปี 2001 Judith A. Ramaley ผู้บริหารของ NSF ได้เปลี่ยนจาก SMET เป็นคำว่า STEM ซึ่งหมายถึง การใช้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์และสารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงทางด้านสังคมศาสตร์ ซึ่งได้แก่ จิตวิทยา เศรษฐศาสตร์ และการเมือง และจากการนำเสนอ สะเต็มศึกษา ของ NSF หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้ตีพิมพ์เอกสาร Rising Above the Gathering Storm ซึ่งได้เน้นให้ผลิตกำลังคน ในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้มีทักษะทางสะเต็มศึกษาเป็นพื้นฐาน โดย 1) ให้เพิ่มขีดความสามารถในการศึกษา วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) มีการเพิ่มขึ้นของการวิจัยในระยะยาวที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจ ความปลอดภัย และคุณภาพชีวิต 3) ให้มีการดึงดูดกำลังคนที่จะกลายเป็นนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรที่เป็นเลิศในประเทศสหรัฐอเมริกา และ 4) การเพิ่มขึ้นของนวัตกรรมสมัยใหม่เพื่อความสำเร็จที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจในศตวรรษที่ 21 (Breiner; et al. 2012: 4) นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว ประเทศอื่น ๆ ต่างก็ตื่นตัว และให้ความสนใจ เช่น จีน อินเดีย เกาหลีใต้ ดังเช่นประเทศเกาหลีใต้ ซึ่งได้พัฒนา Creative STEM เป็นโปรแกรมการเรียนรู้ ที่ผสมผสาน แนวคิดใหม่ ที่เน้นการเรียนรู้ จากประสบการณ์อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งนักเรียน จะได้ทำภาระงานที่หลากหลาย และบูรณาการด้วยการวางแผน และอภิปรายเป็นทีม จะทำให้นักเรียนได้นำไหวพริบ ความฉลาด มาปรับใช้ในการคิดหาคำตอบ และในขั้นตอนการเสริมสร้าง

ประสบการณ์จะเป็นโอกาสให้นักเรียนนำความสามารถที่มีอยู่มาปรับใช้ (สสวท. 2558ข: ออนไลน์) ซึ่งรัฐบาลมีความเชื่อมั่นว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสะเต็มศึกษา นั้นจะเป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาด้านเศรษฐกิจของประเทศ ดังจะเห็นได้จากการ 1) การศึกษาต่อของนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยในวิชาที่เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาที่เพิ่มสูงขึ้น 2) มีโรงเรียนที่มีความเชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว 3) มีการวางแผนระดับชาติในระยะยาวเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนรู้อด้านสะเต็มศึกษา 4) เน้นการสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้เพื่อสร้างการเรียนรู้ตลอดชีวิต และ 5) พัฒนาระบบสารสนเทศ และสื่อต่าง ๆ ที่สนับสนุนการเรียนด้านสะเต็มศึกษา (สุพัตรา พาวีสันต์; และ พลอยมรกต หุ่มเรืองวงษ์. 2558: 48-49)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับที่มาของสะเต็มศึกษา ได้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเพื่อส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับในศตวรรษที่ 21 ดังจะเห็นได้จากประเทศที่เน้นความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี อาทิเช่น จีน อินเดีย ฟินแลนด์ สิงคโปร์ และเกาหลีใต้ ก็ได้ให้ความสำคัญของการจัดการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นบูรณาการ ซึ่งมีได้หลายรูปแบบ เช่น การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2556: 3; สสวท. 2558ก: ออนไลน์) คือ การที่นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิด และทักษะร่วมกันตั้งแต่ 2 สาขาวิชาขึ้นไปโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้เชื่อมโยงให้นักเรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ และความสอดคล้องของแต่ละสาขาวิชา (สสวท. 2558ก: ออนไลน์) รูปแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) (พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. 2556: 50; สสวท. 2558ก: ออนไลน์) เป็นการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกที่เป็นจริง หรือโครงการที่ทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สสวท. 2558ก: ออนไลน์) นอกจากรูปแบบการบูรณาการ ดังกล่าวแล้วยังสามารถอยู่ในรูปแบบของการบูรณาการแบบภายในวิชา (Disciplinary Integration) และแบบ พหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) (สสวท. 2558ก: ออนไลน์; Vasquez; Sneider; & Comer. 2013: 73) เป็นการบูรณาการ ในรายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (มนตรี จุฬาวัดทนท. 2556: 9; ศานิกานต์ เสนิงศ์. 2556: 30; กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. 2557: 37; Labov; & Yamamoto. 2010: 10; Gonzalez; & Kuenzi. 2012: 38; Lowery; Dukes; & O' Malley. 2012: Online; Roberts. 2013: 22-27) ทั้งในส่วนเนื้อหา และทักษะกระบวนการ (มนตรี จุฬาวัดทนท. 2556: 9; Lowery; Dukes; & O' Malley. 2012: Online; Roberts. 2013: 22-27) เน้นให้นักเรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูล และการ

วิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ (มนตรี จุฬารัตนพล. 2556: 9) เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง (ศานิกานต์ เสนิงส์. 2556: 30; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2556: 3; กฤษณา ชูสินคุณาวุฒิ. 2557: 37; Labov; & Yamamoto. 2010: 10; Gonzalez; & Kuenzi. 2012: 38; Lowery; Dukes; & O' Malley. 2012: online; Roberts. 2013: 22-27) รวมทั้งการพัฒนากระบวนการ หรือ ผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตประจำวัน และการทำงาน (ศานิกานต์ เสนิงส์. 2556: 30; กฤษณา ชูสินคุณาวุฒิ. 2557: 37)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความหมายของ สะเต็มศึกษา ได้ว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการในวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนานักเรียนทางด้านกระบวนการคิด และการแก้ปัญหา สามารถเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำไปใช้แก้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตจริง

1.3 หลักการ แนวคิด ทฤษฎีการศึกษาที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา

1.3.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism Theory)

1.3.1.1 ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัย ที่มีความเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองในส่วนของความหมาย จากนักการศึกษา และนักวิจัยทางการศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ จนสามารถสรุปสาระที่สำคัญได้ดังนี้

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เชื่อว่า นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง (สุมาลี ชัยเจริญ. 2551: 102; ทับทิมทอง กอบัวแก้ว. 2555: 35; อนุชา โสมาบุตร. 2557: ออนไลน์; Boudourides. 1998: Online; citing Von Glaserfeld. 1990; Gagnon; & Collay. 2015: 1) ซึ่งในความรู้นี้จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากนักเรียนได้เผชิญกับปัญหา เหตุการณ์ หรือการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมดังกล่าว (ทับทิมทอง กอบัวแก้ว. 2555: 35; อนุชา โสมาบุตร. 2557: ออนไลน์; Gagnon; & Collay. 2015: 1) โดยนักเรียนจะมีการปรับโครงสร้างทางปัญญา โดยการนำประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นในสิ่งแวดล้อมใหม่ที่ได้รับเชื่อมโยงกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม นำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเอง (อนุชา โสมาบุตร. 2557: ออนไลน์; Zhi-Feng Liu; et al. 2001: 246-247) นักเรียนแต่ละคนอาจสร้างความหมายที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีประสบการณ์ หรือมีความรู้ความเข้าใจเดิมที่แตกต่างกัน (อนุชา โสมาบุตร. 2557: ออนไลน์) ในกระบวนการสร้างความรู้ ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหา ลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งอยู่ภายใต้การอำนวยความสะดวกของครู (ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. 2558: 31; รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้ว่า เป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากการที่นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยการ

นำประสบการณ์ที่พบเห็นในสิ่งแวดล้อมใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้ที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดการสร้างความหมายที่แตกต่างกัน เนื่องจากประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนควรให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้อำนวยการความสะดวก

1.3.1.2 หลักการ แนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเชื่อว่า การเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของนักเรียนโดยที่นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ (สุมาลี ชัยเจริญ. 2551: 102; อนุชา โสมาบุตร. 2557: ออนไลน์; Von Glasersfeld. 1989: 162-163) กล่าวว่าทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจาก ปรัชญา จิตวิทยา และการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการติดต่อ และการควบคุมกระบวนการสื่อความหมาย โดยมีหลักการที่สำคัญ คือ ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการสร้างความรู้จากการรับรู้ของแต่ละบุคคล และบทบาทหน้าที่ของการรับรู้ คือ การปรับตัวและการจัดระบบประสบการณ์ที่มี ไม่ใช่เพื่อเป็นการค้นพบความเป็นจริง ในขณะที่ ฟอสโนต (Fosnot. 1996: 6) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้ อาศัยพื้นฐานทางปรัชญาจิตวิทยาและมานุษยวิทยา โดยอธิบายถึงการได้มาซึ่งความรู้คืออะไรและได้ความรู้มาอย่างไร มีการพัฒนาความรู้และสร้างความรู้ขึ้นภายในตัวบุคคล โดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม ส่วนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีนี้เป็นกระบวนการที่สร้างแนวคิดของความจริง โดยบุคคลเป็นผู้สร้างความหมายจากเครื่องมือทางวัฒนธรรมผ่านกิจกรรมทางสังคมผ่านการร่วมมือและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย ซึ่งเราจะพบว่า ในกลุ่มแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ดังกล่าวข้างต้น มีแนวคิดที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการสร้างความรู้ ทั้งนี้เนื่องมาจาก แนวคิดที่เป็นรากฐานสำคัญ 2 ทฤษฎี คือ จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ซึ่งได้กล่าวถึงทฤษฎีการสร้างความรู้ทางเชาว์ปัญญา (Cognitive Constructivism) และทฤษฎีพัฒนาการของวิกตอทสกี (Vygotsky) ซึ่งได้กล่าวถึงทฤษฎีการสร้างความรู้ทางสังคม (Social Constructivism) (พิมพ์มาดา มงคลแสน. 2553: 29-30; สมพร ทรัพย์สวัสดิ์. 2554: 11-13; ทับทิมทอง กอบัวแก้ว. 2555: 37-40; อนุชา โสมาบุตร. 2557: ออนไลน์) ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้

1. ทฤษฎีการสร้างความรู้ทางเชาว์ปัญญา เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ให้ความสำคัญกับอายุ และขั้นของการพัฒนาการ ในการที่จะทำนายว่านักเรียนจะมีความสามารถหรือไม่มีความสามารถในการเข้าใจสิ่งใดสิ่งหนึ่งเมื่อมีอายุแตกต่างกัน ซึ่งเพียเจต์ เชื่อว่านักเรียนจะมีการพัฒนาสติปัญญาไปตามลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์ และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ดังนั้น ทฤษฎีพัฒนาการนี้ จะเป็นสิ่งที่อธิบายว่านักเรียนมีความสามารถทางการรู้คิด (Cognitive Abilities) ซึ่งเป็นพื้นฐานหลักสำหรับทฤษฎีการสร้างความรู้ทางเชาว์ปัญญา โดยการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างโครงสร้างทางปัญญา หรือที่เรียกว่า สกิมา (Schemas) ในสมอง ซึ่งสกิมา เหล่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Change) ขยาย (Enlarge) และซับซ้อนขึ้นได้ (อนุชา โสมาบุตร. 2557:

ออนไลน์) โดยจะผ่านกระบวนการดูดซึม (Assimilation) เมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลหรือเมื่อมีประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้เดิม หากไม่สัมพันธ์กัน ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (Disequilibrium) แล้วนักเรียนจะพยายามปรับสภาวะที่ไม่สมดุลให้อยู่ในภาวะสมดุลอีกครั้ง (Equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เพื่อให้สามารถเข้ากับประสบการณ์ใหม่ หรือสิ่งแวดล้อมใหม่ (บุปผชาติ ทัพทิกรณ์. 2552: 12; ทิศนา แคมมณี. 2556: 90-91; อนุชา โสมาบุตร. 2557: ออนไลน์) เกิดการเปลี่ยนแปลง และเกิดโครงสร้างความรู้ขึ้นมาใหม่ (บุปผชาติ ทัพทิกรณ์. 2552: 12)

2. ทฤษฎีการสร้างความรู้ทางสังคม เป็นทฤษฎีพื้นฐานที่มาจากทฤษฎีพัฒนาการของวิกตอทสกี ซึ่งถือว่านักเรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น (ผู้ใหญ่ พ่อ แม่ ครูหรือเพื่อน) ซึ่งปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น (สมพร ทรัพย์สวัสดิ์. 2554: 13) และเชื่อว่า สังคมและวัฒนธรรม จะเป็นเครื่องมือทางปัญญาที่จำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบ และคุณภาพของปัญญา (อนุชา โสมาบุตร. 2557: ออนไลน์) โดยบทบาทของการใช้สัญลักษณ์ หรือเครื่องหมายที่เป็นข้อตกลงทางสังคมและถูกถ่ายทอดมาทางวัฒนธรรม เช่น ภาษา กิริยาท่าทาง สัญลักษณ์ ฯลฯ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกระบวนการคิด ของนักเรียนเมื่อรับรู้สิ่งเร้าใหม่ (Gredler. 2009: 306)

แม้ว่าแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ทางเชาว์ปัญญา และ ทฤษฎีการสร้างความรู้ทางสังคม จะมีความเห็นที่แตกต่างกันในการอธิบายว่านักเรียนสร้างความรู้ได้อย่างไร แต่ก็มีความเห็นร่วมกันในคุณลักษณะของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (พิมพ์มาดา มงคลแสน. 2553: 30; สุเทพ อ่วมเจริญ. 2557: 948) กล่าวคือ

- 1) นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง
- 2) การเรียนรู้สิ่งใหม่เกิดขึ้นจากความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน
- 3) การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้
- 4) การจัดสิ่งแวดล้อมกิจกรรมที่คล้ายคลึงกับชีวิตจริงจะทำให้นักเรียนเกิด

การเรียนรู้ที่มีความหมาย

จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษา ภิญญาพัชน์ ปลากัดทอง (2551: 82; อ้างอิงจาก Suvery; & Duffy. 1995. Problem Based Learning: An Instructional Model and Its Constructivist Framework) สุเทพ อ่วมเจริญ (2557: 949; อ้างอิงจาก Osborne; & Wittrock. 1983. Learning Science: A Generative Process. pp. 489-508) สุเทพ อ่วมเจริญ (2557: 949; อ้างอิงจาก Zahoric. 1995. Constructivist Teaching) รัตนาภรณ์ ไตรสร (2558: ออนไลน์; อ้างอิงจาก Wilson; & Cole. 1991. A Review of Cognitive Teaching Models) กล่าวถึงการเรียนรู้ ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้ดังนี้ คือ

1. การเรียนรู้เกี่ยวข้องกับการสร้างความหมายและตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยทั่วไปนักเรียนจะสร้างความหมายจากสิ่งที่ตนเองรับรู้ตามประสบการณ์เดิมของตนเอง ความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้นอาจจะสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับความหมายที่ผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นๆ ยอมรับก็ได้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ถือว่าความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือผิดแต่เรียกความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้นแล้วไม่สอดคล้องกับความหมายที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับในขณะนั้นว่าแนวคิดที่คลาดเคลื่อน การจัดการเรียนการสอนตามแนวความคิดนี้ จึงเน้นให้นักเรียนและบุคคลที่แวดล้อมนักเรียนตรวจสอบความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้นในขณะที่มีการเรียนการสอน หากพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ครูในฐานะที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) ในการเรียนของนักเรียนจะต้องจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้พิจารณา และตรวจสอบแนวคิดของตนเองอีกครั้ง โดยครูอาจจะต้องจัดกิจกรรมในทำนองเดียวกันนี้อีกหลายครั้งจึงจะแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ ซึ่งสุเทพ อ่วมเจริญ (2557: 949; อ้างอิงจาก Osborne; & Wittrock. 1983. Learning Science: A Generative Process. pp. 489-508) สรุปได้ว่านักเรียนต้องรับผิดชอบในการตรวจสอบความรู้ที่ตนเองสร้างขึ้นว่าสอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากความรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นๆ หรือไม่

2. การเรียนรู้ขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน สุเทพ อ่วมเจริญ (2557: 949; อ้างอิงจาก Osborne; & Wittrock. 1983. Learning Science: A Generative Process. pp. 489-508) อธิบายถึงอิทธิพลของความรู้เดิมที่มีต่อการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ว่าการเรียนรู้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับบริบททางสังคมวัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมทางกายภาพเท่านั้น แต่การเรียนรู้ยังขึ้นอยู่กับความรู้เดิม แรงจูงใจความคิด และอารมณ์ของนักเรียนอีกด้วยเพราะสิ่งเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อการเลือกรับรู้สิ่งเร้า และวิธีการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งเร้านั้น สุเทพ อ่วมเจริญ (2557: 949; อ้างอิงจาก Zahoric.1995. Constructivist Teaching) กล่าวไว้ว่าในการจัดการเรียนการสอนนั้นถือเป็นความรับผิดชอบของครูที่จะต้องตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่

3. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนแก้ปัญหาหรือสืบเสาะหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อลดความขัดแย้งทางความคิดของตนเอง นักการศึกษาที่อธิบายถึงการเรียนรู้ในมุมมองนี้ คือ รัตนาภรณ์ ไตรสร (2558: ออนไลน์; อ้างอิงจาก Wilson; & Cole. 1991. A Review of Cognitive Teaching Models) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดนี้ว่าควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาตามสภาพที่เป็นจริง

4. การเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม การเรียนรู้ตามแนวคิดนี้เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กันทางสังคมซึ่ง ภิญญาพัชน์ ปลายัดทอง (2551: 82; อ้างอิงจาก Suvery; & Duffy. 1995. Problem Based Learning: An Instructional Model and Its Constructivist Framework) อธิบายถึงการเรียนรู้ที่เกิดจากความร่วมมือกันทางสังคมไว้ว่า ความรู้ไม่สามารถถ่ายโอน จากบุคคลหนึ่งไปสู่ อีกบุคคลหนึ่งได้ แต่การแลกเปลี่ยน และสะท้อนความคิดเห็นให้แก่กัน และการให้เหตุผลกับความคิดเห็นของตนเองหรือโต้แย้งความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้นักเรียนมีโอกาสพิจารณากระบวนการคิดของตนเปรียบเทียบกับกระบวนการคิดของผู้อื่น ทำให้มีการเจรจาต่อรองเกี่ยวกับ

การสร้าง ความหมายของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนได้

5. การเรียนรู้เป็นกระบวนการกำกับตนเองของนักเรียน นักการศึกษาเชื่อว่าการกำกับตนเองเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง รัตนภรณ์ ไตรศร (2558: ออนไลน์; อ้างอิงจาก Wilson; & Cole. 1991. A Review of Cognitive Teaching Models) ให้ความเห็นว่าการเรียนรู้ตามแนวคิดนี้เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องกำกับตนเองตั้งแต่การวางแผนการเรียนรู้ วิเคราะห์รับรู้วิธีการเรียนรู้ของตนเอง ปรับเปลี่ยนและแก้ไขภาระงานการเรียนรู้ให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

อาจกล่าวโดยสรุป เกี่ยวกับ หลักการ แนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้ว่าทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีพื้นฐานแนวคิดมาจากเพียเจต์ และวิกอทสกี ซึ่งมีมุมมองของการสร้างความรู้ที่แตกต่างกัน ซึ่งเพียเจต์ให้ความสำคัญกับ อายุ และขั้นของพัฒนาการ โดยมีความเชื่อว่า นักเรียนจะมีพัฒนาการทางสติปัญญาเป็นไปตามลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ในขณะที่ วิกอทสกี ให้ความสำคัญกับสังคม และวัฒนธรรม โดยมีความเชื่อว่า สิ่งแวดล้อมจะมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละบุคคล แต่ทั้ง เพียเจต์ และวิกอทสกี มีแนวคิดที่คล้ายกันว่า ประสบการณ์ของนักเรียนและการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน ดังนั้นการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง นั้น นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้หรือความหมายของสิ่งที่รับรู้ขึ้นมาเอง ซึ่งนักเรียนแต่ละคนอาจจะสร้างความหมายแตกต่างกันตามความรู้เดิมที่มีอยู่ของแต่ละคน และในการสร้างความรู้ของนักเรียนนั้นเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

1.3.1.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

เนื่องจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้น ไม่ใช่วิธีการสอน จึงมีการตีความแล้วนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งทำให้การจัดการเรียนการสอนมีหลากหลาย นักการศึกษา เมอร์ฟี (Murphy. 1997: 11-12) ได้รวบรวมแนวคิดของนักการศึกษาต่าง ๆ ในการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง สรุปได้ดังนี้

1. กระตุ้นให้นักเรียนใช้มุมมองที่หลากหลายในการนำเสนอความหมายของความคิตรวบยอด
2. นักเรียนเป็นผู้กำหนดเป้าหมายและจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ของตน หรือการเจรจาต่อรองจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนระหว่างนักเรียนกับครู
3. ครูควรแสดงบทบาทเป็นผู้ชี้แนะ ผู้กำกับ ผู้ฝึก ผู้อำนวยการความสะดวกให้การเรียนสำหรับนักเรียน
4. จัดบริบทของการเรียน เช่น กิจกรรม โอกาส เครื่องมือ และสภาพแวดล้อมที่นำมาใช้ในการส่งเสริมการรู้คิด การกำกับ และความตระหนักของตนเอง
5. นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้และกำกับ ควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

6. จัดสถานการณ์การเรียนรู้ สภาพแวดล้อม ทักษะ เนื้อหา และงานที่ได้รับมอบหมายให้มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนตามสภาพที่เป็นจริง
7. ใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิเพื่อยืนยันสภาพการณ์ที่เป็นจริง และในโลกของชีวิตจริงที่ซับซ้อน
8. ส่งเสริมให้นักเรียนมีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
9. การสร้างความรู้ด้วยตนเอง จะเกิดขึ้นเฉพาะบุคคล และผ่านทางการเจรจา ตีอรรถทางสังคม การเรียนรู้ร่วมกัน และประสบการณ์เดิมของนักเรียน
10. ความรู้เดิม ความเชื่อ และเจตคติของนักเรียน เป็นสิ่งที่ต้องนำมาใช้พิจารณาในกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
11. ส่งเสริมการแก้ปัญหา ทักษะการคิดระดับสูง และ ความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง
12. นำความผิดพลาดของนักเรียนที่เกิดขึ้น มาใช้เป็นโอกาสสำหรับการสร้างความรู้
13. ส่งเสริมให้นักเรียนค้นหาความรู้อย่างอิสระ และมีการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้ของตนเอง
14. ให้นักเรียนได้เรียนรู้งานที่ซับซ้อน ทักษะ และความรู้ที่ได้รับจากการปฏิบัติด้วยตนเอง
15. ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดที่เรียน และการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ
16. ส่งเสริมให้มีการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน เพื่อจะให้นักเรียนได้แสดงมุมมองหรือแนวคิดที่หลากหลายในการเรียนรู้
17. ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน
18. วัดผลการเรียนรู้ตามสภาพที่เป็นจริงในขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของนักการศึกษา นิลวรรณ วาณิชสุขสมบัติ (2547: 49; อ้างอิงจาก Ellis; & Maxwell. 1995) หทัยนันท์ ตาลเจริญ (2550: 62) รัตนาภรณ์ ไตรศร (2558: ออนไลน์) Matthew (1994: 143; citing Diver; & Oldham. 1986) ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน โดยได้วิเคราะห์ และสังเคราะห์ ทำให้สามารถสรุปขั้นตอน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ออกเป็น 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 แนะนำ (Orientation) เป็นขั้นที่นักเรียนจะรับรู้ถึงจุดมุ่งหมาย และเกิดแรงจูงใจในการเรียนในบทเรียน (หทัยนันท์ ตาลเจริญ. 2550: 62; รัตนาภรณ์ ไตรศร. 2558: ออนไลน์; Matthew. 1994: 143; citing Diver; & Oldham. 1986) ครูควรมีการจัดเตรียมบริบทให้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้เดิม (Elicitation of the Prior Knowledge) เป็นขั้นตอนที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน (หทัยนันท์ ตาลเจริญ. 2550: 62; รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์; Matthew. 1994: 143; citing Diver; & Oldham. 1986) โดยวิธีการที่ให้นักเรียนได้แสดงออก เช่น การอภิปรายกลุ่ม การประเมินผลตนเองจากการทำกิจกรรม (Matthew. 1994: 143; citing Diver; & Oldham. 1986) หรือการเขียนเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่ อาจนำเสนอด้วยเทคนิคผังกราฟฟิก (Graphic Organizers) ซึ่งขั้นตอนนี้ จะทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลเกิดขึ้น (รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์)

ขั้นที่ 3 ปรับเปลี่ยนความคิด (Turning Restructuring of Ideas) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญหรือเป็นหัวใจสำคัญ ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย 1) การทำความเข้าใจและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักเรียนภายในกลุ่ม มีการพิจารณาถึงความแตกต่างของคำตอบที่เกิดขึ้นทั้งของนักเรียน และสมาชิก 2) การสร้างความคิดใหม่ หลังจากที่มีการอภิปราย การสาริต การเก็บรวบรวมข้อมูลจะให้นักเรียนได้เห็นแนวทางที่หลากหลายในการตีความปรากฏการณ์หรือ การกำหนดแนวคิดใหม่ (หทัยนันท์ ตาลเจริญ. 2550: 62; รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์; Matthew. 1994: 143; citing Diver; & Oldham. 1986) 3) การประเมินความคิดใหม่ การที่นักเรียนหาแนวทางที่ดีที่สุดในการทดสอบความคิดหรือความรู้ โดยครูมีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ (รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์; Matthew. 1994: 143; citing Diver; & Oldham. 1986)

ขั้นที่ 4 ความคิดไปใช้ (Application of Ideas) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้มีโอกาสใช้แนวคิดหรือได้มีโอกาสนำความรู้ความเข้าใจที่พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (นิลวรรณ วานิชสุขสมบัติ. 2547: 49; อ้างอิงจาก Ellis; & Maxwell. 1995; หทัยนันท์ ตาลเจริญ. 2550: 63; รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์; Matthew. 1994: 143; citing Diver; & Oldham. 1986) ทั้งที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย เป็นการแสดงออกของการเรียนรู้ที่มีความหมาย (รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์)

ขั้นที่ 5 ขั้นทบทวน (Review) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่นักเรียนจะได้มีการตรวจสอบแนวคิดที่เปลี่ยนไป (นิลวรรณ วานิชสุขสมบัติ. 2547: 49; อ้างอิงจาก Ellis; & Maxwell. 1995) มีการสะท้อนความคิด ความเข้าใจ ในความรู้ที่ได้รับ (Matthew. 1994:143; citing Diver; & Oldham. 1986) โดยความรู้ที่นักเรียนสร้างด้วยตนเองนั้นจะทำให้เกิดโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) ปรากฏในช่วงความจำระยะยาว (Long-term Memory) เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายนอกจากนี้ยังเป็นการทบทวนว่าจะนำความรู้ไปใช้ได้อย่างไร และยังมีเรื่องอะไรที่ยังคงสงสัยอีกหรือไม่ (รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์)

อาจกล่าวโดยสรุป เกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ว่า เป็นการจัดการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาโดยอาศัยความรู้เดิม โดยมีครูตรวจสอบหรือประเมินความรู้ใหม่ เพื่อให้เกิดความเข้าใจชัดเจนซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่อง

นั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งนักการศึกษาได้ดำเนินการพัฒนาขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ได้ดังนี้ 1) ขั้นแนะนำ 2) ขั้นทบทวนความรู้ 3) ขั้นปรับเปลี่ยนความคิด 4) ขั้นนำความคิดไปใช้ 5) ขั้นทบทวน

1.3.1.4 บทบาทของครูและนักเรียนตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วย

ตนเอง

สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้น นับว่าเป็นสิ่งที่ครูและนักเรียนมีบทบาทที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม เนื่องจากครูก็จะมีเปลี่ยนแปลงจากการที่จะสอนในสิ่งที่ตนอยากสอนหรือบอกในสิ่งที่ครูต้องการบอกนั้น มาเป็นเพียงผู้ที่คอยให้คำชี้แนะ และอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และเนื่องจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้นส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจากที่เคยเป็นผู้รับความรู้ ก็จะมีบทบาทหน้าที่ที่เปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่ง จากการศึกษา เอกสาร บทความ และงานวิจัย ของนักการศึกษา นิลวรรณ วาณิชสุขสมบัติ (2547: 57-58) รัตนาภรณ์ ไตรศร (2558: ออนไลน์) Brooks; & Brooks (1999: 1-6) ที่ได้นำเสนอเกี่ยวกับบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียน ในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้วิจัยได้ วิเคราะห์ และ สรุปบทบาทหน้าที่ของครู ได้ดังนี้

1. ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีอิสระและมีความเป็นตัวของตัวเอง โดยครูต้องยอมรับและส่งเสริมความเป็นตัวเองของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างอิสระ นั้นจะเป็นการช่วยให้พัฒนาความมีเอกลักษณ์ทางด้านวิชาการเฉพาะตัว (นิลวรรณ วาณิชสุขสมบัติ. 2547: 58) และมีการที่นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงแนวคิด มีการตั้งคำถามหรือประเด็นปัญหา และมีการวิเคราะห์และหาคำตอบด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบในการหาความรู้ และเป็นนักแก้ปัญหา (Brooks; & Brooks. 1999: 2)

2. ครูควรจัดโอกาสให้นักเรียน ได้รับประสบการณ์ที่จะทดสอบข้อสงสัย และกระตุ้นการอภิปราย ให้นักเรียนได้มีโอกาสที่จะทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติแต่ละคน ซึ่งจะมีการตั้งสมมติฐานไว้แตกต่างกัน ซึ่งครูที่มีความคิดตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองจะหาโอกาสให้นักเรียนทำการทดสอบสมมติฐานเหล่านั้น จากการอภิปรายประเด็นที่เป็นรูปธรรม (นิลวรรณ วาณิชสุขสมบัติ. 2547: 59) โดยครูควรนำเสนอประสบการณ์การเรียนรู้ที่ตรงกับสภาพที่เป็นจริงหรือประสบการณ์การเรียนรู้ในชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถเกิดการเชื่อมโยง และสามารถประยุกต์ไปสู่สถานการณ์ใหม่ในสภาพชีวิตจริงได้ (รัตนาภรณ์ ไตรศร. 2558: ออนไลน์)

3. ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้นักเรียนได้มีการลงมือกระทำในบริบท การเรียนรู้ โดยร่วมมือกับผู้อื่น และมีการจัดการกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งครูทำหน้าที่สนับสนุน และให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรม (รัตนาภรณ์ ไตรศร. 2558: ออนไลน์) และกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิด กับบุคคลอื่น (นิลวรรณ วาณิชสุขสมบัติ. 2547: 59) โดยก่อนที่นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนแนวคิด ครูควรมีการสอบถามความเข้าใจหรือมีการตรวจสอบความคิดของนักเรียนก่อนที่จะมีการแลกเปลี่ยนแนวคิด (Brooks; & Brooks. 1999: 5)

4. ช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดการคิดค้นต่อ ๆ ไป ส่งเสริมการสร้างแผนภาพทางความคิด การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นกลุ่ม ครูควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือสถานการณ์ที่ทำให้เกิดการสื่อสารและส่งเสริมพัฒนาทางด้านร่างกายและสมอง (นิลวรรณ วานิชสุขสมบัติ. 2547: 58)

สำหรับบทบาทหน้าที่ของนักเรียน เนื่องจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้น นักเรียนต้องเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ขึ้นมา ดังนั้นนักเรียนควรลงมือกระทำด้วยตนเอง โดยเป็นเจ้าของความคิดมากกว่าเป็นผู้รับข้อมูล (รัตนภรณ์ ไตรสร. 2558: ออนไลน์) เรียนรู้ด้วยความเข้าใจที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง ไม่ใช่ลอกเลียนแบบแนวคิดของครู ซึ่งแนวคิดนี้จำเป็นต้องเป็นแนวคิดที่หลากหลาย และกว้างขวาง ซึ่งอาจมาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ (นิลวรรณ วานิชสุขสมบัติ. 2547: 58) และสามารถมีการนำเสนอแนวคิดของตนเอง และรับฟัง และสะท้อนแนวคิดของผู้อื่นได้ (Brooks; & Brooks. 1999: 6)

อาจกล่าวโดยสรุป เกี่ยวกับบทบาทของครูและนักเรียนตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้ว่า ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีอิสระในการเรียนรู้ มีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ประเมินความคิดรวบยอดของนักเรียน ตรวจสอบความคิดและทักษะการคิดต่าง ๆ ส่งเสริมพัฒนาให้นักเรียนเกิดการคิดค้น และทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการให้คำชี้แนะ คำปรึกษา และสำหรับบทบาทหน้าที่ของนักเรียนนั้น ควรเป็นผู้ที่ลงมือกระทำมากกว่ารับความรู้จากครู มีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีความกระตือรือร้น ความใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีความคิดริเริ่ม คิดวิเคราะห์ มีการทำงานเป็นกลุ่ม กล้านำเสนอแนวคิด การแลกเปลี่ยนแนวคิด และการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้เพื่อการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

1.3.2 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

(Constructionism Theory)

1.3.2.1 ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ในส่วนของความหมาย ซึ่งนักการศึกษาและนักวิจัยทางการศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาแล้วทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ จนสามารถสรุปสาระที่สำคัญในแต่ละประเด็นที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีทางการศึกษานี้ได้ดังนี้

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) เช่นเดียวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ผู้พัฒนาทฤษฎีนี้ คือ ศาสตราจารย์ ซีมัวร์ แพเพอร์ท (Seymour Papert) แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology) (ทิตนา แคมมณี. 2545: 96; ธเนศ ขำเกิด. 2547-2548: 163) ซึ่งได้ให้ความหมายของทฤษฎี การสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานไว้ว่า หมายถึง การเรียนรู้โดยการปฏิบัติ (Doing) หรือ การสร้าง

(Making) (สุชิน เพ็ชรรักษ์. 2544: 17; นิภา แก้วศรีงาม. 2547: 74; สมพร ทรัพย์สวัสดิ์. 2554: 16) หรือจากการออกแบบ (Designing) (Noss; & Clayson. 2015: 286; citing DiSessa; & Cobb. 2004. Ontological Innovation and The Role of Theory in Design Experiments) สิ่งต่างๆ ขึ้นมาโดยที่นักเรียนจะได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อให้มีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เชื่อมโยงจากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ (สุชิน เพ็ชรรักษ์. 2544: 16-17; สุปรียา ต้นสกุล. 2552: 100; กิตติศักดิ์ แป้นงาม; และ สุรัชย์ ประเสริฐสรวย. 2553: 111) โดยได้มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ หรือเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสม เพื่อให้นักเรียน เกิดการเรียนรู้ และมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์สู่การสร้างความรู้ที่เป็นรูปธรรม (ปัญญา นาแพงหมื่น. 2542: 21; นนทชนนภพ ปาลินทร. 2553: 52) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถด้านการคิด วางแผนทำงานอย่างเป็นระบบ ทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม ความรับผิดชอบ ยอมรับ และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีนิสัยใฝ่รู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และสามารถนำความรู้ ทักษะ เหล่านี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (นนทชนนภพ ปาลินทร. 2553: 52; ศรัณย์ ศรีลัมพ์. 2554: 65; สมปอง สมญาติ. 2557: 4)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความหมายของ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้ว่า เป็นการสร้างความรู้จากการที่นักเรียนได้มีการปฏิบัติ การสร้าง และการออกแบบโดยการเชื่อมโยงความรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ และจะนำความรู้ที่ได้รับมาประยุกต์สู่การสร้างความรู้ซึ่งแสดงให้เห็นที่เป็นรูปธรรม หรือชิ้นงาน

1.3.2.2 หลักการแนวคิดของทฤษฎีทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการ สร้างสรรค์ชิ้นงาน

สำหรับหลักการ แนวคิด ของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการ สร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสาร รายงานการวิจัย สามารถสรุปได้ว่า ในการที่ นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้นั้น นักเรียนจะต้องมีแรงจูงใจภายใน (ปัญญา นาแพงหมื่น. 2542: 21) นั่นคือ ต้องอยากรู้ อยากรู้อย่างเรียน และอยากลงมือกระทำ (ชเนศ ขำเกิด. 2547-2548: 163-164) และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างความรู้ และสร้างความคิด โดยนำความคิดของตนเองไปสู่ การออกแบบ การผลิต ซึ่งจะทำให้เกิดการสร้างทั้งชิ้นงาน และสร้างความรู้ ส่งผลให้แนวคิดนั้นเป็น รูปธรรมที่ชัดเจนเกิดเป็นความรู้ที่มีความหมายต่อนักเรียน และอยู่คงทน (ปัญญา นาแพงหมื่น. 2542: 21; นนทชนนภพ ปาลินทร. 2553: 52) โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับและ ความรู้ที่มีอยู่เดิมถ่ายทอดให้ผู้อื่นได้ และเพื่อเป็นพื้นฐานในการนำไปสร้างความรู้ใหม่เพื่อสร้าง สิ่งใหม่ ๆ ต่อไป (เชษฐ ศิริสวัสดิ์. 2550: 27)

การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งความรู้ที่ได้มาใช่จากการ สอนของครูเพียงอย่างเดียว แต่ความรู้จะเกิดขึ้นหรือสร้างขึ้นจากนักเรียนเอง ซึ่งการเรียนรู้จะ เกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อนักเรียนได้ลงมือกระทำด้วยตนเอง (กิตติศักดิ์ แป้นงาม; และ สุรัชย์ ประเสริฐ สรวย. 2553: 111) ดังนั้น การที่นักเรียนจะได้มีการนำความรู้ของตนเองไปสร้างเป็นผลงานที่เป็น

รูปธรรม ซึ่งจะสามารถทำให้นักเรียนจำได้ในระยะเวลานาน หรือสามารถที่จะนำไปสร้างความรู้ใหม่ ๆ ได้นั้น ครูจึงต้องคำนึงถึงหลักการสำคัญในส่งเสริมการสร้างการเรียนรู้ ซึ่ง ผู้วิจัยได้ศึกษาจาก นักการศึกษา ไพท สิทธิสุนทร (2542: 18-19) นงนุช ภัทรราคร (2546ข: ออนไลน์) นนทชนนภพ ปาลินทร (2553: 52-53) ซึ่งประกอบด้วย

1. สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งสำคัญในการทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียน ซึ่ง ไพท สิทธิสุนทร (2542: 18) และ นนทชนนภพ ปาลินทร (2553: 52) ได้กล่าวว่า บรรยากาศในการเรียนรู้ที่ช่วยเสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้ ควรประกอบด้วย 1) การมีทางเลือก (Choice) ถ้านักเรียนมีโอกาสได้เลือกจะทำในสิ่งที่ตนเองสนใจ นักเรียนก็จะเกิด ความเต็มใจและมีส่วนร่วมในการทำงานนั้น โดย การมีทางเลือกที่หลากหลาย และได้สร้างสิ่งที่มี ความหมาย จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (นงนุช ภัทรราคร. 2546ข: ออนไลน์) 2) การมีความหลากหลาย (Diversity) ความหลากหลายในสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ มีความหมาย 2 ประการคือ ความหลากหลายทางทักษะ (Skills) คือ การที่นักเรียนมีทักษะที่แตกต่างกันหลาย ระดับ ทั้งที่มีความรู้น้อยถึงความรู้มาก หรืออาจรวมถึงนักเรียนที่มีอายุต่างกันในระดับเรียน คนที่มี ประสบการณ์มากกว่าก็จะเกิดทักษะและความรู้เพิ่มขึ้นและอธิบายให้แก่คนอื่น ๆ ได้ และการที่แต่ละคนสร้างสิ่งที่แตกต่างกันอย่างหลากหลาย นับว่าเป็นการจุดประกายความคิดให้กับบุคคลอื่น ๆ ได้ และความหลากหลายทางด้านรูปแบบ (Styles) คือ การที่นักเรียนมีการสร้างชิ้นงานที่ หลากหลาย จะไม่มีวิธีใดเป็นวิธีที่ถูกต้องในการทำ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกสร้างผลงาน ในวิธีการที่เป็นแบบฉบับของตัวเอง 3) การมีความเป็นกันเอง (Congeniality) บรรยากาศแห่ง มิตรภาพที่เกิดขึ้นระหว่างนักเรียนและครู ควรมีความเป็นมิตร เป็นกันเอง และที่สำคัญควรใช้เวลา อย่างเพียงพอในการทำงาน ให้เวลาในการพูดคุยและดูผลงานของคนอื่น

2. ใช้เทคโนโลยี และสื่อการเรียนรู้ที่ทันสมัย มีศักยภาพสูง เพื่อส่งเสริมให้ นักเรียนสร้างผลงาน และสร้างความรู้ด้วยตนเอง จะทำให้ความคิดเห็นเป็นรูปธรรม และสามารถใช้อ สื่อธรรมชาติ หรือของเหลือใช้ต่าง ๆ ทดแทนได้ถ้าหากว่าไม่มีเทคโนโลยี และสื่อที่ทันสมัย (นนทชนนภพ ปาลินทร. 2553: 52)

3. บรรยากาศในการเรียนรู้ โดยที่บรรยากาศและสภาพแวดล้อมในการ เรียนรู้ที่ดี เหมาะกับการสร้างความรู้ (นงนุช ภัทรราคร. 2546ข: ออนไลน์) ซึ่งได้แก่ บรรยากาศที่ เป็นมิตรอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ และถ้าหากนักเรียนสามารถเลือกทำกิจกรรม สื่อ วัสดุที่ หลากหลายตามความสนใจ ก็จะทำให้ให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการคิด ควรมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้ มีที่ที่มีความสนใจทำอะไรคล้าย ๆ กันจะทำให้เกิดการสร้างความรู้ได้เต็มที่มีความสัมพันธ์กับบุคคลอื่น (นนทชนนภพ ปาลินทร. 2553: 52)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับ หลักการ แนวคิด ของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วย ตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ได้ว่า หลักการสำคัญในส่งเสริมการสร้างการเรียนรู้ ประการแรก คือ สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ นั้นควรจะ มีทางเลือกให้นักเรียนได้เลือกทำในสิ่งที่สนใจ มีความ หลากหลายทั้งในแง่ของทักษะและรูปแบบเพื่อให้นักเรียนได้สร้างสิ่งที่แตกต่างกันและเป็นแบบ

รูปแบบของตนเอง และมีบรรยากาศที่มีความเป็นกันเองระหว่างนักเรียน และครู ประการต่อมา การใช้เทคโนโลยีและสื่อการเรียนรู้ ที่มีคุณภาพ และมีความเหมาะสมกับนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ที่เป็นรูปธรรม และประการสุดท้ายบรรยากาศในการเรียนรู้ ควรเป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตรอบอุ่น

1.3.2.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

จากการศึกษารูปแบบขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน จากนักการศึกษา นงนุช ภัทรราคร (2546ก: ออนไลน์) นิภา แก้วศรีงาม (2547: 76) สมพร ทรัพย์สวัสดิ์ (2554: 17-18) พบว่าขั้นตอนสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่มีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การสำรวจ (Explore) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำการสำรวจ สืบค้น หรือพยายามทำความเข้าใจในสิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นหรือได้พบ หรือมีปฏิสัมพันธ์กับบริบทที่เป็นสิ่งแวดล้อมใหม่ ๆ ที่ไม่มีอยู่ในความคิดของนักเรียน ด้วยการที่นักเรียนพยายามรับและซึมซับเก็บรวบรวมเป็นความรู้ใหม่ (นงนุช ภัทรราคร. 2546ก: ออนไลน์; สมพร ทรัพย์สวัสดิ์. 2554: 17) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่แสดงถึงการรับและการดูดซึมสิ่งต่าง ๆ เข้าไปในสมอง (นิภา แก้วศรีงาม. 2547: 76)

ขั้นที่ 2 การทดลอง (Experiment) หลังจากที่นักเรียนทำการสำรวจสืบค้นไปแล้ว นักเรียนทำการปรับความแตกต่าง (Accommodation) นักเรียนได้รับหรือมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมใหม่ที่มีความสอดคล้องกับแนวคิดหรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมจนนักเรียนเกิดความเข้าใจ สามารถเชื่อมโยงความรู้เข้าด้วยกันได้จนกลายเป็นแนวคิดและประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง มีความหมายและมีความคงทนซึ่งในขั้นนี้จัดว่าเป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการลองผิดลองถูก อันจะทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์เพื่อนำไปสร้างเป็นองค์ความรู้ ซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ทั้งการซึมซับ (Assimilation) และการปรับความแตกต่าง (Accommodation) ผสมผสานกันไป (นงนุช ภัทรราคร. 2546ข: ออนไลน์; สมพร ทรัพย์สวัสดิ์. 2554: 17) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการปรับความรู้เก่ากับความรู้ที่ดูดซึมเข้าไปใหม่ (นิภา แก้วศรีงาม. 2547: 76)

ขั้นที่ 3 การเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ (Learning By Doing) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมอันมีความหมายต่อตัวนักเรียนเอง ส่งผลทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ของตนเองขึ้นมาได้ เป็นขั้นตอนที่มีความต่อเนื่องจากขั้นตอนที่ผ่านมาข้างต้นซึ่งขั้นตอนนี้ก็จะมีทั้งการซึมซับ และการปรับความแตกต่าง ผสมผสานกันไป (นงนุช ภัทรราคร. 2546ข: ออนไลน์; นิภา แก้วศรีงาม. 2547: 76; สมพร ทรัพย์สวัสดิ์. 2554: 18)

ขั้นที่ 4 การทำเพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ (Doing By Learning) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนผ่านสามขั้นตอนข้างต้น จนทำให้นักเรียนเห็นอย่างชัดเจนด้วยตัวของนักเรียนเองแล้วว่า สิ่งที่เขาได้ลงมือกระทำในสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือการปฏิบัติอันมีปฏิสัมพันธ์กับสภาวะแวดล้อมที่มีความหมายจนทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และมีความเข้าใจแล้วก่อให้เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดี

เช่น การรู้จักคิดการแก้ปัญหา การค้นคว้าหาความรู้ และมีความสามารถในการปรับตนเองเข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ ๆ (นงนุช ภัทรราคร. 2546ก: ออนไลน์; สมพร ทรัพย์สวัสดิ์. 2554: 18) ซึ่งจะทำให้นักเรียนเป็นบุคคลที่ คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น (นิภา แก้วศรีงาม. 2547: 76)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ได้ว่า ประกอบด้วย 1) ขั้นการสำรวจ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมใหม่ เป็นขั้นที่มีการรับและเก็บรวบรวมความรู้ใหม่ 2) ขั้นการทดลอง เป็นขั้นที่นักเรียนมีการลองผิดลองถูก ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องมีการซึมซับความรู้และมีการปรับความแตกต่าง ซึ่งจะเกิดขึ้นผสมผสานกันไป 3) ขั้นการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้สามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาได้ ซึ่งจะเกิดต่อเนื่องมาจากขั้นการทดลอง 4) ขั้นการทำเพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ เป็นขั้นที่ต่อเนื่องมาจากทั้ง 3 ขั้นตอน ซึ่งเป็นขั้นที่จะทำให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้และมีความเข้าใจในสิ่งที่ได้ลงมือปฏิบัติ

จากสี่ขั้นตอนที่กล่าวมานั้น เมื่อพิจารณาจะพบว่าในแต่ละขั้นตอนจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเป็นอย่างมาก จนบางครั้งไม่สามารถที่จะจำแนกพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกมาได้อย่างชัดเจน เนื่องจากได้มีการผสมผสานกันของพฤติกรรมที่แสดงออกอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้จึงมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละบุคคล ซึ่งครูสามารถปรับขั้นตอนการจัดกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับนักเรียน

1.3.2.4 บทบาทของครู และบทบาทนักเรียนตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

จากการศึกษาเอกสาร และรายงานการวิจัย พบว่าบทบาทของครูมีความสำคัญอย่างมากในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ครูมีบทบาทที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนั้นครูควรจะรู้หน้าที่และบทบาทเพื่อทำให้การจัดการเรียนรู้ประสบความสำเร็จหรือบรรลุจุดมุ่งหมาย มีนักการศึกษา อาทิ เช่น นงนุช ภัทรราคร (2546ค: ออนไลน์) กฤติกา สังขวดี (2551: 54) ศรัณย์ ศรีลัมพ์ (2554: 51) ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552: 54) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูว่าควรมีบทบาทดังนี้

1. การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่เหมาะสม ครูจะมีการเปลี่ยนบทบาทมาเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ให้นักเรียน โดยจะทำหน้าที่แนะนำ ชี้แนะ ให้คำปรึกษา และควบคุมกระบวนการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายตามที่วางไว้ (นงนุช ภัทรราคร. 2546ค: ออนไลน์; ศรัณย์ศรีลัมพ์. 2554: 51) และมีการสร้างบรรยากาศที่เป็นมิตร มีความเป็นกันเอง เพื่อเอื้อต่อการเรียนรู้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2552: 54)

2. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามแนวทางของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยเน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้จุดประกายความคิด และกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมทั้งร่วมรับฟังความคิดเห็น และ สนับสนุน ส่งเสริม ให้กำลังใจแก่นักเรียน (นงนุช ภัทรราคร. 2546ค:

ออนไลน์; ศรัณย์ ศรีลัมพ์. 2554: 51) และให้นักเรียนได้เลือกตามความชอบ ความสนใจ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2552: 54)

3. ทำหน้าที่เชื่อมโยงความคิดของนักเรียน และสรุปผลการเรียนรู้ พร้อมทั้งให้คำชี้แนะให้นักเรียนทราบถึงวิธีการในการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับการที่นักเรียนจะได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ (ศรัณย์ ศรีลัมพ์. 2554: 51)

4. มีการประเมินผลและให้ผลป้อนกลับแก่นักเรียนเพื่อเป็นการเสริมสร้างความมั่นใจแก่นักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ (กฤติกา สังขวดี. 2551: 54)

สำหรับบทบาทของนักเรียน พบว่า นักเรียนควรมีลักษณะเป็นผู้เข้าร่วมทำกิจกรรมทุกครั้งด้วยความสมัครใจ รู้จักแสวงหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ การตัดสินใจอย่างมีเหตุผล มีความรู้สึกนึกคิดเป็นของตนเอง สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของตนเองและผู้อื่นได้ มีการทำงานร่วมกัน ช่วยเหลือกัน รวมทั้งมีความรับผิดชอบต่องานที่ตนได้รับมอบหมาย ตลอดจนการนำสิ่งที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ (นงนุช ภัทรราคร. 2546ค: ออนไลน์) ซึ่งจะพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น นักเรียนปรับเปลี่ยนบทบาทตนเองจากผู้คอยรับความรู้ (Passive Receptor) มาเป็นผู้กระตือรือร้นใฝ่รู้ด้วยตนเอง (Active Constructor) ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (ศรัณย์ ศรีลัมพ์. 2554: 66)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับ บทบาทของครูและนักเรียนตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ได้ว่า บทบาทของครู ควรเปลี่ยนมาทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก โดยมีการให้คำแนะนำ ชี้แนะ กระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ยอมรับฟังความคิดเห็น และให้กำลังใจนักเรียน พร้อมทั้งมีการประเมินผลและให้ผลป้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อทำให้นักเรียนมีความมั่นใจและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สำหรับบทบาทของนักเรียน นั้นควรเปลี่ยนจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้ที่มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ โดยมีการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยความสมัครใจ มีความเป็นเหตุเป็นผลในการตัดสินใจ มีความรับผิดชอบ มีการทำงานเป็นกลุ่มและร่วมมือร่วมใจในการทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

1.3.3 การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ (Integrated Learning Management)

1.3.3.1 ที่มาและความสำคัญ

ในธรรมชาติและชีวิตจริงทุกสิ่งทุกอย่างล้วนมีความสัมพันธ์กัน การเรียนรู้ที่ดีจึงควรมีลักษณะเช่นเดียวกันคือ ควรมีลักษณะเป็นองค์รวม ไม่ใช่แบ่งเป็นแท่ง หรือเป็นท่อนที่แยกออกจากกัน ซึ่งทำให้การเรียนรู้ไม่เชื่อมโยงสัมพันธ์กันกับความเป็นจริงในชีวิต เป็นผลทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตจริงได้ (ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แหมมณี. 2548: 9) ปัจจุบันพบว่าในวงการของการศึกษา ได้มีการนำการจัดการเรียนรู้ลักษณะองค์รวม หรือการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการมาใช้ ซึ่งแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบ

บูรณาการ นั้น เกิดขึ้นมาจาก จอห์น ล็อก (John Locks) นักปรัชญาชาวอังกฤษ ที่เห็นว่านักเรียน จะไม่มีเวลา และกำลังที่จะเรียนรู้ทุกสิ่งทุกอย่างได้หมด ทำให้นักเรียนจึงต้องสนใจเฉพาะสิ่งที่ จำเป็นที่สุด และที่ใช้อย่างที่สุด ต่อมา จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) นักปรัชญาชาวอเมริกัน ได้แสดง ความคิดเห็นว่า ในการให้การศึกษาแก่นักเรียน ไม่มีเวลา และกำลังที่จะเรียนรู้ได้หมด ควรให้ เฉพาะสิ่งที่มีความจำเป็น และใช้อย่าง (สุวัฒนา วิฑูรย์พงศ์. 2548: 123; กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2555: 11; อ้างอิงจาก John Dewey. 1993) และเชื่อว่าถ้าครูจะสามารถเชื่อมโยงแนวคิด หรือ ความคิดรวบยอดของวิชาต่าง ๆ ในรายวิชาได้อย่างน้อย 2 รายวิชาขึ้นไป ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียน นั้นสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ (กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2555: 11; อ้างอิงจาก John Dewey. 1993) ซึ่งแนวคิดของ จอห์น ดิวอี้ นับว่ามีอิทธิพล และพัฒนาการที่ นำไปสู่หลักการบูรณาการ (สุวัฒนา วิฑูรย์พงศ์. 2548: 123; กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2555: 11)

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เป็นแนวคิดของการศึกษาแบบพัฒนาการ (Progressive Education) (ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แหมมณี. 2548: 10) ซึ่งมีหลักการที่ เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง หรือการเรียนรู้จากประสบการณ์ (เฉลิมลาภ ทองอาจ. 2559: ออนไลน์) โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาพร้อมกันอย่างสร้างสรรค์ เสริมสร้างการอยู่ ร่วมกันในแนวทางประชาธิปไตย (กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2555: 12) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบ บูรณาการ จึงมีความสำคัญ เนื่องจากจะทำให้ให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความคิด ประสบการณ์ ความสามารถ และทักษะต่าง ๆ ในเวลาเดียวกัน โดย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2551: ออนไลน์) ได้ ให้เหตุผลในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ว่าจะทำให้เกิดความสัมพันธ์ และเชื่อมโยงความคิด รวบยอดของศาสตร์ต่าง ๆ ทำให้เกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ (Transfer of Learning) ช่วยลดความ ซ้ำซ้อนของเนื้อหาต่าง ๆ และยังสามารถตอบสนองความสามารถของนักเรียนซึ่งมีหลายด้าน ช่วย สร้างความรู้ ทักษะ และเจตคติ นอกจากนี้ ยังมีความเชื่อว่าการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการจะ สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยที่นักเรียนจะมีการรวมข้อมูลพื้นฐาน (Data) นำมาสร้างเป็น ข้อมูล (Information) และรวมข้อมูลต่าง ๆ นำมาสร้างเป็น ความรู้ (Knowledge) จากนั้นจะรวมความรู้ สร้างเป็น สติปัญญา (Wisdom) (กรมวิชาการ. 2543: 1-2) ซึ่งจะเป็นการทำให้ นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสนองความจำเป็นในชีวิต (ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศ นา แหมมณี. 2548: 9; กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2555: 13)

ทั้งนี้ สสวท. ได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาใช้เป็น แนวทางสำหรับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มี การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2556: 4; สสวท. 2558ก: ออนไลน์) ใน รายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขามาผสมผสานกันอย่างลงตัว อาทิเช่น วิทยาศาสตร์ เน้นความเข้าใจ ในธรรมชาติ เทคโนโลยี เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง และพัฒนา วิศวกรรมศาสตร์ ว่า ด้วยการคิดสร้างสรรค์ และคณิตศาสตร์ ว่าด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยที่นักเรียน

สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในอนาคต (พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. 2556: 50)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับ ที่มาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เป็นแนวคิดของ จอห์น ล็อก นักปรัชญาชาวอังกฤษ ที่ว่า นักเรียนจะสนใจเฉพาะสิ่งที่จำเป็น และใช้บ่อย และไม่สามารถที่จะเรียนทุกสิ่งทุกอย่างได้ทั้งหมด ซึ่งจากแนวคิดดังกล่าว จอห์น ดิวอี้ ได้นำมาใช้ในการศึกษา โดยให้ความสำคัญต่อการจัดกิจกรรมที่จะนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจกรรมพื้นฐานต่าง ๆ ของนักเรียนในการดำรงชีวิต เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการเรียนรู้ โดยมีการนำสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กันกับศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ ทำให้เกิดความสัมพันธ์เชื่อมโยงของความคิดรวบยอดของการเรียนรู้ ช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ไปได้ สามารถตอบสนองต่อความสามารถในหลาย ๆ ด้านของนักเรียน ทั้งนี้ยังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง จะทำให้สิ่งที่เรียนรู้มีความหมายและสามารถตอบสนองต่อความจำเป็นในชีวิตของนักเรียนได้ ทั้งนี้ สะเต็มศึกษา ก็นับว่าเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการแบบสหวิทยาการ ในรายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในอนาคต

1.3.3.2 ความหมายและลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง ของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ในส่วนของความหมายนั้น ซึ่งนักการศึกษา และนักวิจัยทางการศึกษาได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นกระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามความสนใจความสามารถ เพื่อนำมาใช้แสวงหาความรู้ความเข้าใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (กรมวิชาการ. 2543: 1; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์) โดยได้มีการเชื่อมโยง ผสมผสานเนื้อหาวิชาของศาสตร์ต่าง ๆ ทำให้มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน (ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แคมมณี. 2548: 10; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์; ฉันทนา วิริยะเวชกุล. 2558: 16; Lake, K. 2016: Online; citing Humphreys; et al. 1981. A Interdisciplinary Methods: A Thematic Approach. p. 11) ซึ่ง จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบองค์รวม (กิตติชัย สุทธาสโนบล. 2555: 14) และส่งผลให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม สามารถนำความรู้ ทักษะ และเจตคติไปสร้างชิ้นงานแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์; กิตติชัย สุทธาสโนบล. 2555: 14)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการได้ว่า เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระของศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้คือ รายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ เพื่อให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ ทักษะ และเจตคติไปสร้างชิ้นงาน หรือเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ นั้น ไม่ใช่วิธีสอนวิธีใดวิธีหนึ่งแต่เป็นหลักในการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ ในการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อจะเป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน (อุดมศักดิ์ ชีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์) ดังนั้นครูต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ คือ 1) คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านความสามารถทางสติปัญญา อารมณ์สังคม ความพร้อมของร่างกาย และจิตใจ 2) สร้างโอกาสในการเรียนรู้ที่หลากหลายและเพียงพอที่จะให้นักเรียนได้ใช้เป็นแหล่งค้นคว้าหาความรู้ตามความถนัด ความสนใจ 3) เนื้อหาสาระและกระบวนการเรียนรู้เชื่อมโยงกับเหตุการณ์และสิ่งแวดล้อม ทำให้นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง (สุวัฒนา จิตวัฒนพงศ์. 2548: 130) ในการนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา เอกสาร บทความของนักการศึกษา กรมวิชาการ (2543: 4-5) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2551: ออนไลน์) ฉันทนา วิริยเวชกุล (2558: 17) กิตติชัย สุทธาสโนบล (2555: 15; อ้างอิงจาก UNESCO. 1981. "Integrating Subject Areas in Primary Education Curriculum") กล่าวถึงลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มีความสอดคล้องกัน เป็นการบูรณาการระหว่างความรู้ และกระบวนการเรียนรู้ บูรณาการระหว่างพัฒนาการทางความรู้ และทางจิตใจ บูรณาการระหว่างความรู้และการกระทำ บูรณาการระหว่างสิ่งที่เรียนรู้ในโรงเรียน และชีวิตประจำวัน และบูรณาการระหว่างวิชาต่าง ๆ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การบูรณาการระหว่างความรู้ และกระบวนการเรียนรู้ (Integration of Knowledge and Learning Process) ปัจจุบันความรู้มีมากมาย และมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น หากไม่ใช้วิธีการเรียนรู้ที่ทันสมัย มาใช้ อาจไม่เพียงพอที่จะก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้กระบวนการเรียนรู้ใหม่ๆ ที่เหมาะสม

2. การบูรณาการระหว่างพัฒนาการทางความรู้ และทางจิตใจ (Integration of Cognitive and Affection) การให้ความสำคัญแก่เจตคติ ค่านิยม ความสนใจและสุนทรียภาพแก่นักเรียนในการแสวงหาความรู้ ก่อให้เกิดความซาบซึ้งก่อนลงมือศึกษาซึ่งเป็นการจูงใจให้เกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี ไม่ใช่จะเน้นแต่เพียงองค์ความรู้เพียงอย่างเดียว

3. การบูรณาการระหว่างความรู้ และการกระทำ (Integration of Knowledge and Conduct) ซึ่งการเรียนรู้ที่สามารถนำความรู้สู่การปฏิบัติได้นั้น จึงนับว่าเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย ดังนั้นการให้ความสำคัญระหว่างองค์ความรู้ที่ศึกษากับการนำไปปฏิบัติจริงโดยนำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง

4. การบูรณาการระหว่างสิ่งที่ได้เรียนรู้ในโรงเรียน และชีวิตประจำวัน (Integration of School Learning with The Actual Life of The Learner) โดยมีการตระหนักถึงความสำคัญแห่งคุณภาพชีวิต เมื่อผ่านการเรียนรู้แล้วต้องมีความหมาย และคุณค่าต่อชีวิตของนักเรียนอย่างแท้จริง

5. การบูรณาการระหว่างวิชาต่างๆ (Integration of Subject Areas) เพื่อให้เกิดความรู้ เจตคติ และการกระทำที่เหมาะสมกับความต้องการ ความสนใจของนักเรียนอย่าง

แท้จริง ตอบสนองต่อคุณค่าในการดำรงชีวิตของนักเรียนในแต่ละคน สามารถเชื่อมโยงความรู้ของรายวิชาต่าง ๆ เพื่อตอบสนองนักเรียนได้อย่างเหมาะสม และตรงความต้องการ

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการได้ว่า ในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการนั้น เป็นการรวมประสบการณ์การเรียนรู้จากหลายสาขาวิชา จะช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งที่เรียนกับสิ่งที่พบในชีวิตจริง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด ความสามารถ และทักษะอย่างหลากหลาย และเต็มศักยภาพ ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ ครูควรเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ ได้ลงมือปฏิบัติ ส่งเสริมการทำงานกลุ่ม จัดประสบการณ์ตรงให้กับนักเรียน เน้นการปลูกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรมที่ถูกต้อง รวมไปถึง บรรยากาศชั้นเรียน ที่ส่งเสริมให้นักเรียนในการกล้าคิด และกล้าแสดงออก

1.3.3.3 ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือสำหรับตอบสนองสัจพจน์ที่มีการผสมผสานวิสัยทัศน์ กระบวนการ เทคนิคที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยการสอดแทรกความรู้ศาสตร์ต่าง ๆ และคุณธรรม จริยธรรมอย่างเหมาะสม (ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แหมมณี. 2548: 11) จากการศึกษาเอกสาร บทความ งานวิจัย วรรณวิชาการ (2543: 6-9) อุดมศักดิ์ ธีระกาญจน์ (2545: ออนไลน์) ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แหมมณี (2548: 11-12) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2551: ออนไลน์) จันทนา วิริยเวชกุล (2558: 21-23) UNESCO – UNEP (1994: 51) Frazee; & Rudnitski (1995: 140-141) เกี่ยวกับแนวคิดที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งผู้วิจัยสรุป เกี่ยวกับรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ได้ดังนี้ คือ

1. แบบสอดแทรก (Infusion) เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยครูคนเดียว โดยการสอดแทรกเนื้อหาของวิชาอื่น ๆ เข้าไปในวิชาที่สอน ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ และสามารถใช้ทักษะและกระบวนการเรียนรู้แสวงหาความรู้ ซึ่งการบูรณาการแบบสอดแทรก มีข้อดีคือครูสามารถบริหารจัดการทั้งเนื้อหาวิชา กิจกรรมการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ (จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 22) แต่ข้อจำกัด คือ ครูคนเดียวอาจไม่มีความชำนาญในเนื้อหาวิชาบางเรื่อง (อุดมศักดิ์ ธีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์; จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 22)

2. แบบคู่ขนาน (Parallel) เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยครูตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ที่สอนต่างวิชากันแต่มีการวางแผนตัดสินใจร่วมกันว่าจะดำเนินการจัดแผนการเรียนรู้และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (กรมวิชาการ. 2543: 7; อุดมศักดิ์ ธีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์; ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แหมมณี. 2548: 12; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์; จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 22; Frazee; & Rudnitski. 1995: 140) โดยมุ่งสอนในหัวเรื่อง (Theme) ความคิดรวบยอด (Concept) และปัญหา (Problem) (ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แหมมณี. 2548: 12; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์) ซึ่งงานที่ได้รับมอบหมาย กิจกรรม และการประเมินผลจะ

แตกต่างกันในแต่ละรายวิชา (อุดมศักดิ์ ชีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์; จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 22) การบูรณาการแบบคู่ขนาน มีข้อดี คือเนื้อหาวิชา กิจกรรมการเรียนรู้ลดความซ้ำซ้อนช่วยให้เกิดการทำงานร่วมกัน (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์) แต่มีข้อจำกัด คือต้องใช้เวลาในการวางแผน (อุดมศักดิ์ ชีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์; จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 22)

3. แบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะคล้ายแบบคู่ขนาน มีการวางแผนตัดสินใจร่วมกันว่าจะดำเนินการจัดแผนการเรียนรู้ และมีการทำกิจกรรมการเรียนรู้ (กรมวิชาการ. 2543: 9; ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แคมมณี. 2548: 12; อุดมศักดิ์ ชีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์; Frazee; & Rudnitski. 1995: 140) โดยมุ่งสอนใน หัวเรื่อง ความคิดรวบยอด และปัญหา แต่มีการมอบหมายงาน หรือโครงการ (Project) ร่วมกันเพื่อนำมาเชื่อมโยงรายวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (กรมวิชาการ. 2543: 9; ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แคมมณี. 2548: 12) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ มีข้อดี คือ ลดความซ้ำซ้อนของกิจกรรมการเรียนรู้ และนักเรียนเห็นความสำคัญของการนำความรู้ไปใช้กับชีวิตจริง (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์) แต่มีข้อจำกัด คือ ต้องใช้เวลาในการวางแผน (อุดมศักดิ์ ชีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์; จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 22)

4. แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการสร้างเรื่อง (Theme) ขึ้นมา แล้วนำความรู้จากวิชาต่าง ๆ มาสัมพันธ์กับหัวเรื่องนั้น (UNESCO - UNEP. 1994: 51) ครูต่างมาวางแผนการสอนร่วมกันในการกำหนด หัวเรื่อง ความคิดรวบยอด และ ปัญหาเดียวกัน ซึ่งจะเป็นการนำความรู้จากสาขาวิชาต่าง ๆ มาสัมพันธ์กับหัวเรื่อง โดยมีการใช้กิจกรรมเดียวกันในการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ มีข้อดี คือ แต่ละวิชามีผู้เชี่ยวชาญประจำวิชา แต่มีข้อจำกัด คือ ใช้เวลาในการวางแผน (จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 22)

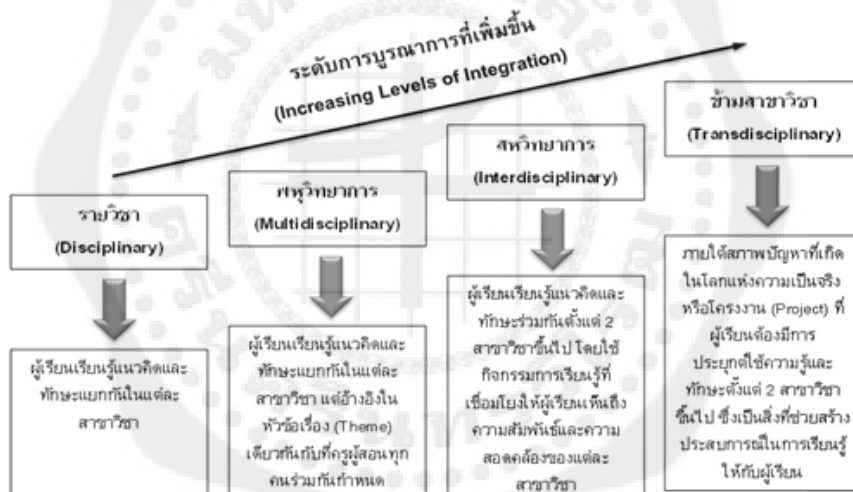
5. แบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีครูในสาขาวิชาต่าง ๆ มาร่วมกันสอนเป็นคณะหรือเป็นทีม มีการวางแผน ปรัชญาหรือร่วมกัน โดยการกำหนด หัวเรื่อง ความคิดรวบยอด และปัญหาร่วมกัน แล้วร่วมกันดำเนินการสอน เป็นคณะ โดยมีนักเรียนกลุ่มเดียวกัน (กรมวิชาการ. 2543: 10; ดวงเดือน อ่อนน้อม; และ ทิศนา แคมมณี. 2548: 12; อุดมศักดิ์ ชีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์; จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 23) การจัดการเรียนรู้แบบข้ามสาขาวิชา มีข้อดี คือ ครู และนักเรียนมีเป้าหมายร่วมกันชัดเจน ลดความซ้ำซ้อนของกิจกรรม (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551: ออนไลน์) แต่มีข้อจำกัด คือ ต้องใช้ครูหลายคน (อุดมศักดิ์ ชีระกาญจน์. 2545: ออนไลน์; จันทนา วิริยเวชกุล. 2558: 23)

6. แบบบูรณาการ (Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการอย่างหลากหลายให้กับนักเรียนในเรื่องของ เนื้อหา ความคิดรวบยอด ทักษะ เจตคติ และความเชื่อ ที่มียุทธวิธีทำให้เป็นการสอนที่ต้องอาศัยความหลากหลายวิธี และที่เป็นไปได้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ เลือกที่จะปฏิบัติในสิ่งที่ต้องการจะเรียนรู้ ตามความถนัด ความสนใจของตนเอง (Frazee; & Rudnitski. 1995: 141) การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มีข้อดี คือ นักเรียนได้ลงมือ

ปฏิบัติจริง และ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง แต่มีข้อจำกัด คือ ครูยังคงต้องรับภาระเนื้อหาวิชาที่ไม่ชำนาญ

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับ ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการแบบทั่วไป ได้ว่า ในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้มีความรู้แบบองค์รวม ที่มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ และสอดคล้องกับชีวิตจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะ และความสามารถอย่างเต็มที่ มีรูปแบบของการบูรณาการ คือ แบบสอดแทรก แบบคู่ขนาน แบบพหุวิทยาการ แบบสหวิทยาการ แบบข้ามสาขาวิชา และแบบบูรณาการ

แต่สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration), การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration), การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) และ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Trandisciplinary Integration) (สสวท. 2558ก: ออนไลน์) ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงระดับการบูรณาการที่เพิ่มขึ้นสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ที่มา: Jo Anne Vasquez; Cary Sneider; & Michael Comer. (2013). *Three Approaches to Integrated STEM*. p. 73.

จากภาพประกอบที่แสดงระดับของการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นสามารถสรุปเกี่ยวกับการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้ว่า รูปแบบของการบูรณาการที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความสามารถทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ ในการที่จะนำความรู้

ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อมาประยุกต์ใช้หรือเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้น และสามารถที่จะทำให้นักเรียนได้เห็นถึงการเชื่อมโยงของความรู้ และทักษะกระบวนการระหว่างรายวิชานั้น มีรูปแบบที่เหมาะสมคือ ระดับการบูรณาการแบบสหวิทยาการ และแบบข้ามสาขาวิชา แต่ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดในระดับของการบูรณาการแบบสหวิทยาการมาเป็นแนวทางสำหรับการจัดการเรียนรู้ เนื่องจาก การบูรณาการแบบสหวิทยาการนั้น มีจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ ว่าความรู้และทักษะกระบวนการเป็นสะพานที่เชื่อมโยงระหว่างรายวิชา ซึ่งครูจะมีการกำหนดหัวเรื่อง ขึ้นมาแล้วนำความรู้มาจากรายวิชาต่าง ๆ มาโยงความสัมพันธ์ ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมที่มีลักษณะการเชื่อมโยงกันของความรู้ และทักษะกระบวนการ ของรายวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ครูสามารถที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้ภายในวิชาที่ตนเองรับผิดชอบ ไม่มีผลกระทบกับครูท่านอื่น ทำให้มีความเหมาะสมกับบริบทของชั้นเรียนที่จะทำการศึกษา

1.4 การนำสะเต็มศึกษามาใช้ในประเทศไทย

จากรายงานสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Research Council) ถึงความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลายนั้น ทำให้เกิดเป้าหมาย 3 ประการในการนำ สะเต็มศึกษามาใช้ 1) เพื่อเพิ่มจำนวนของนักเรียนให้เกิดความสนใจและประกอบอาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา 2) เพื่อขยายความร่วมมือในกำลังคนทางด้านสะเต็ม 3) เพื่อทำให้นักเรียนเป็นผู้รู้ทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Johnson. 2013: 367)

สำหรับประเทศไทยอาจมีเหตุผลความจำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น นักเรียนที่สนใจเรียนสาขาวิทยาศาสตร์น้อยลง เนื่องจากการเรียนที่ยาก แต่สาขาศิลปศาสตร์เรียนได้ง่ายกว่า งานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หายากกว่า ได้ค่าตอบแทนน้อยกว่างานด้านอื่น ๆ เช่น บันเทิง ธุรกิจ ท่องเที่ยว แฟชั่น หรือ การกีฬา แต่เหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นแบบ สะเต็มศึกษา คือ 1) ความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติ เช่น เกาหลี สิงคโปร์ และจีน ถึงแม้ว่านักเรียนไทยสามารถชิงเหรียญรางวัลในการแข่งขันโอลิมปิกวิชาการ แต่การทดสอบความรู้และทักษะด้านการอ่านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดย PISA และ TIMSS แสดงให้เห็นว่าเยาวชนไทยยังแพ้เยาวชนอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำ แต่ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ และ จากผลการจัดอันดับดัชนีความสามารถด้านการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค). 2557: 1) สถาบันเพียร์สัน (Pearson) ได้จัดอันดับดัชนีความสามารถด้านการเรียนรู้ (Learning Curve Index) ซึ่งพบว่า ในปี ค.ศ. 2014 ประเทศไทยอยู่ในอันดับ 35 จาก 40 ประเทศ 2) ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้

ปานกลาง ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นประเทศที่มีรายได้ต่ำ แต่ปัจจุบันไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง โดยการพัฒนาที่อาศัยค่าแรงราคาถูกและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากมายในประเทศ ในอนาคตข้างหน้าค่าแรงของไทยกำลังเพิ่มสูงขึ้น และทรัพยากรเริ่มขาดแคลน ดังนั้นการที่ประเทศไทยจะยกระดับรายได้ให้สูงขึ้นอีก ในปี พ.ศ. 2555 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้นำเสนอการบูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ (Country Strategy) เพื่อให้ไทยหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ไทยจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะในการสร้างนวัตกรรมเป็นสิ่งที่คนรุ่นใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา 3) กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติว่าในปี 2554 ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน 39 ล้านคน แต่มีเพียง 3 ล้านคน หรือต่ำกว่าร้อยละสิบของแรงงานทั้งหมด ที่เป็นกำลังคนที่ทำงาน โดยอาศัยความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) ในจำนวนนี้ร้อยละ 89 สำเร็จการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี (มนตรี จุฬารัตนพล. 2556: 8-9) และจากวิเคราะห์การพัฒนาระบบการศึกษาและการพัฒนาด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กรณีศึกษา 10 ประเทศ (สุพัตรา พาวีสันติ; และ พลอยมรกต หุ้มนเรืองวงศ์. 2558?: 3-4) ได้เสนอแนะการพัฒนาการจัดการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทางสะเต็มศึกษา ของประเทศไทย จากกรณีศึกษา 10 ประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ฟินแลนด์ ญี่ปุ่น สิงคโปร์ เกาหลีใต้ นิวซีแลนด์ ออสเตรเลีย บราซิล และจีน โดยได้ศึกษาจากข้อมูลการศึกษาจาก 1) ผลของดัชนีวัดความสามารถทางเชาว์ปัญญา และการบรรลุทางการศึกษาซึ่งจัดทำโดย สถาบันเพียร์สัน และ The Economist Intelligence Unit (EIU) และ 2) ผลของการประเมินผล PISA พบว่า ประเทศทั้ง 10 ประเทศ มีการตื่นตัวสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้านสะเต็มศึกษา อย่างชัดเจน เนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น การพัฒนาด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว รวมถึงการขาดแคลนกำลังคนหรือแรงงานทางด้านสะเต็มภายในประเทศ ดังนั้นประเทศเหล่านี้จึงใช้การพัฒนาการเรียนการสอนด้านสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาระบบการศึกษาของคนในชาติ โดยมีแนวทาง อาทิเช่น มีการปฏิรูปหลักสูตรและรูปแบบการสอนที่เน้นการมีส่วนร่วมของนักเรียน เน้นการเรียนรู้แบบสืบเสาะ และการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีการวาง นโยบาย กลยุทธ์และเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนด้านสะเต็มศึกษา อย่างชัดเจน ซึ่งจะมีการกำหนด เป้าหมาย วัตถุประสงค์ แนวทางการเรียนรู้และการร่วมมือของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

สสวท. (2556?: 9-15) เป็นหน่วยงานหลักในการยกระดับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จึงได้จัดตั้งเครือข่ายสะเต็มศึกษาประเทศไทย เพื่อเป็นกลไกในการขับเคลื่อนแนวคิดสะเต็มศึกษาให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมในชั้นเรียนทุกระดับชั้นเพื่อยกระดับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ ซึ่งมีศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (National STEM Education Center: NSEC) เป็นหน่วยงานในการกำกับดูแลของ สสวท. โดยมียุทธศาสตร์ในการดำเนินงาน คือ 1) การทำให้เกิดความร่วมมือของทุกภาคส่วน 2) จัดให้มีการ

พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทั้งในและนอกห้องเรียน ตั้งแต่ระดับประถมศึกษา 3) การพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา ให้สามารถนำกิจกรรมการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาไปสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และ เพื่อเป็นการสนับสนุนยุทธศาสตร์ดังกล่าว จึงได้มีการจัดตั้งหน่วยงาน 1) ศูนย์สะเต็มภาค 2) โรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา และ 3) เครือข่ายระบบสนับสนุน ที่ประกอบด้วย เครือข่ายมหาวิทยาลัยพี่เลี้ยง วิชาการ เครือข่ายศึกษานิเทศก์สะเต็มศึกษา เครือข่ายครูพี่เลี้ยงวิชาการสะเต็มศึกษา ระบบเชิดชูเกียรติผู้มีความสามารถด้านสะเต็ม ระบบ iSTEM และเครือข่ายทูตสะเต็มขึ้น

ในการจัดการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะประสบความสำเร็จได้นั้น กิตติชัย สุทธาสิโนบล. (2557: 88) กล่าวว่า มีปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จ คือ 1) ต้องเชื่อมั่นและทำในสิ่งที่แตกต่าง สร้างวิสัยทัศน์และวัฒนธรรมการเรียนรู้ในแบบของโรงเรียนที่เน้นความก้าวหน้าทางวิชาการและเทคโนโลยีของบุคคลในศตวรรษที่ 21 2) ครูในโรงเรียนต้องทำงานร่วมกันพัฒนากระบวนการจัดการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษาในลักษณะชุมชนวิชาชีพ (Professional Learning Communities) ให้เกิดขึ้นในโรงเรียน ร่วมมือร่วมใจ ร่วมคิด ร่วมทำ ในการปรับเปลี่ยนการเรียนการสอน 3) มีการออกแบบกิจกรรมหลักสูตรนอกโรงเรียนหรือนอกเวลาเรียน โดยเน้นกิจกรรมที่ออกแบบอย่างรอบคอบและสร้างสรรค์ 4) โรงเรียนต้องให้ความสำคัญและมีคำตอบในการสร้างโอกาสในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนอย่างเท่าเทียมกัน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล และ 5) โรงเรียนควรแสวงหาความร่วมมือและทรัพยากรท้องถิ่น ซึ่งการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นความพยายามจากหลายภาคส่วนในการขับเคลื่อน

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับ การนำสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้ในประเทศไทย ได้ว่า เนื่องจากปัญหาด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยที่พบในปัจจุบัน อาทิ เช่น 1) จำนวนนักเรียนสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลง 2) ผลการประเมินผลทั้งในระดับประเทศ และระดับนานาชาติบ่งชี้ว่าการศึกษาวissenschaftและคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนมีคุณภาพต่ำโดยเฉลี่ย 3) การจัดการศึกษาวissenschaftและเทคโนโลยีไม่สนองความต้องการในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของชาติ สำหรับประเทศไทย สสวท. ได้จัดตั้งศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติขึ้น ซึ่งจากยุทธศาสตร์ ดังกล่าว ทำให้มีการขับเคลื่อนและดำเนินงานในการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในโรงเรียนทั่วประเทศ ซึ่งการนำแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้ จะช่วยทำให้นักเรียนมีความรู้และมีทักษะที่จำเป็น สามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคต รวมทั้งสามารถแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ ได้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ดังนั้นครูจึงมีความจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งทำให้ผู้วิจัยซึ่งเป็นครูสอนวิทยาศาสตร์สนใจที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้อาวุธศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 เป้าประสงค์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น โดยมีองค์ประกอบ 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่นำมาบูรณาการ โดยมีลักษณะดังนี้

1. วิชาวิทยาศาสตร์ (Science: S) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 50; กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2557: 84) ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (ชลธิป สมาหิโต. 2558: 103) โดยเรียนรู้ผ่านทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 50)

2. วิชาเทคโนโลยี (Technology: T) เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงาน เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา พัฒนา ปรับปรุง (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 50; กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2557: 84; ชลธิป สมาหิโต. 2558: 104) ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 50; ชลธิป สมาหิโต. 2558: 104) ผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 50) ซึ่งเทคโนโลยี จะประกอบไปด้วย ความรู้ กระบวนการ และ เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการ (ชลธิป สมาหิโต. 2558: 104) ซึ่งการเรียนรู้จะอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้ที่ใช้อยู่หรือโครงการเป็นฐาน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 50)

3. วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการออกแบบ การวางแผน เพื่อแก้ปัญหา และการพัฒนานวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556: 50; กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2557: 84; ชลธิป สมาหิโต. 2558: 104-105) โดยอาศัยองค์ความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยี (กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2557: 84) ซึ่งบทบาทของวิศวกรรมศาสตร์ ในสะเต็มศึกษานั้นจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล การคิดเป็นระบบ พร้อมทั้งฝึกความเพียรพยายาม และความรอบคอบ (ชลธิป สมาหิโต. 2558: 104-105)

4. วิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics: S) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดคำนวณ และการพิสูจน์ (กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2557: 84) ซึ่งครอบคลุมทั้งในส่วนของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเนื้อหาเกี่ยวกับจำนวนและกระบวนการ การวัด เรขาคณิต การวิเคราะห์ข้อมูล และความน่าจะเป็น ซึ่งบทบาทของคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษา นั้นจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา การคิดเป็นเหตุเป็นผล ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้ (ชลธิป สมาหิโต. 2558: 105)

ในการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM literacy) เป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญของหลักสูตรที่ควรบรรจุไว้ในโรงเรียน โดยทั่วไปการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หมายถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ทักษะ กระบวนการและความสามารถของบุคคลที่มีต่อการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา ที่สัมพันธ์กับบุคคล สังคม

และประเด็นที่เกี่ยวกับโลก การรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ยังรวมไปถึงการบูรณาการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และความสัมพันธ์ทั้งสี่สาขาเข้าด้วยกัน โดยการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีดังนี้ 1) มีความรู้ เจตคติและทักษะนำไปสู่การระบุคำถามและปัญหาของสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติและรูปแบบของโลก และมีการลงข้อสรุปจากหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในประเด็นปัญหาต่าง ๆ 2) มีความเข้าใจลักษณะของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ว่าเป็นความรู้ของมนุษย์ที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้ และ การออกแบบ 3) มีความตระหนักถึงรูปแบบของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทั้งด้านเนื้อหาสาระ การใช้ปัญญา และวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อม 4) มีส่วนร่วมในประเด็นที่สัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และให้แนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ว่าเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับพลเมือง (Bybee. 2010: 31; 2013: 5)

นอกจากนี้ Morison (2006: Online) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการส่งเสริมคุณภาพการสอน และการประเมินผลนักเรียน สิ่งทีนักเรียนจะได้พัฒนาจากการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา คือ สามารถที่จะกำหนดคำถามและปัญหา ออกแบบ และค้นคว้าเพื่อรวมกลุ่มข้อมูล สร้างข้อสรุป และสามารถประยุกต์ความเข้าใจเหล่านั้นไปสู่สถานการณ์ใหม่ ๆ หรือที่ไม่เคยมีมาก่อนได้ นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมกับการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยแก้ในการปัญหา 2) ความเป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์ คือ สามารถสร้างสรรค์โดยใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นหลักการในการประยุกต์ไปสู่ การออกแบบกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยนักเรียนต้องสามารถวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตที่จะศึกษาแนวทางแก้ปัญหาหรือการออกแบบกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของโลกปัจจุบัน 3) ความสามารถในการประดิษฐ์ คือ รู้ความต้องการของสังคมและ ทำการทดลองและออกแบบอย่างสร้างสรรค์ด้วยการบูรณาการทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อนำไปสู่การนำไปใช้จริง 4) ความเชื่อมั่นในตนเอง คือ สามารถที่จะสร้างแรงกระตุ้นในการพัฒนาตนเองและมีแรงจูงใจในการพัฒนาความรู้และเพิ่มความเชื่อมั่นในตนเองในการทำงานในช่วงเวลาหรือสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงซึ่งแตกต่างกันไปได้ 5) ความคิดอย่างมีเหตุผล คือ สามารถเข้าใจเหตุผลและตรรกะผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมต่าง ๆ ได้ 6) ความรู้ทางเทคโนโลยี คือ มีความเข้าใจและสามารถอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี การพัฒนาทักษะที่จำเป็น และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับ เป้าประสงค์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อาจกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้มีารู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดย สามารถนำความรู้ เจตคติและทักษะต่างๆ มีการสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบ และการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งจะสามารถพัฒนานักเรียนให้มี ความสามารถในการแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความสามารถในการประดิษฐ์ มีความเชื่อมั่นในตนเอง มีความคิดอย่างมีเหตุมีผล และมีความรู้ทางเทคโนโลยี

1.6 รูปแบบการจัดกิจกรรมที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รูปแบบการจัดกิจกรรมที่สนับสนุนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น จากการศึกษาค้นคว้า เอกสาร งานวิจัย ที่เกี่ยวข้องของนักการศึกษา ได้แก่ กิตติชัย สุทธาสีโนบล (2557: 85-87) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2557: 23) จำรัส อินทลาภาพร; และคนอื่นๆ (2558: 65) ชลาริพ สมานิติ (2558: 105) ซึ่งผู้วิจัย สามารถสรุปรูปแบบการจัดกิจกรรมที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ดังนี้

1. ลักษณะการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Teaching and Learning)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อยู่บนพื้นฐานของการสืบเสาะซึ่งเป็นแนวทางที่ทำให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ นักเรียนต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญคือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการสำรวจตรวจสอบ หรือ การทดลอง เพื่อให้เข้าใจทั้งเนื้อหาในบทเรียน และแนวคิดที่ได้นักเรียนได้รับของแต่ละบทเรียน (กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2557: 85; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2557: 23) อาจใช้ การสืบเสาะหาความรู้ แบบ 5E มีการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ขอบเขตที่จะศึกษา และใช้วิธีการตรวจสอบที่หลากหลาย เช่น ทำการทดลอง การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งการสอนด้วยวิธีการนี้ช่วยเพิ่มให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2557: 23) และ การสืบเสาะหาความรู้ แบบ 6E Learning by Design ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการเพิ่มขึ้นตอน ทางด้าน วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ทำให้เกิดความชัดเจนในการสอดแทรกกระบวนการออกแบบทาง วิศวกรรมศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อการแก้ปัญหา (Burke. 2014: 15)

2. มีลักษณะการสอนที่ใช้ปัญหาหรือโครงการเป็นฐาน (Problem - based Learning and Project-based Learning)

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทาย การคิดของนักเรียน (จำรัส อินทลาภาพร; และคนอื่นๆ. 2558: 65) กิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติตาม ความสนใจของนักเรียน ครูเป็นผู้จัดประกายและให้คำปรึกษา (กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2557: 85) นักเรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถาม และแก้ปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาพร้อมกันภายในกลุ่ม เพื่อกำหนดกรอบแนวคิด หรือขอบเขตที่จะศึกษาแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาช่วยในการแก้ปัญหา มีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ของนักเรียน มีโอกาสทำงาน

ร่วมกันเป็นกลุ่ม (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2557: 23) ในการนำไปสู่การสร้างโครงงาน เพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาใช้ในการแก้ปัญหา (ชลาริป สมาหิโต. 2558: 105)

3. เป็นการบูรณาการสื่อเทคโนโลยีเข้ามามีใช้ในการจัดการเรียนรู้ (Digital Curriculum Integrated with Digital Teaching Technologies) สื่อเทคโนโลยีจะช่วยให้การส่งเสริมการสอน และการเรียนของนักเรียน เนื้อหาได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยโดยผู้สอนหรือจากโรงเรียน สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทันทีจากการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2557: 23) โดยครูมีการบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสม สู่กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งการบูรณาการสื่อเทคโนโลยี จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ เปิดโอกาสให้ประยุกต์ใช้ความรู้แก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน (กิตติชัย สุชาติโนบล. 2557: 86)

จากการจัดกิจกรรมที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีลักษณะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถสนับสนุน และส่งเสริมได้ คือ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบใช้ปัญหาและโครงงานเป็นฐาน และการ บูรณาการสื่อเทคโนโลยี เข้ามาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำการสืบเสาะหาความรู้ แบบ 5 ขั้น (5E) มาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจาก เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ครูวิทยาศาสตร์มีความคุ้นเคย และเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ สสวท. ได้ส่งเสริมให้นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์มาเป็นระยะเวลานาน (สสวท. 2545: ออนไลน์) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่สนใจ หรือเป็นเรื่องที่มีการเชื่อมโยงจากประสบการณ์เดิม (สสวท. 2545: ออนไลน์; Bybee; et al. 2006: 1; Llewellyn. 2005: 47) ซึ่งครูจะทำหน้าที่จัดกิจกรรมเพื่อกระตุ้น ยั่วเย้า หรือ ทำท่ายั่วยุให้นักเรียน (Trowbridge; & Bybee. 1996: 215; สสวท. 2545: ออนไลน์) เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและ กำหนดประเด็นที่จะศึกษา มีการกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดในเรื่องที่จะศึกษา อาจมีการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยนำไปสู่ความเข้าใจในเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางในการตรวจสอบอย่างหลากหลาย (สสวท. 2545: ออนไลน์)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสารสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบ เช่น ทำการทดลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ (สสวท. 2545: ออนไลน์; Llewellyn. 2005: 47) ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบเสาะหาข้อมูลอย่างเต็มที่ (Trowbridge; & Bybee. 1996: 216)

3. **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนนำข้อมูลข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างตาราง แผนผัง ฯลฯ (สสวท. 2545: ออนไลน์) ซึ่งนักเรียนจะได้อธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับการค้นพบ (Bybee; et al. 2006: 1) ในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับการตั้งที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ (สสวท. 2545: ออนไลน์)

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้มีความรู้และขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ให้กว้างขวางและลึกซึ้ง เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ (สสวท. 2545: ออนไลน์; Bybee; et al. 2006: 1) ซึ่งครูต้องคอยช่วยกระตุ้น ให้นักเรียนได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ รวมทั้งนักเรียนควรจะมีการตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ที่ได้กับสมาชิก (Llewellyn. 2005: 48-49)

5. **ชั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ (Trowbridge; & Bybee. 1996: 217) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสาธิต หรือยกตัวอย่าง (Llewellyn. 2005: 49) ซึ่งนักเรียนจะได้รับการตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด (สสวท. 2545: ออนไลน์)

การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E เป็นวิธีการหนึ่งสอดคล้องกับฐานแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นหา หรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจาก การเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่ ผ่านการอภิปรายโดยใช้กระบวนการกลุ่ม ครูเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวก เพื่อฝึกให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองจนเกิดการเรียนรู้ (ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว. 2558: 31) จึงนับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ครู ควรจะมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทครู และบทบาทนักเรียน ดังตาราง 1 เพื่อช่วยให้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 1 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ แบบ 5E

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - ตั้งคำถามที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือเนื้อหาสาระ	- ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนั้นจึงเกิดขึ้น ได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนั้น - แสดงความสนใจ
2. ขั้นสำรวจ และค้นหา	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน - สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียน - ชักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ - ให้นักเรียนเรียนในการคิดข้อสงสัย ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม - ทดสอบและคาดคะเนสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นให้กับผู้อื่น - บันทึกการสังเกต และให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุป
3. ขั้นอธิบาย และ ลงข้อสรุป	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอด หรือให้คำจำกัดความ ด้วยคำพูดของตนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน - ฟังคำอธิบายของผู้อื่นอย่างวิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้อื่นได้อธิบาย - ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมา - ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก/สังเกตในการอธิบาย

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4. ขยาย ความรู้	- คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชื่อบอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ และการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ - ให้นักเรียนอธิบายอย่างหลากหลาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถาม นักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวคิดอะไร	- นำการชื่อบอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาตัดสินใจและออกแบบการทดลอง - ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ - บันทึกการสังเกตและอภิปราย - ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ
5. ขั้นการ ประเมินผล	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น	- ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกตหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว - แสดงออกถึงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ - ประเมินความก้าวหน้าของตนเอง - ถามคำถามเพื่อให้มีการตรวจสอบต่อไป

ที่มา: Douglas Llewellyn. (2005). *The 5E Learning Cycle*. pp. 49-50.

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E เป็นกรอบแนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีนักการศึกษา สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2558: 15-16) Kukula; & Harbor (2009: 202-204) Ceylan; & Ozdilek (2014: 225-226) Mc Connell; & Dickerson (2014: 26-28) Maryland State Department Education (2015: Online) ได้นำเสนอแนวคิด และการจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในแต่ละขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนที่เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้มีการระดมความคิดเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา โดยมีการตั้ง/กำหนดประเด็นคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 15; Kukula; & Harbor. 2009: 202; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 225; Mc Connell; & Dickerson. 2014: 26; Maryland State Department Education. 2015: Online) เฉพาะสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (Ceylan; & Ozdilek. 2014: 225; Maryland State Department Education. 2015: Online)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสำรวจ สืบค้นข้อมูล มีการวางกรอบแนวคิดที่จะใช้ดำเนินการในการจัดระบบการทำงาน เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 15; Kukula; & Harbor. 2009: 202; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 225; Mc Connell; & Dickerson. 2014: 26; Maryland State Department Education. 2015: Online) นอกจากนี้แล้ว นักเรียนยังได้มีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 15; Maryland State Department Education. 2015: Online)

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการวิเคราะห์ แผลผล (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 16) มีการให้คำอธิบาย เกี่ยวกับแนวทางที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา (Kukula; & Harbor. 2009: 202-203; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 225; Mc Connell; & Dickerson. 2014: 26-27; Maryland State Department Education. 2015: Online) และสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์และแผลผล และสื่อสารเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหา (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2557: 16; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 225; Maryland State Department Education. 2015: Online)

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสามารถนำแนวคิดความรู้ที่ได้รับไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 16; Kukula; & Harbor. 2009: 203-204; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 226; Mc Connell; & Dickerson. 2014: 27; Maryland State Department Education. 2015: Online) โดยมีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 16; Maryland State Department Education. 2015: Online) และมีการเชื่อมโยงการทำงานหรือผลงานไปสู่งานอาชีพ (STEM Careers) (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558:16; Maryland State Department Education. 2015: Online)

5. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการประเมินผลของคำตอบความสำเร็จของผลงาน (Kukula; & Harbor. 2009: 204; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 226) โดย มีการสะท้อนความคิดเห็นจากคำตอบ วิธีการในการแก้ปัญหา สาธิตความเข้าใจผ่านการปฏิบัติงาน การตรวจสอบผลงาน (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 16; Mc Connell; & Dickerson. 2014: 28; Maryland State Department Education. 2015: Online)

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์แนวทางในการจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังตาราง 2

ตาราง 2 วิเคราะห์แนวทางในการจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และการจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E	การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ขั้นสร้างความสนใจ	มีการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและกำหนดประเด็นที่จะศึกษา	มีการตั้งประเด็นปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน คำถามที่ท้าทาย เพื่อให้นักเรียนระดมความคิด
ขั้นสำรวจและค้นหา	มีการวางแผนกำหนดแนวทาง การสำรวจ ตรวจสอบ มีการลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวมข้อมูล	สำรวจ สืบค้นข้อมูลเพื่อเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และจัดระบบ รวบรวมข้อมูลเพื่อเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	มีการอธิบายแนวคิด สรุปหลักการ จากหลักฐานที่ได้และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ	วิเคราะห์และแปลผลข้อมูล มีความสามารถในการสื่อสาร และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์และแปลผล

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E	การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ขั้นขยายความรู้	มีการนำความรู้ที่สร้างนำไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้เพื่อขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ที่ได้ในการนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ	มีการตรวจสอบ ต่อยอดความรู้ในการหาแนวทางแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ พร้อมทั้งระบุ วิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงานหรือผลงานไปสู่งานอาชีพ (STEM Careers)
ขั้นการประเมินผล	มีการรับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ การประเมินการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการต่าง ๆ	มีการสะท้อนความคิดเห็นของคำตอบ วิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติงาน การตรวจชิ้นงาน

จากตารางดังกล่าวข้างต้น พบว่า การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และการแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นั้นมีส่วนที่สอดคล้องกัน คือ นักเรียนมีการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้จากตนเอง ผ่านการอภิปรายโดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อฝึกให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จนเกิดการเรียนรู้ โดยที่การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นั้นได้มีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิด หลักการในการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ จะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ที่มีการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

การสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีการกำหนดบทบาทครู และบทบาทนักเรียน (สุพรรณิ ซาญประเสริฐ. 2558: 15-16; Maryland State Department Education. 2015: Online) พอสรุปได้ ดังตาราง 3

ตาราง 3 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ แบบ 5E
สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นสร้าง ความสนใจ	- ควรใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การกำหนดประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ - ควรนำอภิปรายประกอบการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ - ควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากค้นหาคำตอบโดยการออกแบบและปฏิบัติการด้วยตนเอง	- ระบุปัญหาได้อย่างชัดเจนจากประเด็นหรือสถานการณ์ที่ครูหรือนักเรียนกำหนดขึ้น - ระดมความคิดเห็นร่วมกันเพื่อหาคำตอบหรือแนวทางในการแก้ปัญหา
ขั้นสำรวจ และค้นหา	- ควรกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นก่อนการมอบหมายงานให้นักเรียนออกแบบและทำการสำรวจ เช่น ความสำเร็จของงาน ระยะเวลา วัสดุอุปกรณ์ เป็นต้น - ควรสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียน - ควรเป็นผู้ชี้แนะในการใช้คำถามเพื่อนำไปสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วนที่จำเป็นที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์ และการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน - ควรชี้แนะแนวทางในการทำงาน และควรให้นักเรียนแต่ละคนออกแบบตามความคิดของตนเอง ต่อจากนั้นให้ภายในกลุ่มร่วมกันวางแผนการทำงานร่วมกัน โดยการระดมความคิดเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็น แนวคิดของกลุ่ม	- นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจ สืบค้นข้อมูล และมีกระบวนการความรู้ ทักษะหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ - ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลและนำมาประกอบการตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา การวางแผน และออกแบบการเลือกใช้วัสดุ - ลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อเลือกหาแนวทางหรือวิธีการซึ่งมีความเหมาะสมที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือการหาคำตอบในประเด็นหรือสถานการณ์ที่

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นสำรวจ และค้นหา (ต่อ)	- ควรสนับสนุนแหล่งเรียนรู้ สื่อ และอุปกรณ์ประกอบการทำงานของนักเรียน - ควรออกแบบใบกิจกรรมในการทำงานพอสังเขป เพื่อให้ นักเรียนสามารถบรรลุเป้าหมายตามแนวทางการเรียนที่นอกจากองค์ความรู้แล้วยังมุ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาการวางแผน กระบวนการออกแบบอย่างเป็นระบบ - มีการสำรวจการทำงานกลุ่ม และกระตุ้นการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการออกแบบหรือทดลองประสิทธิภาพของงาน	กำหนดให้ และลงมือปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมี การวางแผนและออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ร่วมด้วย
ขั้นอธิบาย และ ลงข้อสรุป	- ควรสะท้อนความคิดต่อผลการปฏิบัติงานของนักเรียน - ใช้คำถามช่วยกระตุ้นหรือนำเข้าสู่เป้าหมายที่สำคัญของการเรียนรู้ - ชี้แนะให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	- วิเคราะห์และจัดการกระทำกับข้อมูลที่ได้ - สามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ และเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้โดยการนำเสนอวิธีการออกแบบ การแก้ปัญหา รวมทั้งวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน - สามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและการสื่อสาร

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นขยาย ความรู้	- สะท้อนความคิดต่อผลการปฏิบัติงานของนักเรียน - มีการใช้คำถามนำไปสู่การเชื่อมโยงและต่อยอดความรู้	- สามารถปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหา การสร้างสิ่งที่เป็นต้นแบบหรือแบบจำลอง - สามารถปรับปรุงกระบวนการออกแบบ การทดลองหรือแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับการต่อยอดความรู้หรือในการดำเนินการครั้งต่อไป - สามารถระบุและวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของการทำงาน การออกแบบ หรือผลงานไปสู่งานอาชีพ
ขั้นประเมินผล	- สะท้อนความคิดต่อผลการปฏิบัติงานของนักเรียน - วางแผนการประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีการประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์ในการประเมิน	- สามารถสะท้อนความคิดเห็นต่อคำตอบ วิธีการแก้ปัญหาในประเด็นที่ซับซ้อนหรือความท้าทาย - มีส่วนร่วมในกระบวนการตรวจทานงานหรือตรวจสอบผลงาน - สามารถสาธิตแสดงความเข้าใจผ่านงานที่มีการลงมือปฏิบัติ

ที่มา: สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2558, มกราคม-กุมภาพันธ์). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารสสวท. 43(192): 15-16.

จากแนวทางการจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ผู้วิจัยจะได้นำไปสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

1.7 แนวทางการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาแนวทางในการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น สสวท. (2557: 17-24) กล่าวว่า การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ควบคู่กันกับการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน เป็นกระบวนการที่จะได้ข้อมูลสารสนเทศ ที่แสดงถึงพัฒนาการความก้าวหน้าและความสำเร็จของนักเรียน รวมทั้งได้ข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้ตามศักยภาพ สำหรับการวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่นักเรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อตัวนักเรียนและครูที่จะได้ทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของนักเรียนว่าอยู่ในระดับใด ซึ่งแนวทางการวัดผลและประเมินผลมีดังนี้

1. การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) คือ เป็นการประเมินความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้านโดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้ ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ

1.1 การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

1.2 สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อนความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของนักเรียน ในแง่ของผู้ผลิต และกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่านักเรียนสามารถจดจำ ความรู้อะไรได้บ้าง

1.3 เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นประเมินศักยภาพโดยรวมของนักเรียน ทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฯลฯ

1.4 การประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้าน และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของนักเรียนที่ควรจะให้ส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ ตามความสนใจ และ ความสามารถของแต่ละบุคคล

1.5 ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

1.6 เป็นการประเมินที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเอง และสามารถพัฒนาตนเองได้

1.7 เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่านักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ เช่น 1) สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่ม 2) ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน 3) การสัมภาษณ์ 4) บันทึกของนักเรียน 5) การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู 6) การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ 7) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน 8) การทดสอบ ฯลฯ

2. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment) คือ ความสามารถของนักเรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้ ซึ่งลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของนักเรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของนักเรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

2.1 การมอบหมายงานให้ทำ งานที่มอบให้ทำ ต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของนักเรียน นักเรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2.2 การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้นักเรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

2.3 การกำหนดตัวอย่างงานให้ และให้นักเรียนศึกษางานและปฏิบัติตามขั้นตอนให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ถาวรศึกษาเนื้อเยื่อพืช การทำเฮอร์บาเรียม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น

2.4 การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของนักเรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

2.5 การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริง จะลดความสำคัญของการทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังมีความจำเป็น เนื่องจากใช้วัดความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจในหลักการต่าง ๆ ได้ ดังนั้นในกระบวนการประเมินจึงยังคงใช้แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ ความจำ แต่จะมุ่งเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูง แบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนตอบและสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน

โดยสรุปเกี่ยวกับแนวทางการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อาจกล่าวได้ว่า มีแนวทางในการวัดและประเมินผล คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งประเมินได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริง ทำการประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และผลงานที่ได้

2. จิตนิสัย (Habits of Mind)

2.1 จิตนิสัยทั่วไป (General Habits of Mind)

2.1.1 ความหมายของจิตนิสัยทั่วไป

จากการศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยของนักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้ให้ความหมายของจิตนิสัย ไว้ว่า เป็น คุณลักษณะของบุคคลที่มีการใช้ความคิดในการแก้ปัญหา (แม้นมาศ สีสัตยกุล. 2545: 19; Marzano. 1992: 131-134; Resnick. 1999: 38-40; Costa. 2000: 21) โดยเน้นให้ นักเรียนได้มีการพัฒนาความคิด เช่น ความคิดวิจารณ์ญาณ (Critical Thinking) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) และการกำกับความคิดของตนเอง (Self-regulation Thinking) (Marzano. 1992: 131-134; Tishman. 2000: 51) ซึ่งมีอิทธิพลอย่างสูงต่อแนวคิด การตัดสินใจเพื่อนำมาใช้ในการวางแผน กำหนดยุทธวิธีที่หลากหลาย ในการแก้ปัญหา (แม้นมาศ สีสัตยกุล. 2545: 19; บริบูรณ์สุข บัญชรเทวกุล; และคนอื่นๆ. 2547: 51-53; Resnick. 1999: Online; Costa. 2000: 21) ดังนั้นเมื่อนักเรียนสามารถนำมาปฏิบัติในการแก้ปัญหาหรือการทำงานจนเป็นนิสัย ส่งผลให้นักเรียนสามารถเผชิญกับปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Costa. 2000: 21)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความหมายของจิตนิสัย ได้ว่า คุณลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถในการใช้ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัย ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจ และการแก้ปัญหาในการทำงาน ทำให้สามารถเผชิญกับปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถรู้คำตอบได้ในทันทีอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.2 องค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป

จากการศึกษาองค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไปของนักการศึกษา จิราภรณ์ คงคัม (2548: 15-18) เฮนรี ทอย (2554: 43-137) Marzano (1992: 138-139) Costa (2008: 15-38) ผู้วิจัยได้รวบรวมองค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป ไว้ดังนี้

1. การมีความมุ่งมั่น (Persisting) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความพยายาม และความอดทน ในการทำงานให้สำเร็จ (Marzano. 1992: 139; Costa. 2008: 18) ไม่ยอมแพ้เมื่อต้องเผชิญปัญหา มีความสามารถที่จะวิเคราะห์ปัญหา และ มีการสร้างระบบ แบบแผนหรือยุทธวิธีขึ้น เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา มีการรวบรวมข้อมูลหลักฐานเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และถ้าหากพบว่ายุทธวิธีหนึ่งใช้ไม่ได้ ก็จะมีการลองยุทธวิธีอื่น ๆ ต่อไป (จิราภรณ์ คงคัม. 2548: 15; Costa. 2008: 18) โดยนอกจากนี้ ผู้ที่มีความมุ่งมั่น จะไม่รู้สึกกังวลกับสถานการณ์ที่ท้าทาย และความไม่แน่นอน (เฮนรี ทอย. 2554: 102)

2. การจัดการความหุนหัน (Managing Impulsivity) คือ ลักษณะของบุคคลที่ทำงานอย่างละเอียดรอบคอบ คิดก่อนทำ ซึ่งจะมีการคาดการณ์ถึงผลการกระทำ แผนงาน เป้าหมาย จุดหมายปลายทาง ก่อนลงมือปฏิบัติ (จิราภรณ์ คงคัม. 2548: 15; เฮนรี ทอย. 2554: 124; Marzano. 1992: 139; Costa. 2008: 19) โดยพวกเขาจะแสวงหา ความชัดเจน และมีการทำความเข้าใจกับทิศทางต่าง ๆ พัฒนายุทธวิธีในการเข้าถึงปัญหา (เฮนรี ทอย. 2554: 124-12; Costa. 2008: 19)

3. การฟังผู้อื่นด้วยความเข้าใจและใส่ใจ (Listening with Understanding and Empathy) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความสนใจและใส่ใจฟังผู้อื่น สามารถเข้าใจความรู้สึกนึกคิด หรือเข้าใจในมุมมองของบุคคลนั้น ซึ่งบุคคลกลุ่มนี้มีความสามารถในการถ่ายทอดมุมมองแนวคิด ภาวะความรู้สึกหรืออารมณ์จากท่วงท่าหรือวาจา ทั้งการแสดงออกถึงแนวคิด อารมณ์ และปัญหา ของผู้อื่นได้อย่างแม่นยำ สิ่งเหล่านี้ นักจิตวิทยาบางคนเชื่อว่า เป็นรูปแบบสูงสุดของพฤติกรรม ความฉลาด (จิราภรณ์ คงคัม. 2548: 15-16; เฮนรี ทอย. 2554: 68-70; Costa. 2008: 20)

4. การมีความคิดอย่างยืดหยุ่น (Thinking Flexibly) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงความคิดเมื่อได้รับข้อมูลใหม่ที่ต้องการ และมีการวิเคราะห์ คนที่มีความยืดหยุ่นจะสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ดีเพราะสามารถเปลี่ยนแปลงความคิดตามข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติม (จิราภรณ์ คงคัม. 2548: 16; Costa. 2008: 21-22) โดยบุคคลที่มีความยืดหยุ่น สามารถมองปัญหาได้จากแง่มุมใหม่ โดยใช้วิธีการใหม่ๆ ซึ่งเรียกว่า การคิดแบบบรมิ (Radiant Thinking) บุคคลที่มีความยืดหยุ่นจะรู้ดีว่าพวกเขามีทางเลือก และสร้างทางเลือกใหม่ขึ้นมาได้ ด้วยเหตุนี้ การคิดอย่างยืดหยุ่นจึงมีความสำคัญต่อสังคมที่มีความหลากหลาย ทำให้บุคคลนั้นสามารถเข้าใจถึงภาพรวม และความแตกต่างของประสบการณ์ในโลกที่ซับซ้อนมากขึ้น (เฮนรี ทอย. 2554: 43)

5. การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน (Thinking about our Thinking) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการกำกับความคิดของตนเอง (จิราภรณ์ คงคัม. 2548: 16; Marzano. 1992: 138; Costa. 2008: 24) ทำให้ทราบว่าเรารู้อะไรแล้ว และยังไม่รู้อะไรบ้าง มีการวางแผน

และรู้ตัวตลอดเวลาว่ากำลังทำอะไรอยู่ อยู่ในขั้นตอนใด และคอยประเมินตนเองตลอดเวลา (เฮนรี ทอย. 2554: 127)

6. การพยายามให้ถูกต้องแม่นยำ (Striving for Accuracy and Precision) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความพยายามในการหาวิธีการที่นำมาใช้ตรวจสอบงานของตน ที่ได้รับมอบหมายอย่างมีประสิทธิภาพ (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 16; Costa. 2008: 26) ในการทำงานที่สำคัญนั้น หมายความว่าต้องใช้ความพยายามเป็นพิเศษเพื่อทำให้เกิดการสร้าง ความมั่นใจในคุณภาพและความเที่ยงตรงแม่นยำ (เฮนรี ทอย. 2554: 113)

7. การถามและตั้งปัญหา (Questioning and Posing Problems) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความใฝ่รู้ โดยการถามคำถามให้เพิ่มเติมในสิ่งที่ตนรู้และสิ่งใดที่ยังไม่รู้ (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 16; เฮนรี ทอย. 2554: 91-92; Costa. 2008: 27) โดยที่ผู้ถามคำถามที่ดีมักจะถามคำถามแบบครอบคลุม เช่น แหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพียงไร (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 16)

8. การประยุกต์ใช้ความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ (Applying Past Knowledge to New Situation) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการเรียนรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่หรือวิธีการที่เคยเรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาใหม่ที่เผชิญ (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 16; Costa. 2008: 28) ซึ่งคนฉลาดเรียนรู้จากประสบการณ์ เวลาเผชิญปัญหาที่มีความซับซ้อนใหม่ ๆ พวกเขาจะดึงประสบการณ์จากอดีตของเขาออกมาใช้ (เฮนรี ทอย. 2554: 93-94; Costa. 2008: 28)

9. การคิด และการสื่อสารได้อย่างชัดเจน และถูกต้อง (Thinking and Communicating with Clarity and Precision) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถสื่อสารความคิดของตนเองไปยังผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งภาษาพูด และการคิดสัมพันธ์กันอย่างแน่นแฟ้น ซึ่งการใช้ภาษาที่กำกวมก็จะสะท้อนถึงความคิดที่กำกวม (เฮนรี ทอย. 2554: 116; Costa. 2008: 29) ดังนั้น บุคคลจึงควรสื่อสารอย่างถูกต้องทั้งการพูด และการเขียน (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 16-17; เฮนรี ทอย. 2554: 116; Marzano. 1992: 138; Costa. 2008: 29)

10. การรวบรวมข้อมูลจากทุกการสัมผัส (Gathering Data through all Senses) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถในการหาข้อมูลจากวิธีการที่หลากหลาย โดยผ่านทางประสาทสัมผัส เช่น จากการลิ้มรส ดมกลิ่น การสัมผัสทางกาย การเคลื่อนไหว การได้ยิน การมองเห็น (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 17; เฮนรี ทอย. 2554: 75; Costa. 2008: 30-31) การเรียนรู้ทางภาษา ศิลปะ และพลศึกษา เกิดจากการสังเกตสิ่งแวดล้อม และบันทึกผ่านประสาทสัมผัสต่าง ๆ (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 17; Costa. 2008: 30)

11. การมีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และการคิดเชิงนวัตกรรม (Creating, Imagining, and Innovating) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักคิดค้นประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ คนที่มีความคิดสร้างสรรค์ จะพยายามทำความเข้าใจกับปัญหา และหาทางออกต่างจากคนอื่น ตรวจสอบทางเลือกอื่นที่เป็นไปได้จากหลายแง่มุม และพร้อมยอมรับคำวิจารณ์ของผู้อื่น เพื่อให้ผลงานดีขึ้น (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 15; Costa. 2008: 31) ซึ่ง นวัตกรรม คือ การเลือกสรร การพัฒนา และการนำเอาความคิดสร้างสรรค์มาประยุกต์ใช้ การคิดเชิงนวัตกรรม ต้องมีองค์ประกอบทั้งการคิดเชิง

วิจารณ์ญาณ และสร้างสรรค์ โดยบุคคลที่ไม่คิดเชิงวิจารณ์ญาณมักจะยอมรับหรือปฏิเสธข้อมูล หรือความคิดโดยไม่ไตร่ตรอง ซึ่งจะทำให้เกิดอันตราย (เฮนรี ทอย. 2554: 51)

12. การตอบสนองด้วยความสงสัย (Responding with Wonderment and Awe) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความสนใจ ใฝ่รู้ อยากลองทำ อยากแก้ปัญหา พวกเขาจะมีการค้นหา ปัญหา และแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง (Costa. 2008: 32) ชอบการทำหาย มีความสนุกสนานในการ เรียนรู้สิ่งใหม่ และ ชอบที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 17) ซึ่งการตอบสนองด้วยความสงสัยเป็นการแสดงออกอย่างเด่นชัดอย่างหนึ่งที่ปราศจากความกลัว การปลดจากอคติ และ อารมณ์ (เฮนรี ทอย. 2554: 78)

13. การมีความรับผิดชอบในการเสี่ยง (Taking Responsible Risks) คือ ลักษณะของบุคคลที่เข้าไปอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 17; Costa. 2008: 33) คนที่มีความยืดหยุ่นมักจะมีผลการทำนายอย่างแรงกล้าที่จะทำอะไรให้เกินตัวเข้าไว้ มักจะชอบอยู่ในสถานการณ์ที่หาคำตอบไม่ได้ ยอมรับกระบวนการที่สับสน ไม่แน่นอนและความเสี่ยงสูงต่อความสำเร็จ (เฮนรี ทอย. 2554: 105-106; Costa. 2008: 33) และกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ทักษะใหม่ ๆ (เฮนรี ทอย. 2554: 105-106)

14. การมีอารมณ์ขัน (Finding Humor) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความสามารถในการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ปรากฏในแง่มุมที่เฉพาะตัว และทำงานด้วยความสนุก (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 17; Costa. 2008: 35) ซึ่ง ดร.แพตซ์ อัดัมส์ พบว่า อารมณ์ขันทำให้มีการปลดปล่อยของ ความคิดสร้างสรรค์และกระตุ้นให้เกิดทักษะการคิดระดับสูง เช่น การพยากรณ์ การค้นหา ความสัมพันธ์ใหม่ ๆ การสร้างมโนภาพ และการอุปมาอุปไมย (เฮนรี ทอย. 2554: 136-137)

15. การคิดอย่างพึ่งพา (Thinking Interdependently) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน มีการแสดงความคิดเห็นร่วมกัน (เฮนรี ทอย. 2554: 86; Costa. 2008: 36-37) สามารถคิดประสานไปกับกลุ่ม และมองเห็นความจำเป็นที่ต้องช่วยเหลือกัน (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 17)

16. การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (Learning Continuously) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความอยากรู้อยากเห็น พยายามหาความรู้ใหม่ ๆ ตลอดเวลา (จิราภรณ์ คงคุ้ม. 2548: 18) ซึ่ง บุคคลกลุ่มนี้ ต้องการความถูกต้อง และมีการแสวงหาข้อมูลใหม่ มองปัญหาและอุปสรรค ว่าเป็นโอกาสในการเรียนรู้ (Costa. 2008: 38) ซึ่งบุคคลที่ฉลาดจะมีลักษณะที่ต้องเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (เฮนรี ทอย. 2554: 86)

สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่าองค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป มี 16 ประการ คือ 1) การมีความมุ่งมั่น 2) การจัดการความหุนหัน 3) การฟังผู้อื่นด้วยความเข้าใจและใส่ใจ 4) การมีความคิดอย่างยืดหยุ่น 5) การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน 6) การพยายามให้ถูกต้องแม่นยำ 7) การถามและตั้งปัญหา 8) การประยุกต์ใช้ความรู้กับสถานการณ์ใหม่ 9) การคิดและการสื่อสารได้อย่างถูกต้องและชัดเจน 10) การรวบรวมข้อมูลจากทุกประสาทสัมผัส 11) การมีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และการคิดเชิงนวัตกรรม 12) การตอบสนองด้วยความสงสัย 13) การมีความ

รับผิดชอบในการเสี่ยง 14) การมีอารมณ์ขัน 15) การคิดอย่างพึ่งพา และ 16) การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

2.1.3 มิติของการพัฒนาจิตนิสัยทั่วไป

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัยให้เกิดขึ้นกับนักเรียนนั้น ไม่สามารถที่จะทำได้อย่างทันทีทันใด จึงทำให้มีนักการศึกษาจำนวนมากพยายามที่จะพัฒนายุทธวิธีในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัย และนักการศึกษาส่วนใหญ่ได้ใช้การสร้างตระหนักรู้ให้เกิดขึ้นกับนักเรียน (Students' Awareness) โดยผ่านการตั้งคำถาม เพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับจิตนิสัยโดยตรง ซึ่งการตั้งคำถามสามารถกระทำได้ทั้งก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น “ถ้าต้องการให้งานที่ได้รับมอบหมายประสบความสำเร็จ เราจะใช้จิตนิสัยใดที่นำมาใช้ในการปฏิบัติงาน” “ถ้าขณะปฏิบัติงานเกิดประสพปัญหาขึ้น จิตนิสัยใดที่จะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้” (Costa; & Kallick. 2009: 36) ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัยให้กับนักเรียน จะสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้ได้ ครูควรศึกษาเกี่ยวกับมิติของการพัฒนาจิตนิสัย ซึ่ง แอนเดอร์สัน คอสตา และ คอลลิค (Anderson; Costa; & Kallick. 2008: 60-62) ได้กล่าวถึงมิติของการพัฒนาจิตนิสัยว่าเป็นสิ่งที่จะช่วยให้ครูสามารถวางแผนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัยให้เกิดขึ้นกับนักเรียนได้ ประกอบด้วย 5 มิติ ดังนี้

1. การค้นหาความหมาย (Exploring Meaning) เป็นมิติของการพัฒนาที่จะสะท้อนให้เห็นความสามารถของนักเรียนในการศึกษา ค้นหาและสื่อสารความหมายของจิตนิสัย ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนได้มีความเข้าใจรายละเอียดอย่างลึกซึ้ง สามารถยกตัวอย่าง และสร้างอุปมาอุปไมย เกี่ยวกับจิตนิสัยได้อย่างหลากหลาย รวมทั้งมีการเชื่อมโยงจิตนิสัยจากประสบการณ์ของตนเอง และจากผู้อื่น เพื่อนำไปสู่แนวทางสำหรับการแก้ปัญหา แอนเดอร์สัน และ คอสตา (Anderson; & Costa. 2008: 76-77) ได้กล่าวว่า การออกแบบการจัดการเรียนรู้ในการค้นหาความหมายมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนเกิดความเข้าใจความหมาย มีความสามารถที่จะใช้ภาษาที่เกี่ยวข้องกับจิตนิสัยได้โดยผ่านการระบุจิตนิสัยที่ตนเองหรือผู้อื่นได้ปฏิบัติ ซึ่งยุทธวิธีที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ การให้นักเรียนได้มีการวิเคราะห์และอภิปรายจิตนิสัยของบุคคล จากหนังสือ ภาพยนตร์ และบุคคลรอบตัว

2. การพัฒนาความสามารถ (Expanding Capacities) เป็นมิติของการพัฒนาที่นักเรียนมีการเรียนรู้ และฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับจิตนิสัย จะทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญ โดยนักเรียนจะได้รับการพัฒนาทักษะ และยุทธวิธี สามารถจะเลือกและจัดลำดับความเหมาะสมของยุทธวิธีที่จะนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสม มีความสามารถในการประยุกต์ใช้ทักษะ และยุทธวิธีในแนวทางอย่างหลากหลายและซับซ้อน แอนเดอร์สัน และ คอสตา (Anderson; & Costa. 2008: 84-86) ได้กล่าวว่า การออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีการพัฒนาความสามารถ มีจุดมุ่งหมาย เพื่อเน้นให้นักเรียนเกิดความชำนาญ สามารถเลือกใช้ยุทธวิธีหรือแนวทางในการทำให้เกิดจิตนิสัยในแต่ละชนิด ซึ่งยุทธวิธีที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้คือ การให้นักเรียนสามารถระบุยุทธวิธีหรือแนวทาง

ในการนำจิตนิสัยไปใช้ และบอกผลที่เกิดจากการนำไปใช้ รวมทั้งมีการทำนายได้ว่ายุทธวิธี นี้ช่วยให้เกิดผลอย่างไร

3. การสร้างความตื่นรู้ (Increasing Alertness) เป็นมิติของการพัฒนานักเรียนที่ได้รับการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และสามารถเลือกใช้จิตนิสัยได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์นั้น เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะได้รับการกระตุ้นจากครู และสมาชิกคนอื่น ๆ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการใช้จิตนิสัยอย่างเหมาะสม แอนเดอร์สัน (Anderson. 2009: 208) ซึ่งได้กล่าวว่า การออกแบบการจัดการเรียนรู้ในการสร้างการตื่นรู้ มีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการถ่ายโอน การประยุกต์ใช้จิตนิสัยในบริบทที่กว้างขึ้น ซึ่งแอนเดอร์สัน (Anderson. 2009: 208-211; citing Fogarty; Perkins; & Barell. 1992) ได้อธิบายถึงยุทธวิธีที่นำมาช่วยในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดการถ่ายโอน การเลือกใช้จิตนิสัยในบริบทที่กว้างขึ้น 5 ยุทธวิธี ดังต่อไปนี้

1) การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ (Anticipating Applications) เป็นการคาดการณ์การนำจิตนิสัยไปใช้ โดยใช้หลักการ เหตุผลว่าสถานการณ์ใดที่เหมาะสมในการใช้จิตนิสัย

2) การแก้ปัญหาในบริบทใหม่ (Parallel Problem Solving) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยเดิมในสถานการณ์ที่แตกต่างออกไป โดยการฝึกให้นักเรียนได้มีการใช้จิตนิสัยบ่อย ๆ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ทุกครั้ง ควรให้นักเรียนได้มีการใช้จิตนิสัย

3) การสรุปหลักการ (Generalizing Concept) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการค้นหาหลักการ หรือ แนวคิดหลัก ในการนำจิตนิสัยไปใช้

4) การใช้อุปมาอุปไมย (Using Analogies) ให้นักเรียนได้ค้นหาตัวอย่างที่ซึ่งสะท้อนถึงหลักการทั่วไป หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน ของจิตนิสัยที่สามารถนำไปใช้

5) การสะท้อนคิด (Metacognitive Reflection) เป็นการสะท้อนถึงสิ่งที่นักเรียนได้คิดเกี่ยวกับความคิดของตนเอง ในการนำจิตนิสัยมาใช้ประโยชน์ในการทำงาน

ซึ่งในการสร้างความตื่นรู้ นั้น ครูควรลดบทบาทในการให้คำแนะนำ โดยเปลี่ยนจากการบอกให้นักเรียนปฏิบัติ เป็นการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้จิตนิสัย (Anderson; & Costa. 2008: 87)

4. การเพิ่มคุณค่า (Extending Values) เป็นมิติของการพัฒนาที่จะสะท้อนจิตนิสัย ที่ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์จากการประสบความสำเร็จในการนำจิตนิสัยไปใช้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเห็นคุณค่า และความสำคัญของการใช้จิตนิสัยว่าเป็นสิ่งที่สามารถใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน แอนเดอร์สัน และ คอสตา (Anderson; & Costa. 2008: 83-86) ได้กล่าวในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ในการเพิ่มคุณค่ามีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าจากการนำจิตนิสัยไปใช้ประโยชน์ ซึ่งยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่า คือการให้นักเรียนได้นำจิตนิสัยไปใช้และเห็นประโยชน์ของการนำไปใช้ในบริบทต่าง ๆ โดยให้

นักเรียนสะท้อนประโยชน์การใช้จิตินิสัยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ การเขียนบันทึก

5. การสร้างความยึดมั่น (Building Commitment) เป็นมิติของการพัฒนาที่นักเรียนมีความตั้งใจในการนำจิตินิสัยไปใช้และพัฒนาปรับปรุงการใช้จิตินิสัย ทำให้นักเรียนสามารถเป็นผู้ที่ชี้หน้าตนเอง ซึ่งนักเรียนจะมีการจัดการตนเองเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้ มีการสำรวจตนเอง และมีการสะท้อนตนเอง จากการประเมิน การปรับปรุงพฤติกรรม การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานที่สูงขึ้น และในการประเมินผลตนเอง จะเปลี่ยนจากการประเมินผลในเชิงปริมาณมาเป็นการประเมินผลเชิงคุณภาพมากขึ้น แอนเดอร์สัน และ คอสตา (Anderson; & Costa. 2008: 84-86) ได้กล่าวว่า การออกแบบการจัดการเรียน ในการสร้างความยึดมั่น มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้มีการใช้จิตินิสัยและประเมินการใช้จิตินิสัย ซึ่งยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างความยึดมั่น คือ การให้นักเรียนได้มีการประเมินพฤติกรรมการใช้จิตินิสัยของตนเองผ่านวิธีการ เช่น รายงานการใช้จิตินิสัยที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ

ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตินิสัยนั้น ครูควรมีความรู้เกี่ยวกับบทบาทครูและบทบาทนักเรียน เพื่อช่วยใช้การจัดกิจกรรมสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตาราง 4

ตาราง 4 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในมิติของการพัฒนาจิตินิสัยทั่วไป

มิติของการพัฒนา จิตินิสัย	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
การค้นหาคำหมาย (Exploring Meaning)	- เตรียมกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำศัพท์ นิยาม แนวคิดที่ได้รับ - แนะนำในการค้นหาคำหมายโดยใช้ตัวอย่าง และไม่ใช้ตัวอย่าง - กระตุ้นให้มีการเชื่อมโยงประสบการณ์จากบุคคลต่าง ๆ จากตัวอย่างในหนังสือ ภาพยนตร์ - การแสดงตัวอย่างของจิตินิสัย - การสอนจิตินิสัยโดยตรง - จัดเตรียมแผนภาพ, โปสเตอร์ และการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ	- ใช้คำศัพท์เกี่ยวกับจิตินิสัยได้ถูกต้อง - มีการสร้างอุปมาอุปไมยของจิตินิสัยได้อย่างหลากหลายและยกตัวอย่างประกอบ - สื่อสารคำหมายของจิตินิสัยได้อย่างหลากหลายและเข้าใจอย่างลึกซึ้ง

ตาราง 4 (ต่อ)

มิติของการพัฒนา จิตนิสัย	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
การพัฒนา ความสามารถ (Expanding Capacities)	- บอกยุทธวิธีใหม่ ๆ และช่วยให้ นักเรียนได้เลือกแนวทางอย่าง เหมาะสม - ให้คำแนะนำในการบูรณาการ การใช้จิตนิสัยในแต่ละกลุ่ม และ ลำดับการใช้ - กระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบายทักษะ และยุทธวิธีในการใช้จิตนิสัย	- ใช้จิตนิสัยได้อย่าง เหมาะสมตามช่วงเวลา - จัดลำดับและจัดกลุ่มการใช้ จิตนิสัยอย่างเหมาะสม - มีการใช้ยุทธวิธีอย่าง หลากหลาย - มีการใช้จิตนิสัยในการวางแผน การทำงานและใช้อย่าง เป็นลำดับ - ประยุกต์ใช้จิตนิสัยใน สถานการณ์ใหม่ ๆ
การสร้างความตื่นตัว (Increasing Alertness)	- กระตุ้นให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ จิตนิสัย ได้อย่างเหมาะสม - ใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ เพื่อช่วยในการ ถ่ายโอนให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยใน สถานการณ์ใหม่ ๆ บริบทใหม่ ๆ	- เลือกใช้จิตนิสัยในบริบทใหม่ - มีการใช้จิตนิสัยได้อย่าง เหมาะสม เมื่อต้องเผชิญ กับสถานการณ์ที่คลุมเครือ หรือสับสน - รับรู้ถึงความหลากหลายของ การใช้จิตนิสัยใน สถานการณ์ต่าง ๆ - เลือกใช้จิตนิสัยได้โดย ปราศจากการช่วยเหลือ - มีเกณฑ์ที่ชัดเจนในการ นำไปใช้ตัดสินใจในการ เลือกใช้จิตนิสัย - อธิบายถึงยุทธวิธีในการเลือกใช้ จิตนิสัย

ตาราง 4 (ต่อ)

มิติของการพัฒนา จิตนิสัย	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
การเพิ่มคุณค่า (Extending Values)	- กระตุ้นให้นักเรียนนำจิตนิสัยไปใช้ในการทำงานจนทำให้ประสบความสำเร็จ - อำนวยความสะดวกและกระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นคุณค่า โดยผ่านทาง แฟ้มสะสมผลงาน การบันทึกออนไลน์ และการเขียนบทความ	- สะท้อนคิดถึงคุณค่าของการใช้จิตนิสัยต่อตนเอง และบุคคลอื่น และการดำเนินชีวิตประจำวันในสถานการณ์ทั่วไป
การสร้างความยึดมั่น (Building Commitment)	- กระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินพฤติกรรมการใช้ ทำให้นักเรียนสามารถชี้หน้าตนเอง - ออกแบบ สร้าง กิจกรรม หรือ สถานการณ์ ที่กระตุ้นสติปัญญา จินตนาการ และการรู้จักของนักเรียน - กระตุ้นให้นักเรียนนำจิตนิสัยไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- มีการรายงานตนเองเกี่ยวกับการใช้จิตนิสัยที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ - รู้จุดเด่น ข้อบกพร่องของจิตนิสัยของตนเอง ที่นำไปสู่การพัฒนา - มีการกำกับตนเองในการประเมินผลพฤติกรรมการใช้จิตนิสัย - ใช้ยุทธวิธีในการประเมินผลเชิงคุณภาพ - บอกเกณฑ์ในการพัฒนาจิตนิสัย

ที่มา: James Anderson; Arthur L, Costa; & Bena Kallick. (2008). Habits of Mind: A Journey of Continues Growth. In *Learning and Leading with Habits of Mind*. pp. 64-68.

ซึ่งแนวทางในการพัฒนาจิตนิสัยดังกล่าว ผู้วิจัยจะได้นำมาเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนา และส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

2.1.4 การประเมินจิตนิสัยทั่วไป

จิราภรณ์ คงคุ้ม (2548: 26-29; อ้างอิงจาก Costa; & Kallick. 2000) กล่าวว่าวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบว่านักเรียนมีจิตนิสัยนั้นสามารถใช้เครื่องมือในการตรวจสอบได้ดังนี้ แบบสำรวจรายการ (Checklist) แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale), รูบริกส์ (Rubric), สัมภาษณ์ (Interview), ระเบียบพฤติกรรม (Anecdotal), ทักษะการปฏิบัติ (Performance), การจัดแสดงนิทรรศการ (Exhibition), บันทึกอนุทิน (Journal) ซึ่ง คอสตา และ คอลลิค ได้กล่าวถึงเครื่องมือที่ใช้วัดจิตนิสัยว่ามีอย่างหลากหลาย เช่น

1. แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึก ซึ่งต้องการให้ผู้สังเกตได้ตรวจสอบลักษณะที่ต้องการสังเกต ดังตาราง 5

ตาราง 5 ตัวอย่างแบบประเมินตนเองในการวัดคุณลักษณะจิตนิสัย

ข้อความ	บ่อยครั้ง	บางครั้ง	ไม่เคย
- ข้าพเจ้าใช้ยุทธวิธีที่หลากหลายในการแก้ปัญหา			
- ข้าพเจ้าจะปฏิบัติงานหรือโครงการที่ได้รับมอบหมายได้สำเร็จลุล่วง			
- ข้าพเจ้าจะวางแผนก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ			

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า แบบมาตราส่วนประมาณค่า เป็นการประเมินที่มีข้อดี คือ 1) ประหยัดเวลา และแรงงานในเก็บรวบรวมข้อมูล 2) เก็บรวบรวมข้อมูลได้จำนวนมาก 3) ง่ายต่อการนำข้อมูลที่ได้อภิเคราะห์ เพื่อสรุปผล แต่มีข้อจำกัด คือ 1) ใช้เวลามากในการสร้าง ข้อคำถาม 2) ข้อคำถามน้อยทำให้ไม่ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัด แต่ถ้ามากไป ผู้ประเมินอาจเบื่อหน่าย 3) ความอคติที่เกิดจากผู้ประเมิน (ชวลิต ชูกำแหง. 2550: 42)

2. การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสม (Portfolios) เป็นการรวบรวมหลักฐานที่เป็นผลจากจิตนิสัย ซึ่งอาจอยู่ในลักษณะแฟ้มเอกสาร สมุดจดที่ตกแต่งให้สวยงามที่แสดงออกถึงความคิด จินตนาการ และความก้าวหน้าของนักเรียน โดยครูจะต้องพิจารณาอย่างลึกซึ้งซึ่งว่า นักเรียนก้าวหน้าอย่างไร ซึ่งจะต้องมีการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนด เรียกว่า รูบริกส์ ดังตาราง 6-7

ตาราง 6 ตัวอย่างรูปรีคัสที่ใช้สำหรับประเมินความมุ่งมั่น

ระดับของงาน	เกณฑ์
ผู้ชำนาญ (Expert)	ไม่ล้มเลิกเหตุการณ์นั้นแม้ว่าจะมีความยุ่งยากในการแก้ไขเพื่อหาคำตอบ มียุทธวิธีในการทำงานที่หลากหลาย
ผู้ปฏิบัติงาน (Practitioner)	ไม่ล้มเลิกและพยายามหาคำตอบหรือแก้ไขปัญหา
คนฝึกงาน (Apprentice)	พยายามหาคำตอบหรือแก้ไขปัญหาด้อย่างสมบูรณ์แต่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ และล้มเลิกการทำงานที่เห็นว่ายากเกินไป
ผู้เริ่มศึกษาใหม่ (Novice)	ล้มเลิกงานที่ยากอย่างรวดเร็วและง่ายดาย

ตาราง 7 ตัวอย่างรูปรีคัสที่ใช้สำหรับประเมินการควบคุมความหุนหัน

ระดับของงาน	เกณฑ์
ผู้ชำนาญ (Expert)	ประเมินเหตุการณ์อย่างรอบคอบและแสวงหาคำแนะนำจากแหล่งข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจก่อนที่จะลงมือกระทำ ค้นหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ และเรียนรู้จากแหล่งที่คิดว่ามี ความสำคัญ
ผู้ปฏิบัติงาน (Practitioner)	ประเมินเหตุการณ์เพื่อตัดสินใจก่อนที่จะลงมือกระทำ และค้นหาข้อมูลตามที่ต้องการใช้
คนฝึกงาน (Apprentice)	ประเมินเหตุการณ์อย่างรวดเร็วเพื่อตัดสินใจก่อนจะลงมือกระทำ และค้นหาข้อมูลที่มีความชัดเจน เข้าใจง่ายขึ้น
ผู้เริ่มศึกษาใหม่ (Novice)	ลงมือกระทำแม้ว่าข้อมูลจะไม่เพียงพอหรือสมบูรณ์ และใช้ข้อมูลที่มีอยู่แม้ว่าน้อยนิดในการตัดสินใจ

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน เป็นการประเมินที่มี ข้อดี คือ 1) ส่งเสริมให้นักเรียน มีการวัดประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง 2) การวัดประเมินมีความยืดหยุ่น และปรับเปลี่ยนได้ (องอาจ นัยวัฒน์. 2557: ออนไลน์) แต่มีข้อจำกัด คือ 1) การประเมินผลงานยังมีปัญหาในเรื่องความเชื่อมั่น ความสอดคล้องกันในการประเมิน อาจเนื่องจากการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินยังไม่ค่อยชัดเจน 2) ใช้เวลามาก เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาในการเก็บรวบรวมผลงาน และครูจะต้องตรวจผลงานเพียงผู้เดียวกับนักเรียนทั้งชั้นเรียน (พีระพงษ์ เครื่องสนุก. 2558: ออนไลน์)

3. ทักษะการปฏิบัติ (Performance) เป็นการประเมินชนิดของพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก โดยจะต้องมีการประเมินดังนี้

3.1 ในระหว่างการวางแผน คือ ครูจะต้องกำหนดกิจกรรมที่สร้างสรรค์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงลักษณะที่ต้องการวัด โดยในขั้นนี้จะมีวิธีการตรวจสอบการวางแผน

3.2 ในระหว่างกระบวนการ เป็นกระบวนการของการปฏิบัติที่กำลังดำเนินการจะแสดงออกในรูปของขั้นตอนการทำงาน ซึ่งจะต้องมีเอกสารที่ใช้สำรวจเกี่ยวกับคุณลักษณะจิตนิสัย

3.3 ในระหว่างการนำเสนอ เป็นการประเมินถึงผลการกระทำว่านักเรียนสามารถที่จะปฏิบัติตามจุดมุ่งหมายในเรื่อง การพยายามให้ถูกต้องแม่นยำ, การคิด และการสื่อสารได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง, การมีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และการคิดเชิงนวัตกรรม, การถามและตั้งปัญหา, การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การประเมินทักษะการปฏิบัติ เป็นการประเมินที่มีข้อดี คือ 1) สอดคล้องกับสภาพจริง 2) เหมาะกับการวัดทักษะหรือประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา แต่มีข้อจำกัด คือ 1) ผลการวัดประเมินไม่คงเส้นคงวา ณ จุดเวลาต่าง ๆ กัน (ความเที่ยงต่ำ) 2) ใช้เวลาในการวางแผนและทำการวัดประเมิน (องอาจ นัยพัฒน์. 2557: ออนไลน์)

4. ระเบียบพฤติกรรม (Anecdotal Record) เป็นการจดบันทึกบรรยายสิ่งที่นักเรียนปฏิบัติซึ่งจะทำให้รายละเอียดของสถานการณ์ที่เป็นคุณลักษณะของจิตนิสัย โดยจะต้องให้ครู และผู้ปกครอง เป็นผู้สังเกตถึงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังตาราง 8

ตาราง 8 ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมความก้าวหน้าของทักษะการคิด

ผู้ปกครอง		ครู		พฤติกรรม
ฤดูใบไม้ร่วง	ฤดูใบไม้ผลิ	ฤดูใบไม้ร่วง	ฤดูใบไม้ผลิ	
				- พยายามทำ : ไม่ล้มเลิกอย่างง่ายดาย
				- แสดงออกถึงความหุนหันเล็กน้อย : คิดก่อนที่จะตอบคำถาม
				- ฟังผู้อื่นด้วยความตั้งใจและใส่ใจ
				- แก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลาย (แสดงถึงความยืดหยุ่นในการคิด)
				- การพยายามให้ถูกต้องและแม่นยำ (ตรวจสอบผลงานให้มีความสมบูรณ์)

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การประเมินโดยใช้ระเบียบพฤติกรรม เป็นแบบประเมินที่มี ข้อดี คือ 1) บันทึกพฤติกรรมที่ได้ตามสภาพความเป็นจริง 2) เหมาะสำหรับสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ในชั้นเรียนเล็ก ๆ แต่มีข้อจำกัดคือ ครู ต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และบันทึกสิ่งที่ได้เห็น ดังนั้นถ้าเป็นห้องเรียนใหญ่ อาจทำให้ข้อมูลที่บันทึกไม่ถี่ถ้วน (ชวลิต ชูกำแหง. 2550: 39-40)

5. บันทึกกอนุนทิน (Journal) เป็นแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการให้นักเรียนได้เขียนบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ มีการกำหนดหัวข้อในการบันทึก ซึ่งเป็นการสะท้อนถึงจิตินสัยที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ ตัวอย่าง เช่น

1. เมื่อนักเรียนตรวจสอบงานของตนเอง แล้วพบว่า...
2. เมื่อนักเรียนคิดหาวิธีการในการแก้ปัญหา นักเรียนทำอย่างไร...
3. เมื่อนักเรียนฟังผู้อื่นอย่างตั้งใจและใส่ใจ จึงเกิดการเรียนรู้ เพราะว่า...

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การประเมินโดยใช้แบบบันทึกกอนุนทิน เป็นแบบประเมินที่มี ข้อดี คือ 1) สามารถแสดงออก หรือสื่อถึงความคิดเห็น 2) ทำให้รู้จักตนเองมากขึ้น และนำมาเป็นข้อคิดในการปฏิบัติตน 3) ช่วยฝึกทักษะการเขียน แต่มีข้อจำกัด คือ ควรมีการกำหนดข้อคำถามที่ชัดเจน เพื่อที่จะสะท้อนถึงสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ (นฤนาถ ชีรภัทรธำรง. 2554: ออนไลน์)

6. การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นเครื่องมือวัดที่ประกอบด้วยกลุ่มของคำถามที่ใช้ถาม และใช้จัดบันทึกในการสัมภาษณ์ (บุญธรรม กิจปรีดาภิรต. 2539: 100) ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นวิธีการที่ผู้ถามและผู้ตอบ ต้องเผชิญหน้ากัน ชักถามหรือสนทนาโดยมีจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (สุวิมล ติรากานนท์. 2550: 125) ดังที่ คอสตา และ คอลลิค (Costa; & Kallic. 2000: 50) กล่าวว่า การสัมภาษณ์จะเป็นโอกาสที่ดีที่ครูจะได้เห็นจิตินสัยของนักเรียน ที่เกี่ยวกับ การฟังผู้อื่นด้วยความเข้าใจ และใส่ใจ การคิดและการสื่อสารได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง และการถามและตั้งปัญหา ซึ่งในการสัมภาษณ์นักเรียน ควรจะมีการสถานการณ์ที่นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับจิตินสัย เช่น

- ในอนาคต นักเรียนจะใช้จิตินสัยใด เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิต
- จิตินสัยใดบ้างที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้

ซึ่งจากการศึกษา พบว่า การสัมภาษณ์ เป็นการประเมินที่มีข้อดี คือ 1) สามารถนำไปใช้ได้กับคนทุกกลุ่ม ทุกเพศ ทุกวัย ไม่มีปัญหาจากการอ่านและเขียน 2) สามารถดัดแปลงและปรับปรุงวิธีการสัมภาษณ์ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ และสามารถอธิบายคำถามที่ผู้ถูกสัมภาษณ์ไม่เข้าใจได้ 3) สามารถสังเกตกิริยาอาการของผู้ถูกสัมภาษณ์ในขณะที่สัมภาษณ์ ซึ่งจะนำไปสู่การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้ แต่มีข้อจำกัดคือ 1) คุณภาพของข้อมูลจากการสัมภาษณ์ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และบุคลิกภาพของผู้ถูกสัมภาษณ์ 2) ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก 3) เมื่อผู้ถูกสัมภาษณ์รู้ตัวว่าถูกสัมภาษณ์จะพยายามตอบทางด้านบวก ทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง (สุวิมล ติรากานนท์. 2550: 131-132)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือสำหรับตรวจสอบจิตนิสัย คือ มาตรฐานประมาณค่า ซึ่งเป็นรูปแบบการประเมินที่จะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับจิตนิสัยในขณะจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนขนาดใหญ่ โดยประหยัดเวลา และง่ายต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ เพื่อสรุปผล และได้ใช้ร่วมกับ แบบสัมภาษณ์นักเรียน จะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของ จิตนิสัยในขณะจัดการเรียนรู้ เนื่องจากจะเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล ในการนำไปใช้ในการประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนต่อไป

2.2 จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind)

2.2.1 ภูมิหลัง

จิตนิสัย เป็นคุณลักษณะของบุคคลที่มีการใช้ความสามารถในการคิดเพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติงานหรือเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา คอสตา (Costa. 2000: 21-38) ได้รวบรวมคุณลักษณะจิตนิสัยทั่วไป ไว้ 16 ประการ ดังกล่าวข้างต้น อาจจะมีคุณลักษณะอื่น ๆ อีกในแต่ละศาสตร์ต่าง ๆ โดยแต่ละศาสตร์ก็จะมีลักษณะเฉพาะของจิตนิสัยที่แตกต่างกันไป เท่าที่ผ่านมาก่อนที่จะมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้มีจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์อยู่แล้ว ซึ่งจิตนิสัยในแต่ละศาสตร์นั้น มีดังนี้

2.2.1.1 จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind: SHoM)

1) ความหมายของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์เป็น ลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิด หรือกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ (ทรายทอง พวกสันเทียะ. 2553: 26; Gauld. 2005: 292; Calik; & Coll. 2012: 1909-1910; Royal Academy of Engineering. 2014: 17; citing Gott; Dugan; & Johnson. 1999) เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งในการส่งเสริมให้นักเรียนได้มีจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์นั้น จะทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะ และความสามารถในการปฏิบัติงาน (Calik; & Coll. 2012: 1909-1910; Royal Academy of Engineering. 2014: 17; citing Gott; Dugan; & Johnson. 1999) และจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes) (Gauld. 2005: 292)

อาจกล่าวโดยสรุปถึงความหมายของ จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ได้ว่าเป็น คุณลักษณะที่นักเรียนได้ใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการปฏิบัติงานตามแนวทางของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง

2) องค์ประกอบของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จาก นักการศึกษา Gauld (2005: 292) Calik; & Coll (2012: 1921-1922) กล่าวถึง องค์ประกอบของ จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ มี 7 ประการ ดังนี้

2.1) ความใจกว้าง (Open-mindedness) คือ การยอมรับแนวคิดใหม่ การพร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงแนวคิดถ้ามีหลักฐานหรือข้อมูลเพิ่มเติม โดยไม่ยึดมั่นในแนวความคิด ของตน

2.2) ความช่างสงสัย (Skepticism) คือ การถามคำถามหรือความสงสัย ในสิ่งที่ตนเองอยากรู้ และแสวงหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับที่ตนเองสนใจ

2.3) ความมีเหตุผล (Rationality) คือ ความสามารถในการแสดงความคิด เห็น ตรวจสอบความถูกต้อง และยอมรับในคำอธิบายอย่างมีเหตุผล โดยการหาข้อมูลที่เชื่อถือ ได้มาสนับสนุนอย่างเพียงพอและอย่างมีเหตุผลก่อนที่ยอมรับคำอธิบายใดๆ

2.4) การไม่ถือตนเป็นใหญ่ (Objectivity) คือ การยอมรับในรูปแบบ การ สืบเสาะหาความรู้ที่แตกต่างกันในแต่ละสาขาวิชา มีความถูกต้องเที่ยงตรงในการรวบรวม ข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล การตีความ โดยไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวเข้าไปเกี่ยวข้อง

2.5) ความไม่ด่วนสรุปเพราะเป็นข้อโต้แย้งจากผู้รู้ (Mistrust of Arguments from Authority) คือ การแสดงเหตุผล ข้อคิดเห็น ที่สงสัยโดยไม่คำนึงถึง ข้อคิดเห็นของ ผู้รู้ที่มีอยู่มาก่อน

2.6) ความรอบคอบในการตัดสินใจ (Suspension of Belief Insufficient) คือ การรวบรวมหลักฐานที่เชื่อถือได้เพียงพอก่อนที่จะตัดสินใจหรือสรุปสิ่งต่าง

2.7) ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) คือ ความปรารถนาที่จะ เรียนรู้กับสิ่งต่าง ๆ ที่ตนเองสนใจและต้องการค้นพบสิ่งใหม่

2.2.1.2 จิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์ (Technological and Engineering Habits of Mind: THoM & EHoM)

1) ความหมายของจิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์

สำหรับในรายวิชาเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยความหมาย ทั่วไปอาจมีข้อแตกต่างกันอยู่บ้าง กล่าวคือ วิศวกรรมศาสตร์จะมุ่งเน้นที่กระบวนการทำงาน หรือ การแก้ปัญหา ในขณะที่เทคโนโลยีจะเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยวิธีการ แต่ในการจัดการเรียนการสอน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้น รายวิชา เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ จะไม่ได้แยกจากกันอย่าง ชัดเจน โดยจะผนวกเอาแนวคิดของทั้งสองเข้าด้วยกัน ดังจะเห็นได้จากกระบวนการเทคโนโลยี (Technological Process) ที่นำมาใช้กับการเรียนการสอน พัฒนามาจากกระบวนการออกแบบทาง เทคโนโลยี (Technological Design Process) และได้รวมกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Design Process) เข้าไปด้วย ซึ่งเป็นกระบวนการของการวางแผนการทำงานอย่าง เป็นขั้นตอน (อุปการ จีระพันธุ์. 2556: 32-34) สอดคล้อง กับเลิฟแลนด์ และดันน์ (Loveland; & Dunn. 2014: 14) ได้วิเคราะห์ มาตรฐานวิศวกรรมศาสตร์ศึกษาสำหรับนักเรียนระดับอนุบาลถึง

มัธยมศึกษาตอนปลาย (Standard for K-12 Engineering Education) ของสภาวิศวกร วิศวกรรมศาสตร์แห่งชาติ (The National Academy of Engineering: NAE) และมาตรฐานเพื่อการรู้เทคโนโลยี (Standard for Technological Literacy) และ ความเป็นเลิศที่ก้าวหน้าในการรู้เทคโนโลยี (Advancing Excellence in Technological Literacy) ของสมาคมเทคโนโลยีศึกษานานาชาติ (International Technology Education Association: ITEA) ต่อมาสมาคมได้เปลี่ยนชื่อเป็น สมาคมนักวิศวกรรมศาสตร์ศึกษาและเทคโนโลยีนานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA) พบว่ามาตรฐานวิศวกรรมศาสตร์ศึกษาสำหรับนักเรียนระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์นั้นมาสนับสนุน และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิด จิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ มีความสอดคล้องกับมาตรฐานเพื่อการรู้เทคโนโลยี และความเป็นเลิศที่ก้าวหน้าในการรู้เทคโนโลยี ก็ได้สนับสนุน และส่งเสริมให้นักเรียน ได้ปฏิบัติงานโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เช่นกัน จะเห็นว่า จิตนิสัยทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจึงเทียบได้กับ จิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ นอกจากนี้เทคโนโลยีก็เกิดจากกระบวนการในการทำงานของวิศวกร ดังนั้น จิตนิสัยทางเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงานจึงกล่าวอ้างอิงได้จากจิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยของนักการศึกษา หลายท่านได้กล่าวถึง จิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์เป็น คุณลักษณะที่บุคคลได้ใช้ความคิด และวิธีการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับนักวิศวกร เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาที่มีความท้าทาย (Royal Academy of Engineering. 2014: 23; Loveland; & Dunn. 2014: 13) ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความคิด และการวิธีการปฏิบัติงานของวิศวกร (Loveland; & Dunn. 2014: 13) ซึ่งคุณลักษณะของจิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ ดังกล่าวนั้นนับว่าเป็นทักษะที่มีความสำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 (NAE. 2010: 45)

อาจกล่าวโดยสรุปถึงความหมายของจิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ ได้ว่า เป็นคุณลักษณะที่นักเรียนได้ใช้ความคิดและวิธีการเพื่อนำมาใช้ในการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับวิศวกรเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาที่ท้าทาย

2) องค์ประกอบของจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของจิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์ จาก NAE (2010: 45) Loveland; & Dunn (2014: 13-16) กล่าวถึงองค์ประกอบของ จิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์ มี 6 ประการ ดังนี้

2.1) การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) ในทางเทคโนโลยี เป็นมุมมองความคิดว่าส่วนต่าง ๆ หรือทุกส่วนของระบบที่เกิดขึ้น มีความสัมพันธ์กับส่วนอื่น ๆ อย่างไร ส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ เป็น การรับรู้ว่าเทคโนโลยีทั้งหมดเป็นระบบที่ความสัมพันธ์กันของส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันและเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ใหญ่กว่า กล่าวโดยสรุป การคิดเชิงระบบ คือการ ให้นักเรียนมีมุมมองในการรับรู้ถึงความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันและองค์ประกอบหนึ่งมีผลต่อองค์ประกอบอื่น ๆ

2.2) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ในทางเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ ช่วยให้เกิดการพัฒนาของเทคโนโลยีผ่านทางกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ มีความจำเป็นต่อกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวโดยสรุป ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากผู้อื่น มีการตรวจสอบหลากหลายแง่มุม โดยผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์

2.3) การมองในแง่ดี (Optimism) ในทางเทคโนโลยี การมองในแง่ดี เป็นแรงจูงใจที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ โดยทำให้นักเรียนมีความ มุ่งมั่น ในการแก้ปัญหา ในการหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับในทางวิศวกรรมศาสตร์ มีแนวคิดที่ว่าปัญหา หรือ อุปสรรคเป็นโอกาส และมีความเข้าใจว่าทุกเทคโนโลยีสามารถพัฒนาดีขึ้นได้ กล่าวโดยสรุป การมองในแง่ดี คือ การให้นักเรียนมีมุมมองหรือมีแนวคิดที่ว่าปัญหา หรือ อุปสรรค เป็นโอกาส ทำให้นักเรียนมีความมุ่งมั่น ตั้งใจ และมีความเข้าใจว่าทุกเทคโนโลยีสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้

2.4) ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) สำหรับ มาตรฐานเพื่อการรู้เทคโนโลยี มีการสนับสนุนการมีปฏิสัมพันธ์ และส่งเสริมความสามารถของนักเรียน ให้มีการ ตั้งคำถาม การสืบเสาะ การออกแบบ การคิดค้น และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ซึ่งสอดคล้องกับทางวิศวกรรมศาสตร์ ความร่วมมือร่วมใจ ส่งเสริมให้เกิดการใช้ประโยชน์จากมุมมอง ความรู้ ความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มที่แตกต่างกันนำมาใช้เพื่อการแก้ปัญหา กล่าวโดยสรุป ความร่วมมือร่วมใจ คือ การทำงานร่วมกันของสมาชิกภายในกลุ่มในการประสานมุมมอง ความรู้ ความสามารถ นำมาใช้ในการตั้งคำถาม การสืบเสาะ การออกแบบ การคิดค้นและสร้างสรรค์ สิ่งใหม่ ๆ

2.5) การสื่อสาร (Communication) ในทางเทคโนโลยี กระบวนการออกแบบนั้น จะมีการแลกเปลี่ยนแนวคิดของสมาชิก อาทิเช่น นิยามปัญหา การระดมความคิด การเลือกวิธีการ การพัฒนาโครงร่างการออกแบบ สร้างรูปแบบหรือต้นแบบ การทดสอบและประเมินผล การออกแบบ การประดิษฐ์คิดค้น จะต้องมีการสื่อสาร ทั้งในส่วนของกระบวนการออกแบบ และการอธิบายถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในทางวิศวกรรมศาสตร์ การสื่อสารเป็น กระบวนการที่บุคคลได้มีการให้ข้อมูล ให้ความรู้ การโน้มน้าว การควบคุม การจัดการ และความบันเทิง ส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ศึกษา นั้น กระบวนการออกแบบจะทำให้มีการสื่อสารกันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม และ ระหว่างครูกับนักเรียน กล่าวโดยสรุป การสื่อสาร คือ ความสามารถในการใช้ภาษา ทำทางสัญลักษณ์ เพื่อสื่อสารความคิดในการออกแบบ อธิบายกระบวนการและผลของการแก้ปัญหา

2.6) การใส่ใจในจรรยาบรรณ (Attention to Ethics Considerations) ในทางเทคโนโลยี การตัดสินใจในการเลือกใช้เทคโนโลยี หรือ การพัฒนาเทคโนโลยี ควรพิจารณาถึงผลกระทบที่ตามมาว่าจะเป็นสิ่งที่พึงประสงค์หรือไม่พึงประสงค์ต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม ส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ ค่านิยม ความรู้ และทักษะที่มีในแต่ละบุคคล จะส่งผลต่อการคำนึงถึงผลกระทบของเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม กล่าวโดยสรุป การใส่ใจในจรรยาบรรณ คือ

การส่งเสริมให้นักเรียนให้ความสำคัญต่อการสร้างและการเลือกใช้ ผลผลิตที่เกิดจากเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ที่มีต่อสังคม บุคคล และสิ่งแวดล้อม

2.2.1.3 จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Habits of Mind: MHoM)

1) ความหมายของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยของนักการศึกษา ได้กล่าวถึง จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ว่าเป็นเสมือนสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงแนวคิด และการปฏิบัติงานที่เหมือนกับการทำงานของนักคณิตศาสตร์ ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา (Cuoco; Goldenberg; & Mark. 1996: 375-383; Matsuura; et al. 2013: 736) เป้าหมายของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ คือต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ และนำวิธีการที่นักคณิตศาสตร์ได้ใช้ความคิดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นมากกว่าการที่เราจะไปเน้นเกี่ยวกับเนื้อหาหรือความรู้เพียงอย่างเดียว สืบเนื่องมาจากผลกระทบในแง่ลบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมจากวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกิดจากการขาดโอกาสในการปฏิบัติงานอย่างนักคณิตศาสตร์ และความไม่เข้าใจในแนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์ (Royal Academy of Engineering. 2014: 15) และการที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงแนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญส่วนหนึ่งในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับชั้น (Goldenberg; & Shteingold. 2002: Online)

อาจกล่าวโดยสรุปถึงความหมายของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ได้ว่าเป็นคุณลักษณะที่นักเรียนได้ใช้ความคิดและวิธีการในการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับนักคณิตศาสตร์ ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหา

2) องค์ประกอบของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ จากนักการศึกษา Cuoco; Goldenberg; & Mark (1996: 375-383) Royal Academy of Engineering (2014: 16) กล่าวถึง องค์ประกอบของ จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ 8 ประการ ดังนี้

2.1) นักสืบค้นแบบรูป (Pattern Sniffers) คือ ความยินดีที่ □□□□□□ แบบรูป และสามารถนำแบบรูปที่ค้นพบนั้นมาใช้แก้ปัญหา และสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.2) นักทดลอง (Experimenters) คือ ความช่างสงสัย และหาคำตอบในสิ่งที่อยากรู้โดยใช้การทดสอบและทดลอง สำหรับการหาผลลัพธ์ของคำตอบ

2.3) นักพรรณนา (Describers) คือ ความสามารถในการอธิบายขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน สามารถใช้สัญลักษณ์ การพิสูจน์ การให้เหตุผลประกอบการอธิบาย และการนำเสนอได้

2.4) นักคิด (Tinkerers) คือ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ เพื่อนำมาใช้ออกแบบในการแก้ปัญหา

2.5) นักประดิษฐ์ (Inventors) คือ ความสามารถในการประดิษฐ์ คิดค้น สิ่งต่าง ๆ พร้อมทั้งมีการอธิบายการทำงาน หรือหลักการที่สำคัญทางคณิตศาสตร์ได้

2.6) นักจินตนาการ (Visualizes) คือ ความสามารถในการสร้างจินตนาการกับสิ่งต่าง ๆ จากสิ่งที่ป็นรูปธรรม และนามธรรม

2.7) นักคาดการณ์ (Conjecturers) คือ ความสามารถในการทำนายผลโดยใช้หลักฐานจากแหล่งต่าง ๆ

2.8) นักเดาคำตอบ (Guessers) คือ ความสามารถในการคาดคะเนคำตอบ ตรวจสอบผลจากการคาดคะเนคำตอบ และนำผลจากการคาดคะเนคำตอบมาวิเคราะห์เพื่อการปรับใช้อย่างมีเหตุผล

2.2.2 การสังเคราะห์จิตินัยทางสะเต็ม

จากการศึกษา จิตินัยทางวิทยาศาสตร์ จิตินัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์ และจิตินัยทางคณิตศาสตร์ สามารถแสดงความสัมพันธ์ ดังตาราง 9



ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ของ จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทาง วิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

จิตนิสัยทาง วิทยาศาสตร์	จิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์	จิตนิสัยทาง คณิตศาสตร์
ความช่างสงสัย	การมองในแง่ดี	นักทดลอง
ความอยากรู้อยากเห็น		
ความรอบคอบใน การตัดสินใจ	-	นักคาดการณ์
-	การคิดเชิงระบบ	นักสืบค้นแบบรูป นักคิด
การไม่ถอยตนเป็นใหญ่		จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind)
ความใจกว้าง		
ความมีเหตุและผล	-	นักเดาคำตอบ
ความไม่ด่วนสรุปเพราะ เป็นข้อโต้แย้งจากผู้รู้		
-	การสื่อสาร	นักบรรยาย
	ความคิดสร้างสรรค์	นักประดิษฐ์
-	การใส่ใจในจรรยาบรรณ	นักจินตนาการ
-	ความร่วมมือร่วมใจ	-
		จิตนิสัยการเรียนรู้ (Learning Habit of Mind)

จากตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ สามารถจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ 1) จิตนิสัยทางสะเต็ม และ 2) จิตนิสัยการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. จิตนิสัยทางสะเต็ม เป็นคุณลักษณะการคิดของนักเรียนที่เน้นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย ความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ การคิดแบบบูรณาการ การยอมรับในเหตุและผล ความสามารถในการสื่อสาร และการสร้างนวัตกรรม ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงการจัดกลุ่ม จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind)

จิตนิสัยทาง วิทยาศาสตร์	จิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์	จิตนิสัยทาง คณิตศาสตร์	จิตนิสัย ทางสะเต็ม
การถามคำถามและ แสวงหาความรู้ (ความช่างสงสัย) ปรารถนาที่จะเรียนรู้ สิ่งต่าง ๆ (ความอยากรู้ อยากเห็น)	มองปัญหาว่าเป็นโอกาส และมีความมุ่งมั่น ตั้งใจ ในการแก้ปัญหา (การมองโลกในแง่ดี)	ช่างสงสัย และหา คำตอบในสิ่งที่อยากรู้ โดยใช้การทดลอง (นักทดลอง)	ความสนใจใฝ่รู้
การรวบรวมหลักฐานที่ เชื่อถือได้ (ความรอบคอบ ในการตัดสินใจ)	-	สามารถทำนายผลโดย ใช้หลักฐานจาก แหล่งต่าง ๆ (นักคาดการณ์)	ความละเอียด รอบคอบในการ ตัดสินใจ
-	การรับรู้ถึงความ เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของ สิ่งต่าง ๆ และ องค์ประกอบหนึ่งมีผลต่อ องค์ประกอบอื่น ๆ (การคิดเชิงระบบ)	ความยินดีจะค้นหา แบบรูปและนำแบบรูป ที่ค้นพบมาใช้ แก้ปัญหา และนำมา ประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวันได้ (นักสืบค้นแบบรูป) มีความสามารถในการ คิดวิเคราะห์ คิด สังเคราะห์ ในการ แก้ปัญหา (นักคิด)	การคิดแบบ บูรณาการ

ตาราง 10 (ต่อ)

จิตนัยทาง วิทยาศาสตร์	จิตนัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์	จิตนัยทาง คณิตศาสตร์	จิตนัย ทางสะเต็ม
ยอมรับในความ แตกต่างและไม่ใช้ ความคิดเห็นส่วนตัว (การไม่ถือตน เป็นใหญ่)			
พร้อมเปลี่ยนแปลง แนวคิดถ้ามีหลักฐาน หรือข้อมูลเพิ่มเติม (ความใจกว้าง)		การคาดคะเนคำตอบ ตรวจสอบผลจากการ คาดคะเนคำตอบ และ นำผลจากการคาดคะเน คำตอบมาวิเคราะห์เพื่อ การปรับใช้อย่างมีเหตุผล (นักเดาคำตอบ)	การยอมรับใน เหตุและผล
แสดงเหตุผล ข้อคิดเห็น จาก หลักฐานที่มี (ความไม่ ด่วนสรุป เพราะเป็น ข้อโต้แย้งจากผู้รู้)	-		
ยอมรับในคำอธิบาย หรือความคิดเห็น ที่มีเหตุผล (ความมีเหตุผล)			
-	อธิบายและให้เหตุผลได้ อย่างชัดเจน (การสื่อสาร)	อธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้ อย่างชัดเจน (นักพรรณนา)	ความสามารถ ในการสื่อสาร
-	การหาแนวทางแก้ปัญหา ที่แตกต่างจากบุคคลอื่น (ความคิดสร้างสรรค์)	ประดิษฐ์คิดค้น สิ่งต่าง ๆ และอธิบายหลักในการ ทำงาน (นักประดิษฐ์)	การสร้าง นวัตกรรม
-	ให้ความสำคัญกับ การสร้างและการเลือกใช้ เทคโนโลยี (การใส่ใจใน จรรยาบรรณ)	มีความสามารถในการ สร้างจินตนาการเกี่ยวกับ สิ่งต่าง ๆ (นักจินตนาการ)	

จากตาราง 10 แสดงการจัดกลุ่มของจิตนิสัยทางสะเต็ม พบว่า มีจิตนิสัยทางสะเต็ม คือ 1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ 3) การคิดแบบบูรณาการ 4) การยอมรับในเหตุและผล 5) ความสามารถในการสื่อสาร และ 6) การสร้างนวัตกรรม

2. จิตนิสัยการเรียนรู้ (Learning Habit of Mind) เป็นคุณลักษณะที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหา ได้แก่ ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) คือการทำงานร่วมกันของสมาชิกภายในกลุ่มในการประสานมุมมอง ความรู้ ความสามารถ เพื่อนำมาใช้ในการตั้งคำถาม การสืบเสาะ การออกแบบ การคิดค้นและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ สอดคล้องกับแนวคิด ของนักการศึกษา ที่กล่าวว่า ความร่วมมือร่วมใจ เกิดขึ้นได้จากการนำความรู้ มุมมอง ประสบการณ์ และทักษะต่าง ๆ ของสมาชิกภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และทำงานร่วมกัน (Crow. 2002: Online; Stoner. 2013: Online) ทำให้เกิดความคิด และวิธีการแก้ปัญหาแบบใหม่ สามารถทำงานได้ประสบผลสำเร็จ และนำไปสู่การพัฒนาผลงานใหม่ ๆ ซึ่งคุณลักษณะของความร่วมมือร่วมใจดังกล่าวได้แสดงถึง 1) ลักษณะของการทำงานร่วมกัน นั่นคือ การที่สมาชิกมีการวางแผนการทำงาน หรือ การตัดสินใจ โดยนำความรู้ ความสามารถ ของสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ และ 2) ลักษณะของกระบวนการกลุ่ม นั่นคือ ความสัมพันธ์ของสมาชิกภายในกลุ่มที่มีการแลกเปลี่ยนแนวคิด ความรู้ และความสามารถ ในกลุ่มที่มีประสิทธิภาพ (รุจิรัตน์ รุ่งหัวไฟ. 2558: 48)

2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

สำหรับขั้นตอนการออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม นั้น ผู้วิจัยดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งพบว่า ลักษณะการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ที่สอดคล้องกับฐานแนวคิด ทฤษฎีการสร้างสร้งความรู้ด้วยตนเอง ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นลักษณะที่สามารถสนับสนุนและส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้ ซึ่งมีนักการศึกษา ได้นำลักษณะการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยได้มีการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะ หรือกระบวนการทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้กรอบแนวคิดของ สุพรรณิ ซาญประเสริฐ (2558: 16) และ Maryland State Department Education (2015: Online) แต่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ มาที่ชั้นขยายความรู้ โดยหลักการของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ควรจะต้องเกิดจากพื้นฐานแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็น

ว่า นักเรียนควรจะต้องมีการสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ แล้วจึงนำความรู้นั้นไปใช้ในการออกแบบ จึงได้นำขั้นตอนของการออกแบบ เพื่อแก้ปัญหา จากที่อยู่ ในขั้นสำรวจมาไว้ที่ขั้นการขยายความรู้

2. ศึกษาแนวคิดของการพัฒนาจิตนิสัยทั่วไป ศึกษาเกี่ยวกับมิติของการพัฒนาจิตนิสัย เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ โดยพบว่ามิติของการพัฒนาจิตนิสัย ประกอบด้วย 5 มิติ คือ การค้นหาความหมาย (Exploring Meaning) การพัฒนาความสามารถ (Expanding Capacities) การสร้างความตื่นรู้ (Increasing Alertness) การเพิ่มคุณค่า (Extending Values) และการสร้างความยึดมั่น (Building Commitment)

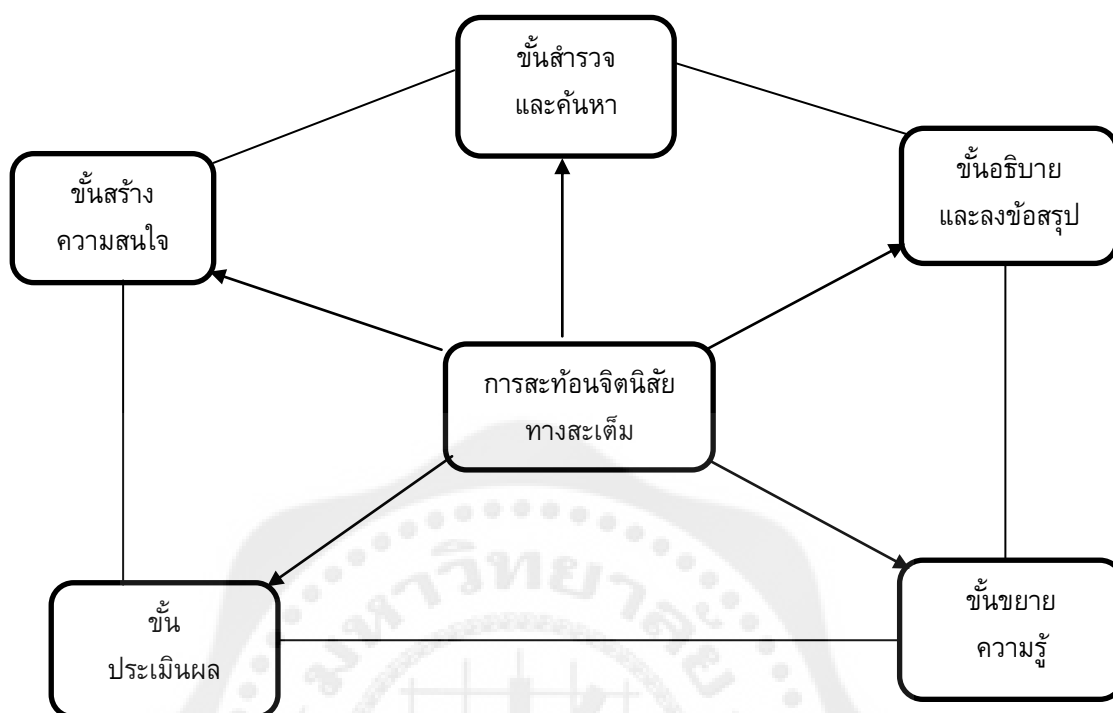
3. ศึกษาแนวคิดของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ทำการสังเคราะห์จิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ดังภาพประกอบ 3





ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดในการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม



ภาพประกอบ 4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นการระบุปัญหา และตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทาง เพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน เพื่อจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อหาประจักษ์พยาน และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานนั้น โดยครูมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบาย ค้นหาแนวทาง หรือยุทธวิธีในการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการวางกรอบแนวคิดในการดำเนินการสำรวจ ค้นหา จัดระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้

3) **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นชั้นที่นักเรียนนำหลักฐานที่ค้นพบมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบายแนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ที่ได้ โดยครูเปิดโอกาสและคอยอำนวยความสะดวกในการแสดงความคิดเห็น นำเสนอแนวคิด เพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็มที่นำมาใช้ในการอธิบายและลงข้อสรุป

4) **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นชั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ร่วมกันวิเคราะห์ และกำหนดทางเลือกแนวทางแก้ปัญหา การวางแผน การออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยมีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อต่อยอดความรู้ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และวิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงานหรือชิ้นงาน นำความรู้ที่เกี่ยวข้องไปสู่งานอาชีพ โดยครูมีการกระตุ้น เปิดโอกาส และอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหา ต่อยอดความรู้ หรือนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

5) **ชั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นชั้นที่ประเมินการเรียนรู้ และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา มีการตรวจสอบ ปรับปรุงแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการสะท้อนความคิดเห็นต่อคำตอบ การตรวจสอบชิ้นงานของเพื่อนร่วมชั้น โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทางในการประเมินพฤติกรรมการใช้ เพื่อให้นักเรียนมีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการประเมินผลความสำเร็จของผลงาน

6) **ชั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind)** เป็นชั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความหมายและคุณค่าของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้เกิดการยอมรับและเห็นประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม นำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งจะ เป็นกระบวนการที่แฝงอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เมื่อมีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดยกระบวนการดังกล่าวนี้ ในช่วงแรกครูจะต้องชี้แนะ ให้คำแนะนำ อธิบายเพื่อยกตัวอย่างพฤติกรรมที่สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มให้นักเรียนได้รู้จักและหลังจากนั้นครูจะลดบทบาทการให้คำชี้แนะ คำแนะนำ โดยให้นักเรียนได้สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มด้วยตนเองมากขึ้น

ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในการออกแบบในการจัดการเรียนรู้ ได้ดังตาราง 11

ตาราง 11 แนวทางการออกแบบในการจัดการเรียนรู้

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	เป็นขั้นที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นการระบупัญหา และตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยครูมีการให้คำแนะนำแนวทาง เพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ผิปกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน เพื่อจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	1. สามารถระบุปัญหาได้อย่างชัดเจนจากประเด็นที่กำหนดให้ 2. มีการเลือกใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการระบุประเด็นปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3. ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการระดมความคิดเห็นเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด 4. ร่วมกันอภิปรายเกณฑ์ในการใช้ และประเมินการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการกำหนดประเด็น ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา	1. กำหนดสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 2. นำอภิปรายประกอบการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา 3. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเลือกใช้ และใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสนใจใฝ่รู้ เพื่อกำหนดประเด็นปัญหา ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด 4. ให้คำชี้แนะเพื่อให้นักเรียนระบุเกี่ยวกับคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสนใจใฝ่รู้

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
2. ขั้นสำรวจ (Exploration)	เป็นขั้นที่นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อหาประจักษ์พยาน และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานนั้น โดยครูมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบาย ค้นหาแนวทาง หรือยุทธวิธีในการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการวางกรอบแนวคิดในการดำเนินการสำรวจ ค้นหา จัดระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้	1. ทำงานร่วมกันในการสำรวจ สืบค้น ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหา 2. รับรู้ถึงความหลากหลายในการใช้ จิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อนำมาใช้ในการสำรวจและค้นหา 3. มีการเลือกใช้ และจัดลำดับการใช้ จิตนิสัยทางสะเต็มในการสำรวจและ ค้นหา 4. สามารถใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการ วางแผนการทำงานได้อย่างเหมาะสม 5. ร่วมกันอภิปรายเกณฑ์การใช้และ ประเมินการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มใน การสำรวจ สืบค้น เก็บรวบรวมข้อมูลใน การแก้ปัญหา	1. กำหนดเงื่อนไขเพื่อให้นักเรียนวางแผนการทำงาน และเก็บรวบรวม ข้อมูลเช่น ความสำเร็จของงาน ระยะเวลา วัสดุอุปกรณ์ พร้อมทั้ง สนับสนุนสื่อ อุปกรณ์ประกอบการ ทำงาน 2. ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถ เลือกใช้ และใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม ด้านความละเอียดรอบในการตัดสินใจ เพื่อสำรวจ สืบค้น และเก็บรวบรวม ข้อมูล 3. ให้คำชี้แนะเพื่อให้นักเรียนระบุ เกี่ยวกับคุณลักษณะของจิตนิสัยทาง สะเต็มด้านความละเอียดรอบคอบใน การตัดสินใจ

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
3. ขั้นการอธิบาย (Explanation)	เป็นขั้นที่นักเรียนนำหลักฐานที่ค้นพบมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบายแนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ที่ได้ โดยครูเปิดโอกาสและคอยอำนวยความสะดวกในการแสดงความคิดเห็น นำเสนอแนวคิดเพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติและพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็มที่นำมาใช้ในการอธิบายและลงข้อสรุป	- วิเคราะห์ จัดกระทำข้อมูล และสามารถสื่อสารแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ - มีการเลือกใช้ และใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการให้คำอธิบาย สรุปหลักการ และการสื่อสารเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหา - ร่วมกันอภิปรายเกณฑ์การใช้และประเมินการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการอธิบายแนวคิด สรุปหลักการ และการสื่อสาร	- สะท้อนความคิดต่อผลการปฏิบัติงานของนักเรียน - กระตุ้นให้นักเรียนได้มีการนำเสนอข้อมูล และสื่อสารด้วยวิธีการที่เหมาะสม - ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถเลือกใช้และใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสามารถในการสื่อสาร ให้คำอธิบาย สรุปหลักการของความรู้ที่ได้ - ให้คำชี้แนะเพื่อให้นักเรียนระบุเกี่ยวกับคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสามารถในการสื่อสาร

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ร่วมกันวิเคราะห์ และกำหนดทางเลือกแนวทางแก้ปัญหา การวางแผน การออกแบบ การเลือกวัสดุ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยมีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อต่อยอดความรู้ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และวิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงานหรือชิ้นงาน นำความรู้ที่เกี่ยวข้องไปสู่งานอาชีพ โดยครูมีการกระตุ้น เปิดโอกาส และอำนวยความสะดวก เพื่อให้ นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทาง สะเต็ม ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหา ต่อยอดความรู้ หรือนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่	1. บูรณาการความรู้ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อประกอบการตัดสินใจ 2. วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อประกอบการตัดสินใจ หรือแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อต่อยอดความรู้ 3. สามารถระบุ วิเคราะห์การเชื่อมโยงการทำงาน การออกแบบ หรือผลงานไปสู่งานอาชีพ 3. รับรู้ถึงความหลากหลายในการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อนำมาใช้ในการต่อยอดความรู้ 4. สามารถเลือกใช้และจัดลำดับการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการต่อยอดความรู้เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา	1. สะท้อนความคิดเห็นต่อผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน 2. ใช้คำถามกระตุ้นเพื่อนำไปสู่การเชื่อมโยงการทำงานสู่งานอาชีพ 3. ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถเลือกใช้และใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการสร้างนวัตกรรม เพื่อระบุแนวคิดที่แตกต่าง และออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา 4. ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถเลือกใช้และใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการคิดแบบบูรณาการ เพื่อเชื่อมโยงความรู้ 5. ให้คำชี้แนะเพื่อให้ นักเรียนระบุเกี่ยวกับคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม ด้านการสร้างนวัตกรรม และด้านการคิดแบบบูรณาการ

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	เป็นขั้นที่ประเมินการเรียนรู้ และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา มีการตรวจสอบปรับปรุงแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการสะท้อนความคิดเห็นต่อคำตอบ การตรวจสอบชิ้นงานของเพื่อนร่วมชั้น โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทางในการประเมินพฤติกรรมการใช้ เพื่อให้นักเรียนมีการเลือกใช้ ผักปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการประเมินผลความสำเร็จของผลงาน	- มีส่วนร่วมในกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน และสามารถสาธิต แสดงความเข้าใจ ผ่านงานที่มีการลงมือปฏิบัติ - รับรู้ถึงความหลากหลายในการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อนำมาใช้ในการประเมินผลความสำเร็จของผลงาน - สามารถเลือกใช้และจัดลำดับการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มที่นำมาใช้ในการประเมินผลสำเร็จของผลงาน - ร่วมกันอธิบายถึงเกณฑ์การเลือกใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการประเมินผลสำเร็จของผลงาน - มีการรายงานตนเองเกี่ยวกับผลการประเมินการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม	- สะท้อนความคิดเห็นต่อผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน - วางแผนการประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีการประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์ที่ใช้ - ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเลือกใช้ และใช้ จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการยอมรับในเหตุและผล เพื่อให้คำอธิบายตรวจสอบ ปรับปรุง แก้ไขที่ได้ ออกแบบชิ้นงาน และใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการสร้างนวัตกรรม เพื่อประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน - ให้คำชี้แนะ เพื่อให้นักเรียนระบุเกี่ยวกับคุณลักษณะ และรายงานการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม ด้านการสร้างนวัตกรรม ด้านการยอมรับในเหตุและผล

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นการจัดการเรียนรู้	จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
6. ขั้นการสะท้อน จิตนิสัย ทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind)	เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อน ความหมายและคุณค่าของจิตนิสัยทางสะ เต็ม เพื่อให้เกิดการยอมรับและเห็น ประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม นำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งจะ เป็นกระบวนการที่แฝงอยู่ในทุกขั้นตอน ของการจัดการเรียนรู้ เมื่อมีการใช้จิตนิสัย ทางสะเต็ม โดยกระบวนการดังกล่าวนี้ใน ช่วงแรกครูจะต้องชี้แนะ ให้คำแนะนำ อธิบายเพื่อยกตัวอย่างพฤติกรรมที่ สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มให้นักเรียนได้ รู้จักและหลังจากนั้นครูจะลดบทบาทการ ให้คำชี้แนะ คำแนะนำ โดยให้นักเรียนได้ สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มด้วยตนเองมาก ขึ้น	1. ร่วมกันศึกษา ค้นคว้า สื่อสาร เกี่ยวกับความหมายของจิตนิสัย ทางสะเต็ม 2. มีการใช้คำศัพท์ และเข้าใจ ความหมายของจิตนิสัยทางสะเต็ม ได้อย่างถูกต้อง 3. มีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มเพื่อ นำมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน หรือในสถานการณ์ต่าง ๆ 4. ร่วมกันสรุปเกี่ยวกับความหมาย และประโยชน์ของการใช้จิตนิสัย ทางสะเต็มเพื่อนำมาใช้ในการ แก้ปัญหา	1. ชี้ให้นักเรียนรู้จัก และเข้าใจความหมาย ของ จิตนิสัยทางสะเต็มเช่น การอธิบาย ยกตัวอย่างประกอบเกี่ยวกับสิ่งที่ใช้ และไม่ใช้, แผนภาพ 2. ยกตัวอย่างพฤติกรรมในชั้นเรียนที่ นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มเพื่อ นำมาใช้ในการปฏิบัติงาน 3. อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียน ได้มีการอภิปราย แสดงออกเพื่อ สะท้อนความคิดในการเห็นประโยชน์ ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม 4. กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนถึง คุณค่าของการใช้จิตนิสัยทาง สะเต็ม เช่น ผ่านทางการเขียน บันทึกอนุทิน, แฟ้มสะสมผลงาน, การสัมภาษณ์

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) เป็นผลที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นสิ่งที่นักการศึกษาได้ให้ความสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้ประการหนึ่งที่สามารถบอกถึงคุณภาพในการจัดการเรียนรู้ นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลที่เกิดจากความรู้ ความสามารถ หรือประสิทธิภาพของบุคคล ที่เกิดจากกระบวนการเรียน การสอน (จุฑามาศ มุกดา. 2553: 18; พระอริการอดม อุตตโม. 2553: 10) เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความรู้ ความสามารถ ที่เกิดจากการเรียนรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ (Good. 1973: 7) เป็นพฤติกรรม แสดงออกถึงความสามารถของนักเรียนที่จะเรียนรู้ (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542: 329; อุทิศ บำรุงชีพ. 2551: 179) พฤติกรรมเหล่านี้ ต้องอาศัยความสามารถเฉพาะบุคคลทั้งความสามารถทางร่างกาย และ ความสามารถทางสติปัญญา (อุทุมพร เครือบคนโท. 2540: 11; ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว. 2558: 55; อ้างอิงจาก Eysenck; Arnold; & Meili. Encyclopedia of Psychology. 1979: 6) ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบในลักษณะต่าง ๆ (อุทุมพร เครือบคนโท. 2540: 11; จุฑามาศ มุกดา. 2553: 18) โดยสรุปแล้ว ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึง ความรู้ ความสามารถหรือทักษะในสาขาวิชาต่าง ๆ อันเกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสามารถวัดได้ หลังจากการเรียนรู้

สามารถกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (Science Academic Achievement) ได้ว่า เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึง ความรู้ ความสามารถ หรือทักษะ เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ วัดได้จากคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

เป้าหมายหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ นักเรียนได้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ขอบเขตและข้อจำกัดของ วิทยาศาสตร์ เกิดทักษะสำคัญในการค้นคว้าหรือคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ ตระหนักถึงความสัมพันธ์ ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2555: 2) พัฒนาระบวนการคิดและจินตนาการ ซึ่งจะ พบว่าการสอนวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยตัวความรู้ (Body of Knowledge) ทางวิทยาศาสตร์ และ ส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ (Process of Science Inquiry) (สมจิต สวชนไพบูลย์. 2535: 94) ดังนั้น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จึงต้องให้นักเรียนได้รับทั้งเนื้อหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะต้องวัดผลทั้งใน 2 ลักษณะ ดังกล่าวข้างต้น ดังที่ ประวิตร ชูศิลป์ (2543: 21-23) ได้จำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 พฤติกรรม คือ

1. ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาเกี่ยวกับข้อมูลเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี
2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปอีกสัญลักษณ์หนึ่ง
3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ หรือจากที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสังเกต การคำนวณ การจัดกระทำ และสื่อความหมาย การตั้งสมมติฐาน การกำหนด และควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป

จากการศึกษาในการวัดผลพฤติกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ต้องการวัดและประเมินผลนั้น เบนจามิน เอส บลูม (Benjamin S.Bloom) จำแนกออกเป็นด้านพุทธิพิสัย เจตพิสัย และทักษะพิสัย สำหรับด้านพุทธิพิสัยหรือการวัดผลทางด้านสติปัญญานั้น บลูม ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของความรู้จากขั้นที่มีระดับความซับซ้อนของการคิดน้อยที่สุดไปยังระดับขั้นที่มีความซับซ้อนของการคิดมากที่สุดไว้ 6 ขั้น (ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. 2558: 56-57 อ้างอิงจาก Bloom. 1996 Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Education Goals. Handbook I: Cognitive Domain: 201) ได้แก่

1. ความรู้ (Knowledge) ได้แก่ ความสามารถในการระลึกหรือท่องจำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้ เรียนมาแล้วโดยตรง ในขั้นนี้รวมถึงการระลึกถึงข้อมูล ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ไปจนถึงกฎเกณฑ์ ทฤษฎีจากตำรา
2. ความเข้าใจ (Comprehension) ได้แก่ ความสามารถในการแปลความ ตีความ การขยายความ และสรุปความเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่ได้พบเห็น หรือเหตุการณ์ที่ได้รับรู้มา
3. การนำไปใช้ (Application) ได้แก่ ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจ และหลักการ ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่
4. การวิเคราะห์ (Analysis) ได้แก่ ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว หลักการ ออกเป็นส่วนย่อย ซึ่งอาจเป็นการวิเคราะห์ความสำคัญ ความสัมพันธ์ หรือหลักการดำเนินการ
5. การสังเคราะห์ (Synthesis) ได้แก่ ความสามารถในการนำส่วนย่อย ๆ มาประกอบกัน เป็นสิ่งใหม่ การสังเคราะห์จึงเกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การแก้ปัญหา
6. การประเมินค่า (Evaluation) ได้แก่ ความสามารถในการตัดสินคุณค่า หรือวินิจฉัยเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล หรือใช้กฎเกณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับ

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ นั้น ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของของบลูมซึ่งประกอบด้วย 6 ชั้นคือ คือ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า โดยใช้เครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

3.3 หลักการและขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

สำหรับหลักการในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นพอสรุปได้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2525: 29; พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 41-46; ขวาล แพร่ตกุล. 2552: 81-89) เป็นดังนี้

1. มีความเที่ยงตรง (Validity) เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญอย่างมากของแบบทดสอบ (ขวาล แพร่ตกุล. 2552: 81) เพราะสามารถวัดสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้ได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือวัดสิ่งที่ต้องการได้อย่างถูกต้องตามความมุ่งหมาย (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2525: 29; พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 41)

2. มีความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดผลได้อย่างคงที่ แม้ว่าผู้วิจัยจะนำเครื่องมือนี้ไปทดสอบกับนักเรียนกี่ครั้งก็ตามต้องให้ผลเช่นเดิม (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2525: 29; พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 43; ขวาล แพร่ตกุล. 2552: 89)

3. ความเป็นปรนัย (Objectivity) เป็นเครื่องมือวัดที่มีความชัดเจน และมีการตรวจให้คะแนนที่ชัดเจน (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2525: 29; พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 43; ขวาล แพร่ตกุล. 2552: 86) และมีการแปลความหมายได้อย่างถูกต้องตรงกัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 43; ขวาล แพร่ตกุล. 2552: 86)

4. มีการถามลึก (Searching) เป็นเครื่องมือวัดที่ไม่ถามแต่เพียงพฤติกรรมในชั้นของการวัดความรู้ความจำตามเนื้อหาที่ครูในชั้นเรียนเท่านั้น ควรมีการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 43; ขวาล แพร่ตกุล. 2552: 85)

5. มีความยุติธรรม (Fair) เป็นเครื่องมือวัดที่มีความชัดเจนไม่คลุมเครือ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2525: 29) ข้อคำถามควรไม่เปิดช่องให้นักเรียนที่ฉลาดมีไหวพริบหรือนักเรียนที่อ่านตำราเพียงผิว ๆ สามารถตอบได้ และสามารถเดาได้ถูกต้อง (ขวาล แพร่ตกุล. 2552: 85) แบบทดสอบนี้ต้องครอบคลุมเนื้อหา และพฤติกรรมทุกประเภทของวิชานั้น ๆ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 44) นอกจากนี้ยังสามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างแท้จริง (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2525: 29)

6. มีลักษณะยั่วเย้าเป็นเยี่ยงอย่างในทางที่ดี (Exemplary) เป็นเครื่องมือวัดที่มีข้อคำถามลักษณะทำลาย เชิญชวนให้คิดและปฏิบัติตาม (ซวาล แพร์ตกุล. 2552: 85) ไม่ควรใช้ข้อคำถามในลักษณะที่เป็นแบบอย่างที่ไม่ดี (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 44)

7. มีอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถแจกแจงนักเรียนออกเป็นประเภท ๆ ได้ทุกชั้นทุกระดับ (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2525: 29) แบบทดสอบต้องมีการใช้คำถามที่สามารถจำแนกนักเรียนได้ในทุกระดับตั้งแต่อ่อนสุดไปจนกระทั่งเก่งสุด (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 44; ซวาล แพร์ตกุล. 2552: 88)

8. มีความยาก (Difficulty) เป็นเครื่องมือวัดที่มีความยากง่าย โดยที่แบบทดสอบไม่ควรยากหรือง่ายจนเกินไป ต้องให้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับหรือสูงกว่า 50% ของคะแนนเต็ม (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2525: 29; พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 44)

9. มีความเฉพาะเจาะจง (Definite) เป็นเครื่องมือวัดที่มีความชัดเจน ไม่คลุมเครือ ซึ่งจะทำให้ผู้ทำแบบทดสอบตีความหมายได้ไม่ตรงกัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 45; ซวาล แพร์ตกุล. 2552: 86) นักเรียนที่มีความสามารถเฉพาะเรื่องนั้นสามารถตอบข้อสอบนั้นได้ถูกต้อง (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2525: 29)

10. ต้องมีประสิทธิภาพ (Efficiency) เป็นเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้มากที่สุด (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2539: 45; ซวาล แพร์ตกุล. 2552: 87) นำไปใช้ได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ไม่สิ้นเปลืองทั้งเวลา เงิน และแรงงาน พร้อมทั้งสามารถดำเนินการสอบ ตรวจคะแนน ให้ผลการสอบถูกต้อง (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2525: 29)

เมื่อผู้วิจัยต้องการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำเป็นต้องมีการกำหนดแนวทางดำเนินการไว้เป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งได้มีนักการศึกษา บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2525: 21-28) ศิริวรรณ สันทัต (2558: ออนไลน์) สุทธิวรรณ ไพศาลดีโสภณ (2558: ออนไลน์) กล่าวถึงขั้นตอนเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ซึ่งมีความสอดคล้องกันดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ โดยระบุให้แน่ชัดว่า จะสอบเพื่ออะไร สอบกับใคร ในระดับชั้นใด (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2525: 21; สุทธิวรรณ ไพศาลดีโสภณ. 2558: ออนไลน์) ครูต้องทำการวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อทำความเข้าใจจุดมุ่งหมาย เนื้อหา และกิจกรรมเพื่อที่จะวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และกำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการเรียนรู้ (ศิริวรรณ สันทัต. 2558: ออนไลน์) ซึ่งครูควรจะมีการจัดลำดับเรียงตามความสำคัญของจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การกำหนดจำนวนข้อในโครงสร้างแบบทดสอบ

2. มีการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร หลังจากกำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบแล้ว ครูควรกำหนดสิ่งที่ต้องการจะวัด คือ เนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการ (สุทธิวรรณ ไพศาลดีโสภณ. 2558: ออนไลน์) โดยจะมีการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ซึ่งจะเป็นตารางที่แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องสัมพันธ์กัน ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครูกำหนด เนื้อหาในการจัดการเรียนรู้

(ศิริวรรณ สันหัต. 2558: ออนไลน์) ซึ่งตารางวิเคราะห์จะเป็นตารางแบบ 2 มิติ โดยมีมิติหนึ่งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมด้านต่าง ๆ และอีกมิติเป็นหัวข้อของเนื้อหา (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2525: 25)

3. กำหนดชนิดของข้อสอบที่จะสร้างและศึกษาวิธีการสร้างข้อสอบ ในการกำหนดชนิดของข้อสอบนั้น ครูควรพิจารณาคุณลักษณะ และพฤติกรรมที่จะวัด (สุทธิวรรณ พิรศักดิ์โสภณ. 2558: ออนไลน์) โดยรูปแบบของแบบทดสอบ มีหลายรูปแบบ เช่น แบบเลือกตอบ แบบจับคู่ แบบเติมคำ แบบถูกผิด เป็นต้น (ศิริวรรณ สันหัต. 2558: ออนไลน์) แต่ละชนิดก็เหมาะกับคุณลักษณะที่จะวัดต่างกัน ดังนั้น ครูจึงจำเป็นต้องรู้ลักษณะของเครื่องมือแต่ละชนิด (สุทธิวรรณ พิรศักดิ์โสภณ. 2558: ออนไลน์) ซึ่งต้องพิจารณาถึงความสอดคล้องกันระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับวัยของนักเรียน ซึ่งครูอาจจำเป็นต้องสร้างแผนผังของการทดสอบ เพื่อจะได้มองเห็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด การให้น้ำหนักความสำคัญ และรูปแบบของแบบทดสอบ (ศิริวรรณ สันหัต. 2558: ออนไลน์)

4. การเขียนข้อสอบ แต่ละข้อในแบบทดสอบต้องมีความสอดคล้องตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในตารางการวิเคราะห์หลักสูตร และเขียนให้ถูกต้องตามหลักวิชาการในการเขียนข้อสอบ (สุทธิวรรณ พิรศักดิ์โสภณ. 2558: ออนไลน์) โดยมีลำดับขั้นตอนในการเขียน คือ 1) มีการกำหนดแบบแผนข้อสอบ 2) มีการร่างข้อสอบ 3) มีการทบทวนร่างข้อสอบ 4) มีการบรรณาธิการข้อสอบ จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ (ศิริวรรณ สันหัต. 2558: ออนไลน์)

5. การทดลองใช้ และวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ ภายหลังเมื่อสร้างแบบทดสอบเสร็จสิ้น ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อสอบในแต่ละข้อให้มีความถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักการสร้างข้อสอบ มีความครบถ้วนตามที่กำหนดไว้ในตารางการวิเคราะห์หลักสูตร จากนั้นจึงทำการจัดพิมพ์และนำไปทดลองใช้ (สุทธิวรรณ พิรศักดิ์โสภณ. 2558: ออนไลน์) ด้วยการสอบกับกลุ่มนักเรียนที่มีคุณลักษณะเช่นเดียวกับกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยต้องการนำไปใช้จริง จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อทราบลักษณะของแบบทดสอบ เกี่ยวกับค่าเฉลี่ย การกระจาย รูปแบบการแจกแจง และทำการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบด้วยความเที่ยง และความตรง (ศิริวรรณ สันหัต. 2558: ออนไลน์) ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้ควรเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดจึงจะทำให้แบบทดสอบทั้งฉบับมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้จริงเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์กับกลุ่มนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย (ศิริวรรณ สันหัต. 2558: ออนไลน์; สุทธิวรรณ พิรศักดิ์โสภณ. 2558: ออนไลน์)

อาจกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับหลักการ และขั้นตอนในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี จะต้องเป็นแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับ มีความยุติธรรม และมีประสิทธิภาพ สามารถวัดนักเรียนได้ตรงตามเนื้อหา และจุดประสงค์ที่ต้องการวัด สำหรับ ขั้นตอนในการสร้างนั้น ครูจะต้องมีความรู้และความเข้าใจในเรื่องที่จะใช้ทดสอบ กำหนด

จุดประสงค์ การเรียนรู้เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหา เลือกรูปแบบของแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ และระดับชั้นของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการ และขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบดังกล่าวมาใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 30 ข้อ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิจัยโดยกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาความหมายและองค์ประกอบของจิตนีสัยทางสะเต็ม

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมจิตนีสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมจิตนีสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ไปใช้และประเมินผล

สำหรับลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนีสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แสดงได้ดังภาพประกอบ 5





ภาพประกอบ 5 แผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาความหมายและองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม

ด้วยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แต่จากการศึกษาพบว่า ยังไม่พบเอกสารทางวิชาการใดที่ได้ให้ความหมายและองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงความหมายและองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยมีแนวทางในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวถึงความสำคัญ และองค์ประกอบของจิตนิสัย โดยพบว่า คอสตา (Costa. 2000: 21-38; 2008: 15-38) ได้กล่าวว่า จิตนิสัย เป็นคุณลักษณะของบุคคลที่มีการใช้ความสามารถในการคิดเพื่อนำไปใช้ในการปฏิบัติงานหรือเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ 1) การมีความมุ่งมั่น (Persisting) 2) การจัดการความหุนหัน (Managing Impulsivity) 3) การฟังผู้อื่นด้วยความเข้าใจและใส่ใจ (Listening with Understanding and Empathy) 4) การมีความคิดอย่างยืดหยุ่น (Thinking Flexibly) 5) การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน (Thinking about our Thinking) 6) การพยายามให้ถูกต้องแม่นยำ (Striving for Accuracy and Precision) 7) การถามและตั้งปัญหา (Questioning and Posing Problems) 8) การประยุกต์ใช้ความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ (Applying Past Knowledge to New Situation) 9) การคิดและการสื่อสารได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง (Thinking and Communicating with Clarity and Precision) 10) การรวบรวมข้อมูลจากการสัมผัส (Gathering Data through All Senses) 11) การมีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และการคิดเชิงนวัตกรรม (Creating, Imagining, and Innovating) 12) การตอบสนองด้วยความสงสัย (Responding with Wonderment and awe) 13) การมีความรับผิดชอบในการเสี่ยง (Taking Responsible Risks) 14) การมีอารมณ์ขัน (Finding Humor) 15) การคิดอย่างพึ่งพา (Thinking Interdependently) 16) การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (Learning Continuously) ซึ่ง คอสตา ได้กล่าวว่า องค์ประกอบทั่วไปของจิตนิสัยในแต่ละศาสตร์ก็จะมีลักษณะเฉพาะของจิตนิสัยที่แตกต่างกันไปเท่าที่ผ่านมา ก่อนที่จะมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้มี จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแนวคิดนี้จะเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับจิตนิสัยทางสะเต็ม

2. ศึกษาความหมายและองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ที่เกี่ยวข้องกับจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยี จิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือสำหรับนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวถึงความสำคัญ นิยาม ความหมาย สรุปได้ว่า จิตนิสัยทางสะเต็ม คือ คุณลักษณะการคิดของนักเรียนที่เน้นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน จากนั้นผู้วิจัย

ได้ทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ องค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะ 6 ประการ ได้แก่ 1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ 3) การคิดแบบบูรณาการ 4) การยอมรับในเหตุและผล 5) ความสามารถในการสื่อสาร และ 6) การสร้างนวัตกรรม

2.2. กำหนดนิยาม และพฤติกรรมบ่งชี้ เพื่อศึกษาวิเคราะห์และสังเคราะห์ลักษณะที่บ่งชี้ถึงคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีจิตนิสัยทางสะเต็ม

3. ตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมิน ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

3.1 นำไปเสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท พิจารณาความถูกต้อง และความเหมาะสม แล้วนำข้อเสนอมาปรับแก้ไขโครงสร้างของแบบประเมิน

3.2 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำเครื่องมือที่นำมาใช้เก็บข้อมูลที่เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3.3 การสร้างเป็นแบบประเมินในลักษณะที่เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3.4 นำแบบประเมินที่ได้จัดทำ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และลงความคิดเห็นเกี่ยวกับนิยาม และพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม

3.5 นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย และนำข้อสรุปที่ได้ไปเสนอต่ออาจารย์ผู้เป็นประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ทำการพิจารณาความถูกต้อง และความเหมาะสม แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับแก้ นิยาม และพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็มแล้ว จากนั้นจึงนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาทำการหาค่าเฉลี่ยของระดับความเหมาะสม ซึ่งควรอยู่ในระดับเห็นด้วย ขึ้นไป จึงจะยอมรับว่าแบบประเมินมีความเหมาะสม

3.6 นำนิยาม คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ในการสร้างแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มนั้น เมื่อผู้วิจัยทราบถึงความหมาย และองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม จึงทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษา เอกสาร ที่เกี่ยวข้องกับ หลักสูตรการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้จำแนกออกเป็น 8 สาระการเรียนรู้ โดยในแต่ละสาระการเรียนรู้มีการ

กำหนดมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางของแต่ละระดับชั้น สำหรับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีทั้งหมด 8 สาระ 13 มาตรฐาน โดยการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือก สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ซึ่งมีการกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ 2 มาตรฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 3) ซึ่งปรากฏอยู่ใน มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่ได้เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และ สาระที่ 5 พลังงาน ได้มีการกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ไว้เพียงมาตรฐานเดียว คือ มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 3)

2. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้แก่ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

3. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีหลายรูปแบบ และการพัฒนาจิตนิสัย โดยได้นำแนวคิดของการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาผสมกับแนวคิดของมิติของการพัฒนาจิตนิสัย ได้วิเคราะห์มิติของการพัฒนาจิตนิสัย พบว่ามี 2 มิติ คือ มิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการปฏิบัติ ได้แก่ 1) การพัฒนาความสามารถ 2) การสร้างความตื่นรู้ 3) การสร้างความยืดหยุ่น และมิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการสะท้อน ได้แก่ 1) การค้นหาความหมาย 2) การเพิ่มคุณค่า และสังเคราะห์จนเกิดเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 สำรวจ ขั้นที่ 3 อธิบาย ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ ขั้นที่ 5 ประเมินผล และขั้นที่ 6 การสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม

4. วิเคราะห์ และสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยผ่านการพิจารณาให้ข้อเสนอแนะจากประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท แล้วนำข้อเสนอแนะเหล่านั้นมาปรับปรุงแก้ไขจนเกิดเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย

4.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นการระบุปัญหา และตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทางเพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ผิดปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน เพื่อจะนำไปใช้ในการแก้ปัญห

4.2 ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อหาประจักษ์พยาน และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานนั้น โดยครูมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบาย

ค้นหาแนวทาง หรือยุทธวิธีในการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการวางกรอบแนวคิดในการดำเนินการสำรวจ ค้นหา จัดระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้

4.3 **ชั้นอธิบาย (Explanation)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำหลักฐานที่ค้นพบมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบายแนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ที่ได้ โดยครูเปิดโอกาสและคอยอำนวยความสะดวกในการแสดงความคิดเห็น นำเสนอแนวคิด เพื่อให้ นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็มที่นำมาใช้ในการอธิบาย และลงข้อสรุป

4.4 **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ร่วมกันวิเคราะห์ และกำหนดทางเลือกแนวทางแก้ปัญหา การวางแผน การออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยมีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อต่อยอดความรู้ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และวิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงานหรือชิ้นงาน นำความรู้ที่เกี่ยวข้องไปสู่งานอาชีพ โดยครูมีการกระตุ้น เปิดโอกาส และอำนวยความสะดวก เพื่อให้ นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหา ต่อยอดความรู้ หรือนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

4.5 **ชั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นขั้นที่นักเรียนมีการประเมินการเรียนรู้ และกระบวนการแก้ปัญหา มีการตรวจสอบ ปรับปรุงแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการสะท้อนความคิดเห็นต่อคำตอบ การตรวจสอบชิ้นงานของเพื่อนร่วมชั้น โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทางในการประเมินพฤติกรรมการใช้ เพื่อให้ นักเรียนมีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการประเมินผลความสำเร็จของผลงาน

4.6 **ชั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind)** เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความหมายและคุณค่าของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้เกิดการยอมรับและเห็นประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม นำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งจะ เป็นกระบวนการที่แฝงอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เมื่อมีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดยกระบวนการดังกล่าวนี้ในช่วงแรกครูจะต้องชี้แนะ ให้คำแนะนำ อธิบายเพื่อยกตัวอย่างพฤติกรรมที่สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มให้นักเรียนได้รู้จักและหลังจากนั้นครูจะลดบทบาทการให้คำชี้แนะคำแนะนำ โดยให้นักเรียนได้สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มด้วยตนเองมากขึ้น

5. การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

5.1 **นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา** เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม เสนอต่อประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อพิจารณาแก้ไข ตรวจสอบ ประเมินความเหมาะสม และความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านหลักสูตร ด้านการวัดผลและประเมินผล แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

5.2 **เมื่อปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์** เรียบร้อยแล้ว จึงนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ทำการประเมินความ

สอดคล้อง และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ แล้วจากนั้นจึงนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาทำการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งควรมีค่าสูงกว่า 0.5 ขึ้นไป จึงจะยอมรับว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นมีความสอดคล้องเหมาะสม

5.3 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ได้รับการตรวจสอบ จะนำไปใช้เป็นกรอบแนวคิดในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ไปใช้จริงและประเมินผล

ขั้นตอนนี้เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมาไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับนำไปวิเคราะห์ทางการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 1 ห้องเรียน

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้

ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการส่งเสริมให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เกิดคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

2.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างหลักสูตร คำอธิบายรายวิชาเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหาของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน และการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสม

2.1.2 กำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ จัดแบ่งระยะเวลาให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา และกิจกรรมที่เลือกนำมาใช้ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน ซึ่งในการจัดการเรียนรู้สำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีหัวข้อเนื้อหาที่นักเรียนต้องเกิดการเรียนรู้ คือ

2.1.2.1 อุณหภูมิ และการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ

2.1.2.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

2.1.2.3 พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

2.1.2.4 การนำความร้อน และการพาความร้อน

2.1.2.5 การแผ่รังสีความร้อน การดูดกลืนและการคายความร้อน

2.1.2.6 สมดุลความร้อน

2.1.2.7 การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากพลังงานความร้อน

2.1.3 ลงมือเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในแต่ละแผนประกอบด้วย

2.1.3.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ คือ การกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับตัวของนักเรียนภายหลังเมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยลักษณะของข้อความจะมีการระบุพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความรู้ ทักษะ และกระบวนการ รวมทั้งคุณลักษณะ ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนเกิดลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อนำไปสู่การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไป

2.1.3.2 สารสำคัญของการเรียนรู้ เป็นข้อสรุปที่อธิบายถึงหลักการ แนวคิด กฎ หรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้

2.1.3.3 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนของขั้นตอน การจัดการเรียนรู้ ตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบ และพัฒนาขึ้น ซึ่งในครั้งนี้มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 สำรวจ ขั้นที่ 3 อธิบาย ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ ขั้นที่ 5 ประเมินผล และขั้นที่ 6 การสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม

2.1.3.4 สื่อการเรียนรู้ ได้แก่ เอกสารประกอบการเรียน ใบงาน ใบกิจกรรม วัสดุอุปกรณ์ รวมทั้งแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้

2.1.3.5 บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นการสะท้อนสภาพการจัดการเรียนรู้ ปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ครูดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ รวมไปถึงการให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

2.1.4 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

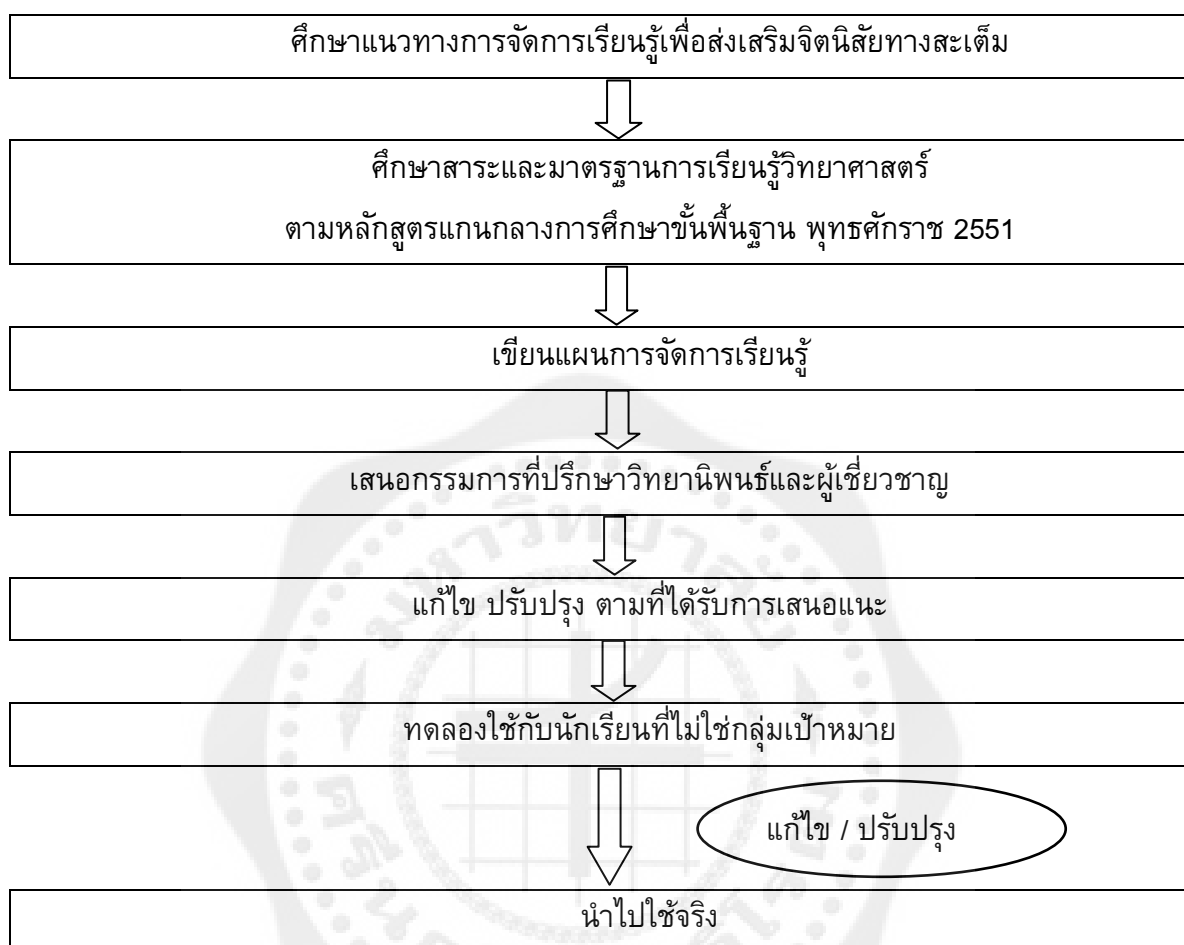
2.1.4.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนขึ้นมานั้น เสนอต่อประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้อง และความเหมาะสมทั้งในส่วนของเนื้อหา ภาษา ลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ลักษณะกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนและบทบาทของครู สื่อ วัสดุอุปกรณ์พร้อมทั้งแหล่งเรียนรู้ แล้วนำเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

2.1.4.2 เมื่อปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ ของประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เรียบร้อยแล้ว จึงนำแผนการจัดการเรียนรู้นี้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินความสอดคล้อง และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ แล้วจากนั้นจึงนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาทำการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งควรมีค่าสูงกว่า 0.5 ขึ้นไป จึงจะยอมรับว่าแผนการจัดการเรียนรู้นี้มีความสอดคล้องเหมาะสม ซึ่งผลการประเมินพบว่าแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

2.1.4.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการพิจารณาแก้ไข ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย

2.1.4.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

ลำดับขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อน ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ลำดับขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม 6 คุณลักษณะ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ การคิดแบบบูรณาการ การยอมรับในเหตุและผล ความสามารถในการสื่อสาร และการสร้างนวัตกรรม ดำเนินการดังนี้

2.2.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการสร้างแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม

2.2.1.2 ร่างเค้าโครงแบบประเมินด้วยการเขียนข้อความแสดงถึงพฤติกรรมต่าง ๆ เป็นข้อ ๆ ที่สะท้อนให้เห็นถึงคุณลักษณะของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยพิจารณาจากนิยาม ความหมาย และพฤติกรรมบ่งชี้ คุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม 6 ประการ

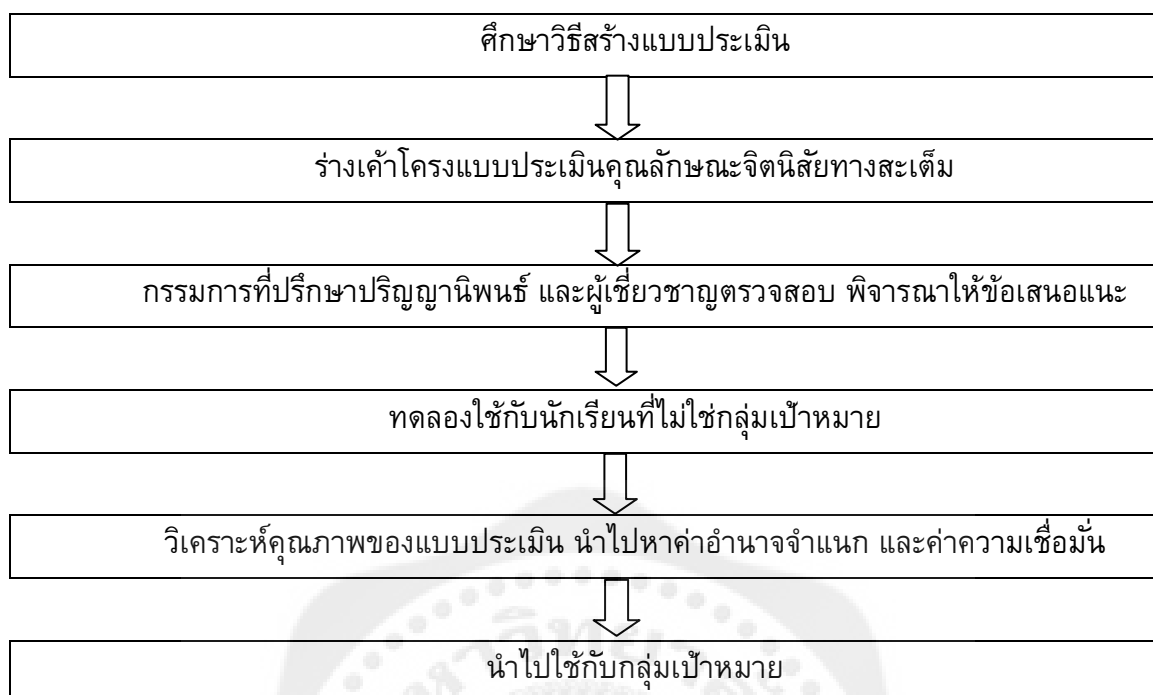
ข้างต้น ให้มีความชัดเจน และครอบคลุมนิยามเหล่านั้น ในแต่ละคุณลักษณะโดยข้อความในแต่ละข้อนั้นจะมีมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับกำกับไว้ ซึ่งแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน

2.2.1.3 นำร่างเค้าโครงแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มที่สร้างขึ้นมาสื่อต่อประธาน และกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้อง และความเหมาะสม แล้วนำข้อเสนอแนะเหล่านั้นมาปรับปรุงแก้ไข

2.2.1.4 นำแบบประเมินไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลการศึกษา และด้านภาษา ตรวจสอบความสอดคล้อง ด้วยการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อความที่แสดงลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม กับความหมายของคุณลักษณะของจิตนิสัยในแต่ละลักษณะที่ระบุไว้ รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมทางด้านภาษาที่นำมาใช้ในการเขียน คัดเลือกแบบประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และถ้ามีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จะต้องปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นหรือถูกตัดออกไป ซึ่งผลการประเมินพบว่าแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1.00

2.2.1.5 นำแบบประเมินที่ผ่านการปรับปรุง แก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย แล้วนำผลคะแนนมาหาคุณภาพของแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มที่ได้จากการทดลองใช้ มาหาค่าความเชื่อมั่นด้วยการคำนวณจากสูตรการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – coefficient) ของครอนบัค ต่อจากนั้นทำการพิมพ์แบบประเมินให้พร้อมสำหรับการนำไปใช้เก็บข้อมูลวิจัยต่อไป

2.2.1.6 นำแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มที่ได้ ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย
ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ดังแสดงในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม

2.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

2.2.2.1 ศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่กล่าวถึงกระบวนการในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ แล้วจึงทำการวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้ ให้ความครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของ บลูม คือ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ หรือไม่ตอบให้คะแนนเป็น 0 คะแนน

2.2.2.2 เขียนข้อคำถามที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกันระหว่างเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ระบุไว้ โดยอาศัยตารางวิเคราะห์เนื้อหา และสร้างข้อสอบจำนวน 60 ข้อ

2.2.2.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่สร้างขึ้นนั้นนำเสนอต่อประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อทำการพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และความสอดคล้องทั้งในด้านเนื้อหา และจุดประสงค์ การใช้ภาษา แล้วนำข้อเสนอมารับปรุงแก้ไข

2.2.2.4 นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับแก้แล้ว เพื่อนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้อภิปริญญาตรีและการวัดผลประเมินผลการศึกษา จำนวน 3-5 ท่าน ทำการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยพิจารณาจากคำดัชนี

ความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปและถ้ามีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จะต้องปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นหรือถูกตัดออกไป ซึ่งผลการประเมินพบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00

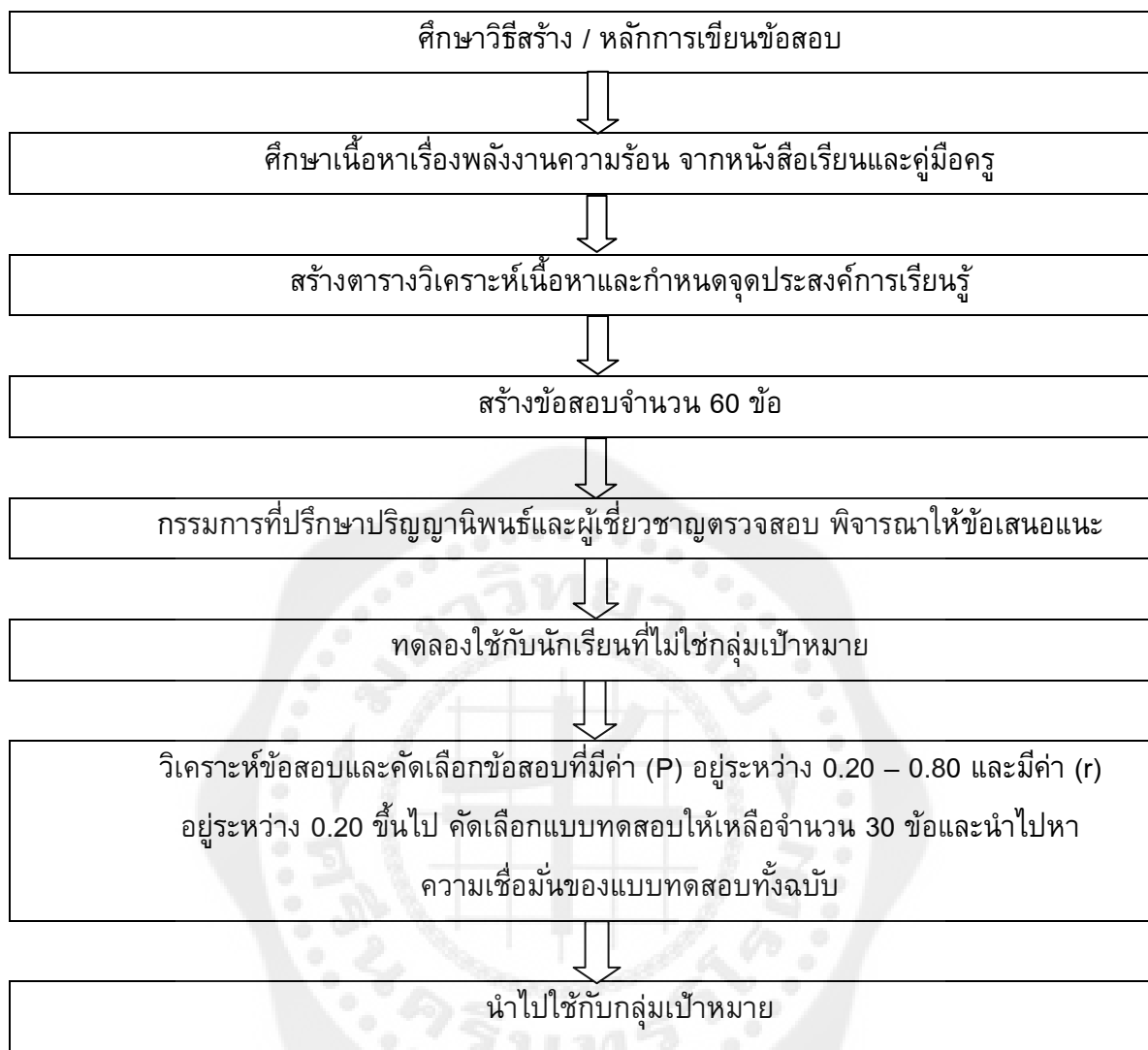
2.2.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผ่านการตรวจสอบแก้ไข และปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 50 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย แล้วนำแบบทดสอบนั้นมาตรวจเพื่อให้คะแนน

2.2.2.6 นำคะแนนที่ได้ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder- Richardson)

2.2.2.7 เลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และนำไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ควรมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ ซึ่งผลการประเมินพบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.76 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.25-0.75 และค่าความเชื่อมั่น 0.81

2.2.2.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ เพื่อจะนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ดังแสดงในภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.3 แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างโดยใช้สัมภาษณ์เชิงลึกที่มีประเด็นคำถามเพื่อศึกษาจิตนิสัยทางสะเต็ม และแนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ดำเนินการดังนี้

2.2.3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับจิตนิสัยทางสะเต็ม และแนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้ เพื่อกำหนดกรอบการสัมภาษณ์

2.2.3.2 ตั้งประเด็นคำถามในการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi Structured Interview) ตามกรอบแนวคิดที่สร้างขึ้น นำเสนอประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อ

ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องของคำถาม ความเหมาะสมในการใช้ภาษา และการสื่อความหมาย และนำมาปรับปรุง แก้ไข ตามข้อเสนอแนะ

2.2.3.3 นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล และการประเมินผล ด้วยการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องของคำถาม ความเหมาะสมในการใช้ภาษา และการสื่อความหมาย คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปและถ้ามีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จะต้องปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นหรือถูกตัดออกไป ซึ่งผลการประเมินพบว่าแบบสัมภาษณ์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

2.2.3.4 ปรับปรุงข้อความของประโยคคำถามตามข้อเสนอแนะ และจัดทำแบบสัมภาษณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย

2.2.3.5 นำแบบสัมภาษณ์ที่ปรับปรุง แก้ไขแล้ว ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย
ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียน

2.2.4 แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทของครู และนักเรียนในขณะที่ดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยผู้ร่วมวิจัยจะจดบันทึก บรรยายเหตุการณ์ทั่ว ๆ ไป และเหตุการณ์ที่สำคัญที่

เกิดขึ้น รวมทั้งประเมินผลการจัดการเรียนรู้ หรือมีข้อบกพร่อง และอุปสรรคหรือไม่ พร้อมทั้งอภิปรายผล เพื่อเป็นข้อมูลในการสะท้อนผลการปฏิบัติงาน ดำเนินการดังนี้

2.2.4.1 โดยการศึกษเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมากำหนดกรอบเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต

2.2.4.2 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ นำเสนอประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ขอบข่ายของพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต ความเหมาะสมในการใช้ภาษา และการสื่อความหมาย และนำมาปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.2.4.3 ปรับปรุงข้อความของประโยคคำถาม ตามข้อเสนอแนะ และจัดทำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย

2.2.4.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ ที่ปรับปรุง แก้ไขแล้ว ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย ดังแสดงในภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัย 3 รูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับคำถามการวิจัยที่แตกต่างกัน ดังนี้

3.1 การศึกษาจิตนีสัยทางสะเต็มใช้แบบแผนการวิจัยแบบอนุกรมเวลา (Time Series Design) (อรพินทร์ ชูชม. 2552: 9) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัยดังนี้

ตาราง 12 แบบแผนการวิจัย แบบอนุกรมเวลา (Time Series Design)

Pretest	treatment	Posttest
T_1, T_2	X	T_3

เมื่อ T_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของนักเรียนก่อนการทดลองครั้งที่ 1

T_2 แทน การทดสอบก่อนเรียนของนักเรียนก่อนการทดลองครั้งที่ 2

X แทน การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนีสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

T_3 แทน การทดสอบหลังเรียนของนักเรียนหลังการทดลอง
ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังนี้

1. นำแบบประเมินจิตนีสัยทางสะเต็มไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ในสัปดาห์แรกของภาคเรียนที่ 1 เพื่อเก็บข้อมูลจิตนีสัยทางสะเต็มของนักเรียน ครั้งที่ 1 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง

2. นำแบบประเมินจิตนีสัยทางสะเต็ม (ชุดเดียวกับครั้งแรก) ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยเว้นระยะห่างจากการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งแรกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ เก็บข้อมูลจิตนีสัยทางสะเต็มของนักเรียนครั้งที่ 2 ก่อนการดำเนินการทดสอบจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เพื่อส่งเสริมจิตนีสัยทางสะเต็ม

3. ดำเนินการทดลองโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนีสัยทางสะเต็ม ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 21 ชั่วโมง โดยทำการสัมภาษณ์นักเรียนหลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้ทุกแผน และนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ต่อไป

4. เมื่อดำเนินการทดลองเสร็จสิ้นตามกำหนด ผู้วิจัยนำแบบประเมินจิตนีสัยทางสะเต็ม (ชุดเดียวกับครั้งที่ 1 และ 2) ไปใช้กับนักเรียนครั้งที่ 3 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

3.2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง One Group Pre-test Post-test Design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2536: 216) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัย ดังนี้

ตาราง 13 แบบแผนการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One Group Pre-test Post-test Design)

Pretest	treatment	Posttest
T_1	X	T_2

เมื่อ T_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของนักเรียนก่อนการทดลองครั้งที่ 1

X แทน การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

T_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของนักเรียนหลังการทดลอง

ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

2. ชี้แจงให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยมีการสร้างข้อตกลงเบื้องต้นในการเรียนรู้ และแนวทางการปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้องในการจัดการเรียนรู้

3. ผู้วิจัยทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้เครื่องมือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

4. ดำเนินการทดลอง โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ทั้งหมด 7 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 21 ชั่วโมง โดยดำเนินการดังนี้

ตาราง 14 การดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง/เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)
1	อุณหภูมิ และการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ	3
2	เครื่องมือวัดอุณหภูมิ	3
3	พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร	3
4	การนำความร้อน และการพาความร้อน	3
5	การแผ่รังสี การดูดกลืนและการคายความร้อน	3
6	สมดุลความร้อน	3
7	การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากพลังงานความร้อน	3
รวม		21

5. เมื่อดำเนินการทดลองเสร็จสิ้นตามกำหนดผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ชุดเดียวกับก่อนเรียน) ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

6. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ต่อไป

3.3 การศึกษาแนวทางปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) (องอาจ นัยพัฒน์. 2554: 301-303; อ้างอิงจาก Kemmis; & Mc Taggart. 1988) โดยวิธีการปฏิบัติ 4 ขั้นตอน (PAOR) ในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1) ขั้นการวางแผน (Planning/P) ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

3.3.1.2 ทำการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน โดยแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ วัสดุอุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้

3.3.2) ขั้นการปฏิบัติการ (Action/A) ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการบันทึก วิดีทัศน์ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อช่วยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ หลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการ เรียนรู้ ผู้ร่วมวิจัยบันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับพฤติกรรม การสอน และปัญหา

หรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งการปรับปรุงแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปทันที

3.2.2.2 หลังจากการจัดการเรียนรู้ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจากการเรียนรู้ทุกครั้ง

3.3.3 ขั้นการสังเกตการณ์ (Observation/O) ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.3.3.1 สังเกตการจัดการเรียนรู้จากวิดีโอทัศน์บันทึกการจัดการเรียนรู้

3.3.3.2 รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และจากการสังเกตวิดีโอทัศน์บันทึกการจัดการเรียนรู้

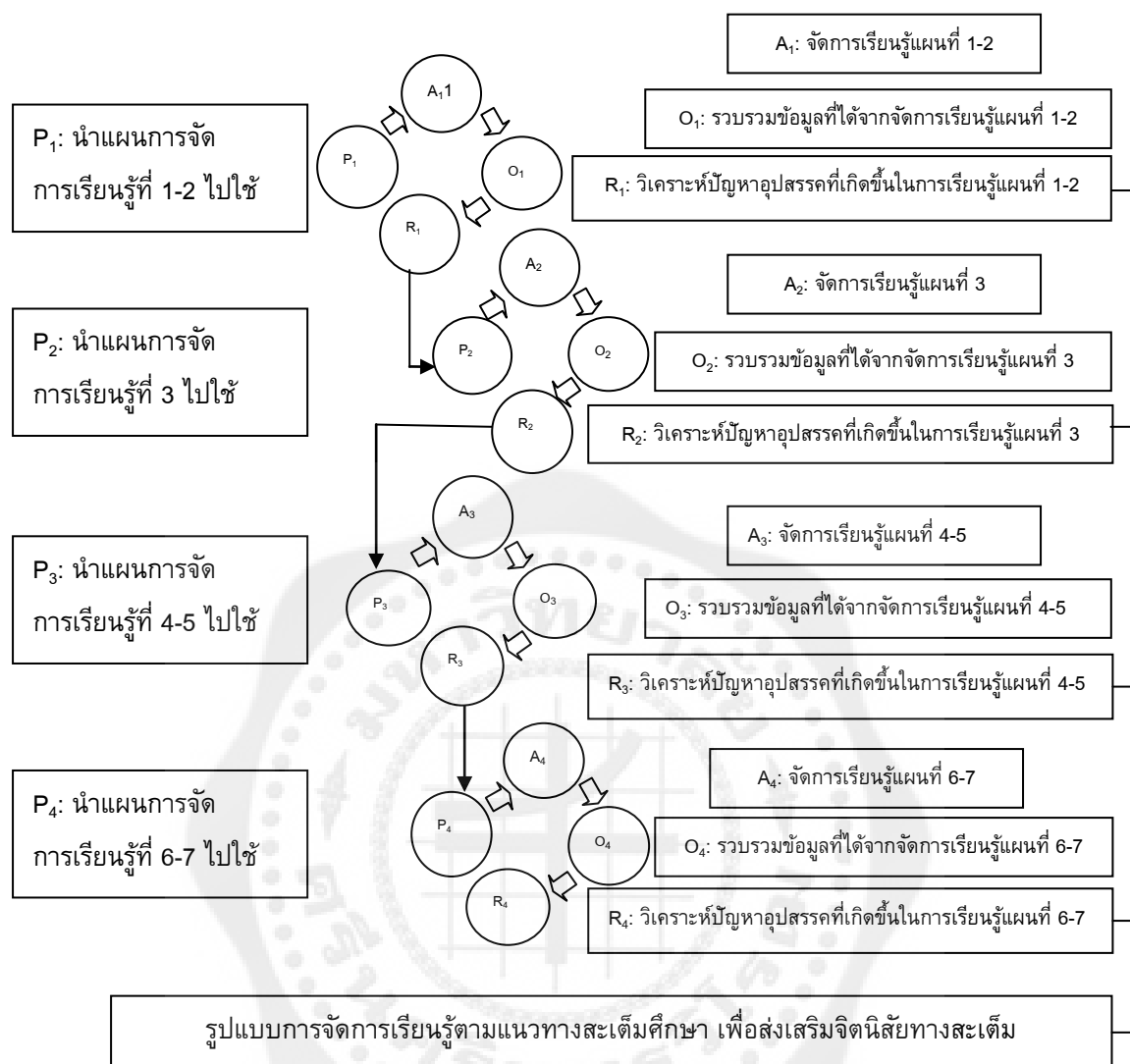
3.3.3.3 รวบรวมข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ของนักเรียน

3.3.4 ขั้นการสะท้อนผลปฏิบัติ (Reflection/R) ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.3.4.1 นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาวิเคราะห์ ผู้วิจัยเขียนสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของตนเองเพิ่มเติมลงไปในปีบันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และหาแนวทางในการพัฒนาที่เกิดขึ้น

3.3.4.2 นำแนวทางในการพัฒนา เพื่อนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

การดำเนินการวิจัยนี้ ได้ดำเนินการเป็นวงจรต่อเนื่องกัน โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 วงจร คือ วงจรที่ 1 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 วงจรที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรที่ 3 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และ 5 และวงจรที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 และ 7 โดยขั้นตอนในการวิจัยสรุปได้ ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ที่มา: Patrick J. M. Costello. (2003). *Action Research*. p. 8.

ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2560
2. ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจแนวทางในการจัดการเรียนรู้ สร้างข้อตกลงเบื้องต้นในการเรียนรู้ และเป็นแนวทางปฏิบัติตน
3. ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ และทำการเก็บรวบรวมข้อมูล จากการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Data Triangulation) โดยมีเครื่องมือ คือ แบบบันทึกหลังกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยบันทึกหลังการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของนักเรียน ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งการปรับปรุง แก้ไขปัญหา หรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น และข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลจากวิธีทัศนบันทึกการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกเสียงระหว่างการจัดการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู้จากผู้ร่วมวิจัย

4. การจัดการกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยในครั้งนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยนำข้อมูลมาจัดกระทำดังต่อไปนี้

4.1 จิตนิสัยทางสะเต็ม ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล จากแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม การถอดความจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน มีขั้นตอนดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1) การวิเคราะห์ให้คะแนนของแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ทำการประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนในการตอบข้อคำถามแต่ละข้อตามพฤติกรรมบ่งชี้

ถ้าข้อความนั้นแสดงพฤติกรรมบ่งชี้ในทางบวก (Positive) กำหนดคะแนน (สสวท. 2555: 130) ดังนี้

การปฏิบัติของจิตนิสัยทางสะเต็ม	ระดับคะแนน
ระดับมาก	ระดับ 4 คะแนน
ระดับปานกลาง	ระดับ 3 คะแนน
ระดับน้อย	ระดับ 2 คะแนน
ระดับไม่มีปฏิบัติ	ระดับ 1 คะแนน

ถ้าข้อความนั้นแสดงพฤติกรรมบ่งชี้ในทางลบ (Negative) กำหนดคะแนน (สสวท. 2555: 130) ดังนี้

การปฏิบัติของจิตนิสัยทางสะเต็ม	ระดับคะแนน
ระดับมาก	ระดับ 1 คะแนน
ระดับปานกลาง	ระดับ 2 คะแนน
ระดับน้อย	ระดับ 3 คะแนน
ระดับไม่มีการปฏิบัติ	ระดับ 4 คะแนน

เกณฑ์ในการตัดสิน

คะแนนเฉลี่ย (สสวท. 2555: 170)

3.26 - 4.00 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับในระดับมาก

2.51 - 3.25 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง

1.76 - 2.50 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย

1.00 - 1.75 หมายถึง มีการปฏิบัติอยู่ในระดับไม่เด่นชัดหรือไม่มีการ

ปฏิบัติ

2) การวิเคราะห์คะแนนแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มของกลุ่มเป้าหมาย ทั้ง 3 ครั้ง โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน คือ การหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบ คะแนน จิตนิสัยทางสะเต็มของกลุ่มเป้าหมายระหว่างการทดสอบ ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Repeated Measure ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows Version 23.0

3) นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงคุณภาพ และอภิปรายถึงความสอดคล้องหรือความขัดแย้งของผลการทดลองที่เกิดขึ้น

4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

1) การวิเคราะห์จากการถอดความการทํากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์ของนักเรียน โดยใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ใช้กรอบแนวคิดของจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งประกอบด้วย ความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ การคิดแบบบูรณาการ การยอมรับในเหตุและผล ความสามารถในการสื่อสาร และการสร้างนวัตกรรม เพื่อจัดกลุ่มคำสำคัญที่บ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนที่เกิดขึ้น

2) วิเคราะห์ความถี่ของนักเรียนที่มีจิตนิสัยทางสะเต็มแต่ละลักษณะ โดยเทียบกันระหว่างการทดสอบ ในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

3) นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพไปเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ และอภิปรายถึงความสอดคล้องหรือความขัดแย้งของผลการทดลองที่เกิดขึ้น

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ได้ทำการวิเคราะห์ จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนดังนี้

4.2.1 ทำการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือมากกว่า 1 ข้อ หรือไม่ตอบให้คะแนน เป็น 0 คะแนน

4.2.2 วิเคราะห์ค่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มเป้าหมายทั้ง 2 ครั้ง โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน คือ การหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบคะแนนที่ได้ของกลุ่มเป้าหมายระหว่างก่อนเรียน และ หลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample) ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010

4.3 แนวทางปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้

4.3.1 นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ บันทึกผล หลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และแบบ สัมภาษณ์นักเรียน มาวิเคราะห์ ทำการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) โดยการ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) และสรุปเป็นประเด็นต่าง ๆ เพื่อประเมินสภาพการณ์ ที่เกิดขึ้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ มีความเหมาะสมหรือไม่ มี ปัญหา และอุปสรรคอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ใน ระหว่างดำเนินการวิจัยให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

4.3.2 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นนำข้อมูลที่ได้จากแต่ละวงจร การจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ นำข้อมูลที่ได้มาเรียบเรียง และสรุปเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงาน ความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

5.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

5.1.1 สถิติสำหรับการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Consistency) เพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหาความตรงเชิงโครงสร้างของเครื่องมือวิจัย (ไพศาล วรคำ. 2555: 263) ได้ใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

5.1.2 สถิติสำหรับการหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536: 179-180) ได้ใช้สูตรดังนี้

5.1.2.1 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมดที่ทำข้อนั้น

5.1.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

$$r = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_U	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบข้อนั้นถูก
	R_L	แทน	จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

5.1.3 สถิติตามวิธีของครอนบัค (Cronbach) สำหรับการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินจิตินิสัยทางสะเต็ม โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536: 171) ได้ใช้สูตรดังนี้

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อของแบบประเมิน
	S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือนี้ทั้งฉบับ

5.1.4 สถิติสำหรับการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536:168)

$$R_u = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{S_1^2} \right)$$

เมื่อ	R_u	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อสอบของเครื่องมือวัด
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้น
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้น
	S_1^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

5.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.2.1 สถิติสำหรับการหาค่าร้อยละ

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าร้อยละ
	f	แทน	ค่าความถี่
	N	แทน	จำนวนทั้งหมด

5.2.2 สถิติสำหรับการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ของแบบประเมินจิตินิสัยทาง สะเต็ม (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536: 59) ใช้สูตรดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

5.2.3 สถิติสำหรับการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของแบบประเมินจิตนีสัยทางสะเต็ม (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 79) ใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ $S.D$	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

5.2.4 สำหรับการตรวจสอบค่าที เพื่อตรวจสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2010

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples

5.2.5 สถิติสำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างของจิตนีสัยทางสะเต็ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Repeated Measure ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows Version 23 (IBM Corp. 2015)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ตามคำถามการวิจัย ดังนี้

คำถามการวิจัย

1. คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม เป็นอย่างไร
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ควรจะมีรูปแบบอย่างไร
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะสามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร
4. แนวทางในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มเป็นอย่างไร

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมาย เพื่อความเข้าใจตรงกันผู้วิจัยขอเสนอสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ (Degree of freedom)
p-value	แทน	ความน่าจะเป็นสำหรับบอกค่านัยสำคัญทางสถิติ
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณา t-distribution
F	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณา F-distribution
ss	แทน	ผลบวกกำลังสองของคะแนน (Sum of Squares)
ms	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของคะแนน
*	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1. คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามข้อที่ 1 ที่ถามว่า คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็มเป็นอย่างไร ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการ โดยศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind) จิตนิสัยทางเทคโนโลยี (Technological Habits of Mind) จิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Habits of Mind) และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Habits of Mind) ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ จนสามารถสรุปคุณลักษณะของ จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind) ได้ 6 ประการ ได้แก่ 1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ 3) การคิดแบบบูรณาการ 4) การยอมรับในเหตุและผล 5) ความสามารถในการสื่อสาร และ 6) การสร้างนวัตกรรม จากนั้นจึงได้จัดทำแบบประเมินนิยาม คุณลักษณะและพฤติกรรมบ่งชี้ถึงคุณลักษณะ ของจิตนิสัยทางสะเต็มในแต่ละด้าน เป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมและลงความคิดเห็น ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

1. ความสนใจใฝ่รู้ หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่มีความคิด ความต้องการหาความรู้ใหม่ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถแสดงออก ด้วยการซักถามในสิ่งที่ตนเองสงสัยหรือสนใจ ค้นคว้าทดลอง และ มีความมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) คุณลักษณะด้านความสนใจใฝ่รู้ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ 6 ข้อ ซึ่งมีผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ ดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ จิตนัยทางสะเต็ม ความสนใจใฝ่รู้

พฤติกรรมบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
1. สามารถระบุประเด็นปัญหาจากประสบการณ์และสถานการณ์ปัญหาได้	4.40	เห็นด้วย
2. ชักถาม ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับขอบเขตขององค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทฤษฎี และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา	4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3. ค้นหาแนวทาง กระบวนการ วิธีการใหม่ หรือปรับปรุงวิธีการเดิมที่มีอยู่ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา	4.40	เห็นด้วย
4. กระตือรือร้นในค้นคว้า ทดสอบ หรือทดลอง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหา	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
5. ตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้โดยการทดสอบ หรือทดลอง	4.00	เห็นด้วย
6. มุ่งมั่นในการปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องจนบรรลุเป้าหมายที่วางไว้และให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด	4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

จากตาราง 15 จิตนัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความสนใจใฝ่รู้ มีพฤติกรรมบ่งชี้ 6 ข้อ คือ 1) สามารถระบุประเด็นปัญหาจากประสบการณ์และสถานการณ์ได้ อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.40$) 2) ชักถามค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับขอบเขตขององค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทฤษฎี และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.60$) 3) ค้นหาแนวทาง กระบวนการ วิธีการใหม่ หรือปรับปรุง วิธีการเดิมที่มีอยู่ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.40$) 4) กระตือรือร้นในการค้นคว้า ทดสอบ หรือทดลองเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหา อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) 5) ตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้โดยการทดสอบ หรือทดลอง อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.00$) และ 6) มุ่งมั่นในการปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องจนบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ และให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.60$)

2. ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่มีการคิดไตร่ตรอง วางแผน เพื่อรวบรวมหลักฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ของข้อมูลอย่างละเอียด ก่อนนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคาดการณ์ และการตัดสินใจ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น อยู่ในระดับเห็นด้วย

อย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) คุณลักษณะด้านความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ ประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ 5 ข้อ ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ ดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ จิตนิสัยทางสะเต็ม ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ

พฤติกรรมบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
1. กำหนดประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างครอบคลุมทุกด้าน เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหา	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องของข้อมูล	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3. กำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของสมาชิกอย่างชัดเจน	4.40	เห็นด้วย
4. สามารถทำนายผลจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม	4.40	เห็นด้วย
5. สามารถสรุปและตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่ได้ *	-	-

หมายเหตุ * เป็นพฤติกรรมที่เพิ่มหลังการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

จากตาราง 16 จิตนิสัยทางสะเต็มเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ มีพฤติกรรมบ่งชี้ 5 ข้อ คือ 1) กำหนดประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างครอบคลุมทุกด้าน เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหา อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) 2) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องของข้อมูล อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) 3) กำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของสมาชิกอย่างชัดเจน อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.40$) 4) สามารถทำนายผลจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.40$) สำหรับข้อ 5) สามารถสรุปและตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่ได้ ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะเพิ่มเติมว่าเป็นลักษณะพฤติกรรมบ่งชี้ของ ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ ผู้วิจัยจึงเพิ่มเป็นอีกตัวชี้วัดหนึ่งในภายหลัง จึงไม่มีค่าคะแนนจากการประเมิน

3. การคิดแบบบูรณาการ หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อระบุ จำแนก องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ต่างๆ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) คุณลักษณะด้านการคิดแบบ

บูรณาการ ประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ข้อ ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ
ดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ จิตนัยทางสะเต็ม การคิดแบบบูรณาการ

พฤติกรรมบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
1. ระบุเกี่ยวกับทรัพยากร และข้อจำกัดพร้อมเหตุผลที่ต้องใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา	4.20	เห็นด้วย
2. ระบุและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา	5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3. ระบุองค์ประกอบความรู้ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4. วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้	4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

จากตาราง 17 จิตนัยทางสะเต็มเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการคิดแบบบูรณาการ มีพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ข้อ คือ 1) ระบุเกี่ยวกับทรัพยากร และข้อจำกัดพร้อมเหตุผลที่ต้องใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.20$) 2) ระบุ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=5.00$) 3) ระบุองค์ประกอบความรู้ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.60$) และ 4) วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.60$)

4. การยอมรับในเหตุและผล หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่มีการรับฟังแนวคิดหรือคำอธิบาย ซึ่งมีข้อมูลที่ถูกต้อง และน่าเชื่อถือมาสนับสนุนอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัว จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.60$) คุณลักษณะด้านการยอมรับในเหตุและผล ประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ 5 ข้อ ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ ดังตาราง 18

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ จิตนิสัยทางสะเต็ม การยอมรับในเหตุและผล

พฤติกรรมบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
1. สำนวนตรวจสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานชิ้นงานของการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2. สร้างคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้ง จากข้อมูลและหลักฐานต่าง ๆ ที่ค้นพบด้วยวิธีการต่าง ๆ	5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3. ประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4. ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ของบุคคลอื่นในกระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
5. ปรับปรุง แก้ไข กระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ ตามที่ได้รับคำแนะนำ หรือข้อสรุปที่ได้จากการโต้แย้ง	4.40	เห็นด้วย

จาดตาราง 18 จิตนิสัยทางสะเต็มเต็มที่ได้เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการยอมรับในเหตุและผล มีพฤติกรรมบ่งชี้ 5 ข้อ คือ 1) สำนวนตรวจสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานชิ้นงานของการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) 2) สร้างคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้ง จากข้อมูลและหลักฐานต่าง ๆ ที่ค้นพบด้วยวิธีการต่าง ๆ อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=5.00$) 3) ประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) 4) ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ของบุคคลอื่นในกระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) และ 5) ปรับปรุง แก้ไข กระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ ตามที่ได้รับคำแนะนำ หรือข้อสรุปที่ได้จากการโต้แย้ง อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.40$)

5. ความสามารถในการสื่อสาร หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่มีความสามารถในการนำเสนอ อธิบาย อภิปราย ถ่ายทอดความคิด ของตนไปยังผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ประกอบการสื่อสารได้อย่างเหมาะสม จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=5.00$) คุณลักษณะด้านความสามารถในการสื่อสาร สามารถสังเคราะห์พฤติกรรมบ่งชี้ ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ ดังตาราง 19

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ จิตนิสัยทางสะเต็ม ความสามารถในการสื่อสาร

พฤติกรรมบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
1. อธิบายความหมายและความเกี่ยวข้องของปัญหาเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องพัฒนาเพื่อใช้แก้ปัญหาได้	4.40	เห็นด้วย
2. อธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการแก้ปัญหา	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3. อธิบายและสื่อสารโดยใช้วิธีการ และสื่อที่เหมาะสม	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

จากตาราง 19 จิตนิสัยทางสะเต็มเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความสามารถในการสื่อสาร มีพฤติกรรมบ่งชี้ 3 ข้อ คือ 1) อธิบายความหมายและความเกี่ยวข้องของปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องพัฒนาเพื่อใช้แก้ปัญหาได้ อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.60$) 2) อธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการแก้ปัญหา อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) และ 3) อธิบายและสื่อสารโดยใช้วิธีการ และสื่อที่เหมาะสม อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$)

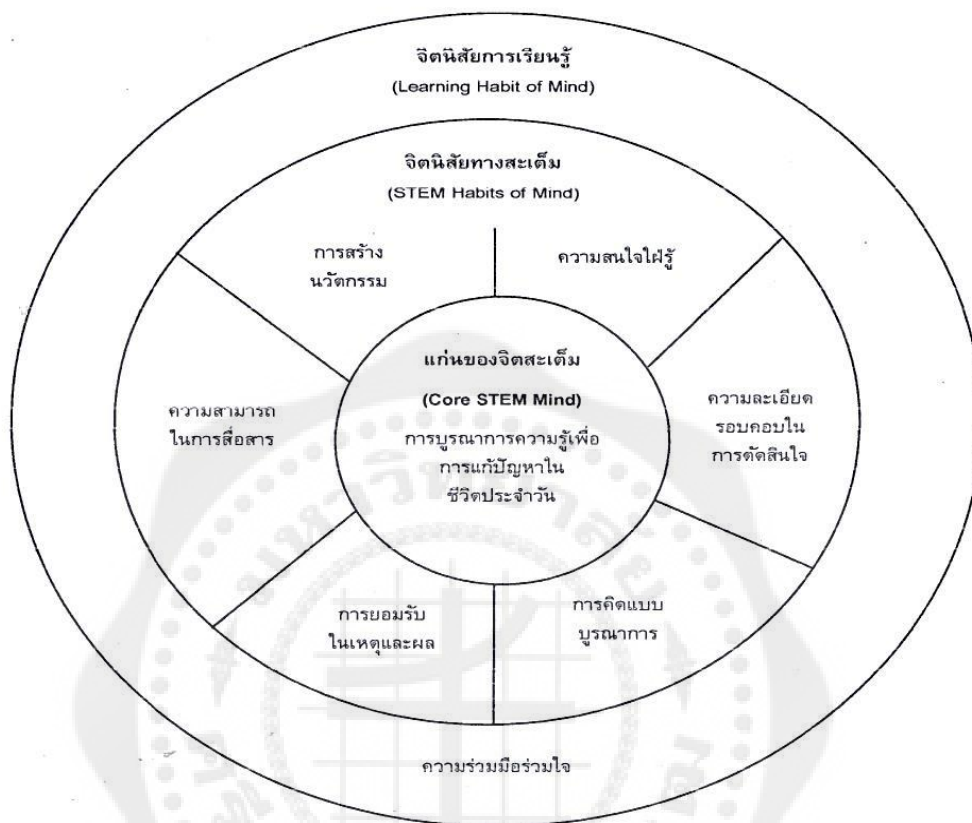
6. การสร้างนวัตกรรม หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดค้น ประดิษฐ์สิ่งใหม่ หรือ วิธีการใหม่ๆ ที่มีความแปลกใหม่ ได้อย่างหลากหลาย และอย่างเหมาะสม โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$) คุณลักษณะด้านการสร้างนวัตกรรม ประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ข้อ ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ ดังตาราง 20

ตาราง 20 แสดงผลการประเมินพฤติกรรมที่บ่งชี้ จิตนิสัยทางสะเต็ม การสร้างนวัตกรรม

พฤติกรรมบ่งชี้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
1. ระบุ วิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี และมีแนวคิดที่แตกต่างจากผู้อื่น	4.40	เห็นด้วย
2. สร้างภาพร่างแนวคิด หรือแบบจำลองเพื่อสะท้อนถึงการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	4.00	เห็นด้วย
3. สร้างและดำเนินการตามที่ออกแบบ และมีการปรับปรุงแก้ไข	4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4. เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้มค่า และคุ้มค่า พร้อมทั้งประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

จากตาราง 20 จิตนิสัยทางสะเต็มเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการสร้างนวัตกรรม มีพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ข้อ คือ 1) ระบุ วิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี และมีแนวคิดที่แตกต่างจากผู้อื่น อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.40$) 2) สร้างภาพร่างแนวคิด หรือแบบจำลองเพื่อสะท้อนถึงการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.00$) 3) สร้างและดำเนินการตามที่ออกแบบ และมีการปรับปรุงแก้ไขอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.60$) และ 4) เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้มค่า และคุ้มค่า พร้อมทั้งประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X}=4.80$)

คุณลักษณะทั้ง 6 ประการดังกล่าวข้างต้น ที่เรียกว่า จิตนิสัยทางสะเต็ม นอกจากนี้จากการสังเคราะห์จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยี จิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังพบคุณลักษณะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหา ซึ่งเรียกว่า จิตนิสัยการเรียนรู้ (Learning habit of mind) ได้แก่ ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) คือ การนำความรู้ มุมมอง ประสบการณ์ และทักษะต่าง ๆ ของสมาชิกภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และทำงานร่วมกัน (Crow. 2002: Online; Stoner. 2013: Online) ซึ่งในการทำงานร่วมกันของสมาชิกภายในกลุ่มมีการประสานมุมมอง ความรู้ ความสามารถ เพื่อนำมาใช้ในการตั้งคำถาม การสืบเสาะการออกแบบ การคิดค้นและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ดังนั้น ความร่วมมือร่วมใจ จึงเป็นเป็นคุณลักษณะสำคัญในการเรียนรู้ที่จะส่งเสริม กระตุ้นให้เกิดจิตนิสัยด้านอื่น ๆ ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 องค์ประกอบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัยการเรียนรู้ และจิตนิสัยทางสะเต็ม

ที่มา: ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Royal Academy of Engineering. (2014). Thinking like an Engineer Implication for the education system. p 29.

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามข้อที่ 2 ที่ถามว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ควรจะมีรูปแบบอย่างไร ผู้วิจัยศึกษา เอกสารงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับ หลักสูตรการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยได้นำแนวคิดของการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจาก เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ครูวิทยาศาสตร์มีความคุ้นเคย และเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ สสวท. ได้ส่งเสริมให้นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์มาเป็นระยะเวลานาน (สสวท. 2545: ออนไลน์) มาผสมผสานกับแนวคิดของมิติของการพัฒนาจิตนิสัยซึ่งมิติของการพัฒนาจิตนิสัย พบว่ามี 2 มิติ คือ มิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการปฏิบัติ ได้แก่ 1) การพัฒนาความสามารถ 2) การสร้างความตื่นรู้ 3) การสร้างความยึดมั่น และมิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการสะท้อน ได้แก่ 1) การค้นหาความหมาย และ 2) การเพิ่มคุณค่า (Anderson; Costa; & Kallick. 2008: 60-62) โดยมีมิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการปฏิบัติ นั้น จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเรียนรู้ และมิติของการพัฒนา จิตนิสัยผ่านการสะท้อน จะสะท้อนออกมาให้เห็นถึงความหมายจากการปฏิบัติ และประโยชน์จากการนำ จิตนิสัยไปใช้ ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ และสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยผสมผสานมิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการปฏิบัติเข้าไปในแนวทางการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และ ขั้นประเมินผล และในส่วนของมิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการสะท้อน ผู้วิจัยเห็นควรเพิ่มเข้าไปนอกเหนือจากขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อให้ให้นักเรียนได้สะท้อนความหมายและคุณค่าของ จิตนิสัยทางสะเต็ม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วย 6 ขั้น คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจ 3) ขั้นอธิบาย 4) ขั้นขยายความรู้ 5) ขั้นประเมินผล และ 6) ขั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่มีการใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นการระบุปัญหา และตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทาง เพื่อให้ให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการกำหนดประเด็นปัญหา บั๊จย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน เพื่อจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

2) ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อหาประจักษ์พยาน และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานนั้น โดยครูมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบาย ค้นหา แนวทาง หรือยุทธวิธีในการเลือกใช้ ผิดปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการวางแผนแนวคิดในการดำเนินการสำรวจ ค้นหา จัดระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้

3) ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนนำหลักฐานที่ค้นพบมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบาย แนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ที่ได้ โดยครูเปิดโอกาสและคอยอำนวยความสะดวกในการ แสดงความคิดเห็น นำเสนอแนวคิด เพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ผิดปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัย ทาง สะเต็มที่นำมาใช้ในการอธิบายและลงข้อสรุป

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการ แก้ปัญหา ร่วมกันวิเคราะห์ และกำหนดทางเลือกแนวทางแก้ปัญหา การวางแผน การออกแบบ การ เลือกใช้วัสดุ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยมีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อต่อยอดความรู้ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และ วิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงานหรือชิ้นงาน นำความรู้ที่เกี่ยวข้องไปสู่งานอาชีพ โดยครูมีการกระตุ้น เปิดโอกาส และอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ผิดปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัย ทางสะเต็ม ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหา ต่อยอดความรู้ หรือนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่นักเรียนมีการประเมินการเรียนรู้ และ กระบวนการแก้ปัญหา มีการตรวจสอบ ปรับปรุงแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการสะท้อนความ คิดเห็นต่อคำตอบ การตรวจสอบชิ้นงานของเพื่อนร่วมชั้น โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทางในการ ประเมินพฤติกรรมการใช้ เพื่อให้นักเรียนมีการเลือกใช้ ผิดปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ นำมาใช้ในการประเมินผลความสำเร็จของผลงาน

6) ขั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind) เป็นขั้นที่ กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความหมาย และคุณค่าของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้เกิดการยอมรับ และเห็นประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม นำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็น กระบวนการที่แฝงอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เมื่อมีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดย กระบวนการดังกล่าวนี้ในช่วงแรกครูจะต้องชี้แนะ ให้คำแนะนำ อธิบายเพื่อยกตัวอย่างพฤติกรรมที่ สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มให้นักเรียนได้รู้จักและหลังจากนั้นครูจะลดบทบาทการให้คำชี้แนะ คำแนะนำ โดยให้นักเรียนได้สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มด้วยตนเองมากขึ้น

ซึ่งผู้วิจัยได้นำรูปแบบจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทาง สะเต็ม นำเสนอต่อประธาน และกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาแก้ไข ตรวจสอบและประเมินความสอดคล้อง แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข และผลดัชนีความ สอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญ ได้ผลดังตาราง 21

ตาราง 21 ผลดัชนีความสอดคล้อง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริม
จิตนิสัยทางสะเต็ม

รายการประเมิน	ค่า IOC	สรุปผลการประเมิน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)		
1.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้ แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา	1.00	สอดคล้อง
1.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1.00	สอดคล้อง
1.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	0.67	สอดคล้อง
1.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	0.67	สอดคล้อง
2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Exploration)		
2.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้ แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา	1.00	สอดคล้อง
2.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1.00	สอดคล้อง
2.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	0.67	สอดคล้อง
2.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	0.67	สอดคล้อง
3. ขั้นอธิบาย (Explanation)		
3.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้ แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา	1.00	สอดคล้อง
3.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1.00	สอดคล้อง
3.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	0.67	สอดคล้อง
3.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	0.67	สอดคล้อง
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)		
4.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้ แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา	1.00	สอดคล้อง
4.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1.00	สอดคล้อง
4.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	0.67	สอดคล้อง
4.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่า IOC	สรุปผลการประเมิน
5. ชั้นประเมินผล (Evaluation)		
5.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	1.00	สอดคล้อง
5.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1.00	สอดคล้อง
5.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	0.67	สอดคล้อง
5.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	0.67	สอดคล้อง
6. ชั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind)		
6.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	1.00	สอดคล้อง
6.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1.00	สอดคล้อง
6.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	0.67	สอดคล้อง
6.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	1.00	สอดคล้อง

จากตาราง 21 โดยภาพรวมขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม มีความสอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และสอดคล้องกับกระบวนการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม มีนิยามที่ชัดเจน สามารถนำไปใช้จริงในชั้นเรียนได้ แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ คือ ควรกำหนดแนวทางในชั้นการสะท้อนจิตนิสัยให้ชัดเจน และควรให้ความสำคัญกับการสะท้อนคิดในทุกขั้นตอน ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะ ไปใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยแทรกการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มเข้าไปในทุกๆ ขั้นตอน ซึ่งในชั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนได้อภิปรายความคิดที่นำมาใช้ในการปฏิบัติงาน หรือพัฒนางาน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

3. ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามข้อที่ 3 ที่ถามว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาจะสามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ จาก แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากการถอดความการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และจากการสัมภาษณ์นักเรียน ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

3.1 จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

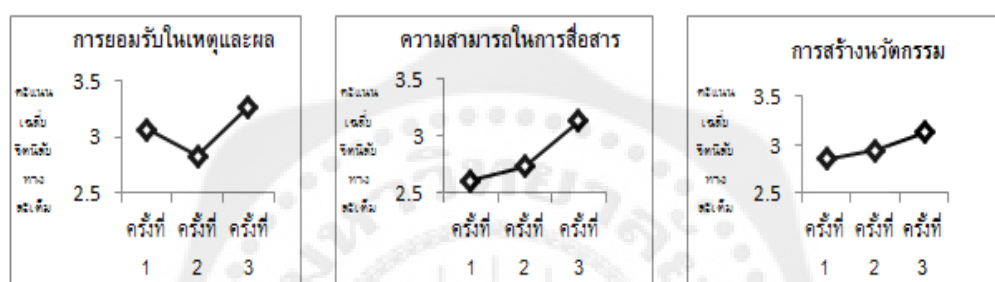
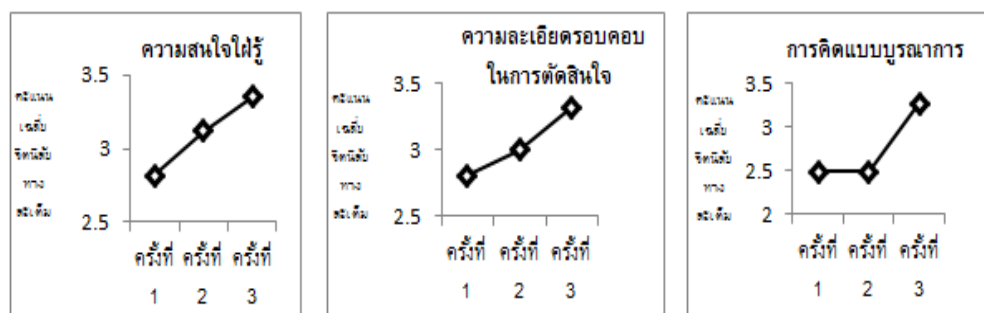
3.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

โดยผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน ด้วยแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ลักษณะแบบประเมินเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ผู้วิจัยประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 สัปดาห์แรกของภาคเรียนที่ 1 โดยเว้นระยะเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ครั้งที่ 2 ก่อนการดำเนินการทดลองจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน และครั้งที่ 3 หลังการดำเนินการทดลองการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตาราง 22

ตาราง 22 แสดงจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3

จิตนิสัย ทางสะเต็ม	N	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความสนใจ ใฝ่รู้	41	2.82	0.62	ปาน กลาง	3.12	0.58	ปาน กลาง	3.35	0.51	มาก
2. ความ ละเอียด รอบคอบใน การตัดสินใจ	41	2.81	0.67	ปาน กลาง	3.00	0.63	ปาน กลาง	3.32	0.55	มาก
3. การคิดแบบ บูรณาการ	41	2.49	0.64	น้อย	2.49	0.87	น้อย	3.27	0.56	มาก
4. การยอมรับ ในเหตุและผล	41	3.07	0.71	ปาน กลาง	2.83	0.67	ปาน กลาง	3.31	0.59	มาก
5. ความสามารถ ในการสื่อสาร	41	2.61	0.73	ปาน กลาง	2.73	0.78	ปาน กลาง	3.13	0.65	ปาน กลาง
6. การสร้าง นวัตกรรม	41	2.85	0.64	ปาน กลาง	2.94	0.65	ปาน กลาง	3.37	0.46	มาก
ค่าเฉลี่ย	41	2.76	0.73	ปาน กลาง	2.83	0.77	ปาน กลาง	3.29	0.61	มาก

จากตาราง 22 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาพรวม ครั้งที่ 1 ก่อนเปิดภาคเรียนที่ 1 อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.76$, $SD = 0.73$) ครั้งที่ 2 ก่อนการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.83$, $SD = 0.77$) และครั้งที่ 3 หลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.29$, $SD = 0.61$) โดยผู้วิจัยนำเสนอกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของจิตนิสัยทางสะเต็ม ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงจิตนัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3

จากภาพประกอบ 13 พบว่าในการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 คุณลักษณะของ จิตนิสัยทางสะเต็ม ในแต่ละคุณลักษณะส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้น คุณลักษณะการคิด แบบบูรณาการ อยู่ในระดับน้อย และในการทดสอบครั้งที่ 3 คุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็มในแต่ละคุณลักษณะส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก ยกเว้นคุณลักษณะความสามารถในการสื่อสาร อยู่ในระดับ ปานกลาง ซึ่งในภาพรวมพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทาง สะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน มีผลเชิงบวกต่อจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยหลังเรียนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีระดับจิตนิสัยทางสะเต็มสูงขึ้นอยู่ใน ระดับมาก

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของจิตนิสัยทางสะเต็มของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 3 ครั้ง โดยใช้สถิติ Repeated Measure ANOVA โดยก่อน วิเคราะห์ได้ทำการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติ Repeated Measure ANOVA ได้แก่ กลุ่ม ตัวอย่างแต่ละกลุ่มได้มาจากการสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวน (Homogeneity of Variances) ของประชากรในแต่ละกลุ่มของตัวแปรตามมีค่าเท่ากัน ผู้วิจัยได้ ตรวจสอบตามข้อตกลงเบื้องต้น พบว่า การทดสอบ Compound Symmetry โดยใช้สถิติ Mauchly's Test of Sphericity พบว่าไม่เป็น Compound Symmetry ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อตกลงของ Repeated Measure ANOVA สามารถปรับแก้ไขโดยอ่านผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการปรับค่า Degree of Freedom ของ Greenhouse-Geisser ผลดังตาราง 23

ตาราง 23 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 (n=41)

แหล่งความแปรปรวน	ss	df	ms	F	p-value
ภายในกลุ่ม					
ช่วงเวลา	6.77	1.70	3.08	51.16*	0.000
ความคลาดเคลื่อน	5.29	68.02	0.07		

*Greenhouse-Geisser, $p < 0.05$

จากตาราง 23 พบว่าคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 3 ครั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F_{1.70, 68.02} = 51.16, p < 0.05$) แสดงว่า คะแนน จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ จึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ด้วยวิธีการทดสอบ แบบ Bonferroni ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 24

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ของคะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 (n=41)

การทดสอบ	$\bar{X}$	สัปดาห์แรก ภาคเรียน ที่ 1	ก่อนการ ดำเนินการ ทดสอบ	หลังการ ดำเนินการ ทดสอบ
สัปดาห์แรกภาคเรียนที่ 1	2.76	-	.274	.000*
ก่อนการดำเนินการทดสอบ	2.83	-	-	.000*
หลังการดำเนินการทดสอบ	3.29	-	-	-

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 24 พบว่า คะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ครั้งที่ 3 หลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ($\bar{X}=3.29$) สูงกว่า คะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็ม ครั้งที่ 1 สัปดาห์แรก ภาคเรียนที่ 1 ($\bar{X}=2.76$) และครั้งที่ 2 ก่อนการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ($\bar{X}=2.83$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ครั้งที่ 1 สัปดาห์แรก ภาคเรียนที่ 1 ไม่แตกต่างจากครั้งที่ 2 ก่อนการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนที่ศึกษาจำนวน 7 คน ที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยการถอดความจากวีดิทัศน์ และแถบบันทึกเสียงระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งหมด 7 แผน และจากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ปรากฏแต่ละคุณลักษณะที่พบในแต่ละแผนเป็นดังตาราง 25

ตาราง 25 แสดงความถี่ของจิตนิสัยทางสะสมที่ปรากฏในระหว่างการจัดการเรียนรู้

พฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะสม	ความถี่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่							รวม
	1	2	3	4	5	6	7	
ความสนใจใฝ่รู้								
1. สามารถระบุประเด็นปัญหาจากประสบการณ์ และสถานการณ์ปัญหาได้	1	1	1	2	1	1	1	8
2. ชอบซักถาม ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับ ขอบเขตขององค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทรัพยากร และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา	2	4	4	2	1	2	1	16
3. ค้นหาแนวทาง กระบวนการ วิธีการใหม่ หรือปรับปรุงวิธีการเดิมที่มีอยู่ให้เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา	-	1	2	1	1	-	1	6
4. กระตือรือร้นในการค้นคว้าทดสอบ หรือทดลองเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหา	1	3	1	1	2	2	2	12
5. ตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ โดยการทดสอบ หรือทดลอง	-	2	-	1	1	-	-	4
6. มุ่งมั่นในการปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องจนบรรลุเป้าหมายที่วางไว้และให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด	2	3	1	-	-	-	1	7
รวม	6	14	9	7	6	5	6	53

ตาราง 25 (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะสมเต็ม	ความถี่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่							รวม
	1	2	3	4	5	6	7	
ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ								
1.กำหนดประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างครอบคลุมทุกด้านเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหา	-	2	-	-	1	-	1	4
2. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องของข้อมูล	4	-	6	-	-	1	1	12
3. กำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของสมาชิก อย่างชัดเจน	2	4	1	2	1	1	1	12
4. สามารถทำนายผลจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม	-	-	-	1	-	1	1	3
5. สามารถสรุปและตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่ได้	-	1	-	2	-	1	1	5
รวม	6	7	7	5	2	4	5	36
การคิดแบบบูรณาการ								
1. ระบุเกี่ยวกับทรัพยากร ข้อจำกัด พร้อมเหตุผลที่ต้องใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา	1	1	2	1	1	1	1	8
2. ระบุและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา	3	2	1	1	2	1	2	12
3. ระบุองค์ประกอบความรู้ ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	-	-	1	1	1	1	1	5
4. วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัดของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้	1	2	1	1	1	2	2	10
รวม	5	5	5	4	5	5	6	35

ตาราง 25 (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะสมเต็ม	ความถี่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่							รวม
	1	2	3	4	5	6	7	
การยอมรับในเหตุและผล								
1. สำนวตตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐาน ชิ้นงานของการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้	-	-	-	-	1	1	-	2
2. สร้างคำอธิบายหรือข้อโต้แย้ง จากข้อมูลและ หลักฐานต่าง ๆ ที่ค้นพบด้วยวิธีการต่าง ๆ	1	2	1	3	1	-	-	8
3. ประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้ง ของบุคคลอื่น	2	3	6	2	1	2	2	18
4. ยอมรับการวิพากษ์ วิจารย์ของบุคคลอื่นใน กระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ ออกแบบไว้	-	1	-	-	-	-	2	3
5. ปรับปรุง แก้ไข กระบวนการต่าง ๆ หรือการ แก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ ตามที่ได้รับคำแนะนำ หรือข้อสรุปที่ได้จากการโต้แย้ง	-	1	-	-	1	1	-	3
รวม	3	7	7	5	4	4	4	34
ความสามารถในการสื่อสาร								
1. อธิบายความหมายและความเกี่ยวข้องของ ปัญหากับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสามารถ อธิบายลักษณะเฉพาะของ ผลผลิตที่ต้องพัฒนาเพื่อ ใช้แก้ปัญหาได้	-	-	-	-	-	-	1	1
2. อธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการ แก้ปัญหา	1	2	1	1	1	1	2	9
3. อธิบายและสื่อสารโดยใช้วิธีการ และสื่อที่ เหมาะสม	1	1	1	1	1	1	2	8
รวม	2	3	2	2	2	2	5	18

ตาราง 25 (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม	ความถี่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่							รวม
	1	2	3	4	5	6	7	
การสร้างนวัตกรรม								
1. ระบุวิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี และมีแนวคิดที่แตกต่างจากผู้อื่น	2	1	1	-	1	-	1	6
2. สร้างภาพร่างแนวคิดหรือแบบจำลองเพื่อสะท้อนการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	1	1	7
3. สร้างและดำเนินการตามที่ออกแบบและมีการปรับปรุง แก้ไข	1	1	2	1	2	-	-	7
4. เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้มค่า และคุ้มค่า พร้อมทั้งประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น	1	2	-	-	1	1	1	6
รวม	5	5	4	2	5	2	3	26

จากตาราง 25 แสดงให้เห็นว่า ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มได้ ทุกลักษณะแต่อาจไม่พบทุกพฤติกรรมบ่งชี้โดยสามารถเรียงลำดับการเกิดจิตนิสัยทางสะเต็มจากมากไปน้อย คือ 1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ 3) การคิดแบบบูรณาการ 4) การยอมรับในเหตุและผล 5) การสร้างนวัตกรรม และ 6) ความสามารถในการสื่อสาร ซึ่งจะมีรายละเอียดของพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. ความสนใจใฝ่รู้

จิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความสนใจใฝ่รู้ ในภาพรวมพบว่าคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับจิตนิสัยทางสะเต็มความสนใจใฝ่รู้ เกิดขึ้นในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากกิจกรรมที่ใช้เป็นสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่มีความใกล้ชิดกับนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหา ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ โดยมีสถานการณ์ปัญหานักเรียนได้ร่วมกันสร้างเทอร์มอมิเตอร์น้ำ เพื่อนำไปใช้วัดอุณหภูมิ นักเรียนได้ร่วมกันค้นหาข้อมูล ดังข้อความ “เด๋ว ขอดู net ก่อน” “G4 หาข้อมูลเพิ่มซิ” หรือแสดงถึงความมุ่งมั่นในการทำงาน ดังข้อความ “เราต้องทำให้ดี ...แต่ไม่เป็นไรเด๋วเราทำใหม่” ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การนำ

ความร้อน และการพาความร้อน มีสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนร่วมกันสร้างอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ นักเรียนมีสนใจในการค้นหา ข้อมูลของทรัพยากร เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา ดังข้อความ “ช่วยกันคิดซิ” หรือ “G4 เป็นคนหาข้อมูลนะ” ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน การดูดกลืนและการคายความร้อน ให้นักเรียนได้ร่วมกันสร้างกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อนำตากพริกสด นักเรียนได้แสดงถึงการความกระตือรือร้นในการร่วมกันหาแนวทางการแก้ปัญหา ดังข้อความ “มาช่วยกันคิดซิ” “ช่วยกันทำนะพวกเรา” หรือมีการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา โดยแสดงออกถึงการให้ความสำคัญกับแบบร่างแนวคิดของการออกแบบกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังบทสนทนา

G2 : แล้วเจาะรูด้านข้างให้มันมีที่ระบายนะ

B3 : ให้ครูตรวจแบบก่อนนะ

B1 : B3 อธิบายให้ครูฟังด้วยนะ

G3 : ครูคะ ออกแบบเสร็จแล้วคะ ลายเซ็นครูมีความสำคัญคะ 5555

และ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร นักเรียนได้ร่วมกันค้นหาแนวทาง และการวางตำแหน่งของน้ำหวานลงในน้ำแข็งแบบเพื่อทำไอศกรีม นักเรียนได้นำสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมาช่วยในการค้นหาแนวทางในการทำไอศกรีม ดังบทสนทนา

B1 : ทำไมเราต้องเจาะด้วยอะ

G1 : ก็จะได้เหมือนที่เขาทำไอติมโบราณนัย มันทำเป็นหลุมๆ

2. ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ

จิตินัยทางละเอียดที่เกี่ยวกับคุณลักษณะความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ ในภาพรวมผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า จิตินัยนี้เกิดขึ้นในทุกแผน แต่พฤติกรรมบ่งชี้ที่พบอาจแตกต่างกันและมาปรากฏครบทุกพฤติกรรมบ่งชี้ในแต่ละกิจกรรม อย่างไรก็ตามพฤติกรรมบ่งชี้การ พฤติกรรมบ่งชี้ กำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของสมาชิกอย่างชัดเจน พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ โดยในทุกกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการทำกิจกรรมกลุ่ม สมาชิกในกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่ในการทำงาน ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิ และการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ นักเรียนได้ร่วมกันแบ่งหน้าที่ในการทำงานในการร่วมกันทำกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ร้อน ๆ เย็น ๆ ดังข้อความ “ใครจะทำหน้าที่อะไรบ้าง” แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ นักเรียนได้ร่วมกันกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิก ดังข้อความ “เราควรมีการปรับเปลี่ยนหน้าที่กันมัย” “เราทำหน้าที่ของใครของมันดีกว่า” หรือในขณะที่สมาชิกในกลุ่มทำกิจกรรม ดังข้อความ “ต่างคนต่างทำหน้าที่” “เราแบ่งหน้าที่กันทำ” ในระหว่างที่นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มสมาชิกร่วมกันแลกเปลี่ยนรู้ แสดงความคิดเห็น เพื่อตรวจสอบข้อมูลและการทำงานภายในกลุ่ม นอกจากนี้พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเนื่องจาก

พลังงานความร้อน มีพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ จิตนิสัยความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ ครบทั้ง 5 ข้อ ดังเช่น แสดงพฤติกรรมบ่งชี้ ในการกำหนดประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการแก้ปัญหา ดังข้อความ “เรามาเริ่มคิดเริ่มต้นเลยว่าจะมีการสร้าง (เครื่องมือสำหรับเตาไฟฟ้าใหม่)แบบไหน” แสดงพฤติกรรมบ่งชี้ สามารถทำนายผลจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม โดยนักเรียนมีการนำองค์ความรู้ที่ได้รับมา เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับพลังงานความร้อน เพื่อมาใช้ในการอธิบายการทดลอง ดังบทสนทนา

G1 : เอามาลอดผ่านห้วง

B3 : ลอดผ่านได้

B2 : เออๆๆ

G4 : แซ่น้ำเย็นมันหดตัวนะ แต่เอาไปเผาไฟมันขยายตัวนะ

และแสดงพฤติกรรมบ่งชี้ สามารถสรุปและตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่ได้ นักเรียนได้ร่วมกันเลือกใช้วัสดุสำหรับการออกแบบเครื่องมือเตาไฟฟ้าใหม่ ซึ่งสมาชิกได้นำข้อมูลหรือความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการตัดสินใจ ดังบทสนทนา

G4 : ถ้ากล่องอันนี้ เอาลูกโป่งใส่ไปในกล่อง ก็แตกชิ

G1 : เอาเป็นลูกบอลยาง

B1 : ไม่ๆๆ ลูกโป่ง เมื่อได้รับความร้อนมันจะขยายตัวดันกล่องที่ด้านข้าง ซึ่งจะไปกดคันโยกที่อยู่ด้านข้าง ทั้ง 2 ข้างเกิดเสียงและเกิดแสง

B3 : เออๆๆ

G1 : มันต้องดูก่อนมัยว่า อุปกรณ์ไหนเมื่อโดนความร้อนแล้วมันขยายตัว

B1 : ก็พวกของแข็ง ของเหลว และแก๊ส

3. การคิดแบบบูรณาการ

จิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการคิดแบบบูรณาการ ในภาพรวมผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ทุกกิจกรรมการจัดการเรียนรู้สามารถกระตุ้นให้เกิดจิตนิสัยทางสะเต็ม ได้ทุกพฤติกรรมบ่งชี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 1 ระบุทรัพยากรของการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา ข้อที่ 2 เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา และข้อที่ 4 วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนได้วิเคราะห์สังเคราะห์ เกี่ยวกับองค์ความรู้ที่ได้รับ และรับรู้ถึงความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

ทั้งนี้พฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 3 ระบุงค์ประกอบความรู้ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา พบเฉพาะในแผนที่ 3,4,5,6, และ 7 แต่ไม่พบในแผนแรกๆ เนื่องจากนักเรียนเริ่มคุ้นชินในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และสามารถที่จะระบุงค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง

การนำความร้อน และการพาความร้อน นักเรียนได้ร่วมกันระบอบองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างอุปกรณ์ต้มไข่ ดังบทสนทนา

G1 : อันนี้เกี่ยวกับการนำความร้อนนะ ด้านวิทยาศาสตร์

G2 : เออๆๆ

G4 : ด้านวิทยาศาสตร์ คือ การนำความร้อน

G3 : ด้านวิศวกรรมศาสตร์

B3 : วิธีการออกแบบมัย

G2 : ความรู้ทางคณิต ก็คือ การคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ เนะ

B3 : เออๆๆ

G4 : ความรู้ทางเทคโนโลยี ก็เป็นการค้นหาข้อมูล และการเลือกใช้วัสดุ นะ

G1 : เออๆๆ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน และการดูดกลืนและการคายความร้อน นักเรียนได้ร่วมกันระบอบองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังข้อความ “ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คือ การแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อน ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์ คือการออกแบบ /วิธีการ ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี คือการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุชนิดต่าง ๆ และความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ การคำนวณเกี่ยวกับวัสดุต่างๆ ที่ใช้ นอกจากนี้พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากพลังงานความร้อน มีพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะเจตนิสัยการคิดแบบบูรณาการ ครบทั้ง 5 ข้อ เช่น พฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับ วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัดของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์เกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือสำหรับเตาไฟฟ้าไหม้ ดังข้อบทสนทนา

B3 : แล้วเราจะเพิ่มเติมอะไรอีกมัย

B1 : แบบที่พวกเราคิดน่าจะเพิ่มให้มีเสียงเตือนด้วย จะได้รู้ว่ามีไฟไหม้

4. การยอมรับในเหตุและผล

เจตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการยอมรับในเหตุและผล โดยภาพรวมผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า เกิดเจตนิสัยนี้ในทุกแผนและพบพฤติกรรมบ่งชี้ที่แตกต่างกันในแต่ละแผน โดยที่ พฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 3 ประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ที่ และพฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 2 สร้างคำอธิบายหรือข้อโต้แย้ง จากข้อมูลและหลักฐานต่าง ๆ ที่ค้นพบด้วยวิธีการต่าง ๆ ปรากฏเกือบทุกแผนการจัดการเรียนรู้เนื่องจาก ทุก กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ได้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการร่วมกันหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการรับฟังแนวคิดหรือคำอธิบายของสมาชิก หรือการอธิบายเหตุผลในข้อโต้แย้ง ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องพลังงานกับการเปลี่ยนสถานะของสาร นักเรียนได้

แสดงพฤติกรรมที่เกี่ยวกับยอมรับคำอธิบาย และข้อโต้แย้ง ในวิธีการที่สมาชิกในกลุ่มได้เสนอ เกี่ยวกับการแบ่งน้ำหวานในปริมาณเท่ากันๆ ดังบทสนทนา

G2 : ถ้า 68 มันก็จะเกินมัย

B1 : คนละ 68

G4 : มันเกินมานะ ถ้าคนละ 67 มันเกินมา 2

G1 : 400 หาร 6 ได้ 66.66 เขาว่าคนละ 67 น่าจะได้

B3 : ถ้ายังงั้น คนสุดท้ายก็ได้ไม่เท่าเพื่อนนะ ถ้าคนละ 66 จะได้เท่ากัน
ส่วนเศษที่เหลือก็ให้กลุ่มอื่น

G1 : เออก็น่าจะใช้เนาะ เพราะว่าต้องแบ่งให้เท่าๆ กันทุกคนในกลุ่ม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสี การดูดกลืน และการคาย

ความร้อน นักเรียนได้ร่วมกันเลือกวัสดุเพื่อนำมาออกแบบกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดัง
บทสนทนา

G1 : ถ้าสีดำมันดูดความร้อน ส่วนสีขาวอยู่ข้างในก็จะได้ให้ความร้อน
ออกมาข้างยัย 555

G4 : ทำไมละ งงได้

G1 : ก็สีดำจะดูดความร้อนเข้าข้างใน ส่วนสีขาวความร้อนจะออกมาข้าง
นอกได้ช้า อะ

B3 : ใช้อย่างไร เป๊ะข้างนอกสีดำ

สำหรับพฤติกรรมบ่งชี้ที่อื่น ๆ พบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน
การแสดงออกพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับ สืบรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเกี่ยวกับ
ชิ้นงาน หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ พบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และ 6 ดังเช่น แผนการ
จัดการเรียนรู้ที่ 5 การแผ่รังสี การดูดกลืนและการคายความร้อน นักเรียนได้ร่วมกันตรวจสอบความ
ถูกต้องเกี่ยวกับหลักฐานที่นำมาใช้ในการออกแบบการแก้ปัญหา ดังบทสนทนา

B3 : ขออนุญาตค้นข้อมูลเพิ่มเติมครับ

G2 : ค้นเรื่องอะไร

G3 : ดูซิว่า ที่เราทำอะ เข้าใจถูกต้องมัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน นักเรียนในกลุ่มมี
พฤติกรรมที่แสดงออกเกี่ยวกับสืบค้นและตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมสำหรับ
การชงนม ดังบทสนทนา

G4 : มันต้องร้อน 60 °C นะ เว้นนี้ออกมา

G2 : หาหลายๆ เวบซิ

G4 : เวบ นี้นอกจากใช้น้ำที่อุณหภูมิอุ่นๆ

G1 : อุณหภูมิอุ่นๆ มันเท่าไรอะ

G4 : 60 °C นะ น้ำที่ใช้ขงนม

พฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับ ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ของบุคคลอื่นใน กระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ พบเฉพาะในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ 7 ดังเช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ นักเรียนได้แสดงการยอมรับการ วิพากษ์ เกี่ยวกับงานที่ออกแบบไว้ ดังบทสนทนา

B1 : กลุ่มเราเขียนแบบนี้แล้วอ่านไม่ออกเลย

G1 : เออเน เราค่อยมาทำกันใหม่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากพลังงาน ความร้อน นักเรียนทำกิจกรรมมีพฤติกรรมที่แสดงออกเกี่ยวกับยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์จาก สมาชิกในการร่วมกันออกแบบอุปกรณ์สำหรับเตาไฟฟ้าไหม้ ดังบทสนทนา

B1 : มีไฟกระพริบ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้า

B3 : วิธีการเดินสายไฟทำงัยอะ

G1 : เขาว่าเรา งงๆ กันนะ B1 คิดซับซ้อนไปนะ

G2 : ใช่ๆๆ เราน่าจะคิดจากสิ่งที่มีอยู่รอบๆๆ ตัวเราอะ

B1 : งั้นเราออกแบบเสร็จแล้ว ค่อยถามครูว่าใช้ได้มัย

และการแสดงออกพฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 5 ปรับปรุง แก้ไข กระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ตามที่ได้รับคำแนะนำ หรือข้อสรุปที่ได้จากข้อโต้แย้ง พบเฉพาะใน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2,5 และ 6 ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน และการดูดกลืนและการคายความร้อน นักเรียนได้แสดงออกเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนการสร้างกล่อง อบอุ่นแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ในการวางพริกบนพื้นกระดาษสีดำมาเป็นการทำตะแกรง ดังบทสนทนา

G3 : เขาว่าเราน่าจะหาอะไรมาใส่พริกนะ

G2 : เออให้มันดูสะอาดเนาะ ทำเป็นตะแกรงมัย

B1 : B2 B3 เราจะใช้อะไรแทนตะแกรง อะ

G2 : ไม่เสียบลูกขึ้น

B2 : ใช่ๆๆ ไม่เสียบลูกขึ้น

G2 : ใช้ตะเกียบมัย

G4 : ตะเกียบมันจะใหญ่เกินไปมัย มันทะลุยาก

B1 : ใช้ไม้เสียบลูกชิ้นอะ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน นักเรียนได้แสดงออก เกี่ยวกับการปรับปรุง การออกแบบอุปกรณ์สำหรับทำน้ำร้อนให้เป็นน้ำอุ่น ดังบทสนทนา

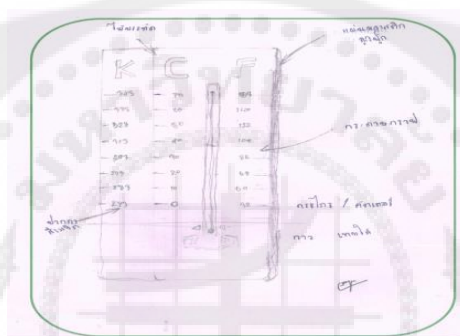
G1 : กลุ่มเราน่าจะมีสเกลบอกปริมาณน้ำนะ

B3 : เออๆๆ เห็นด้วยนะ

B1 : ใช่ ๆๆ เราจะได้รู้ว่า เราใส่น้ำ ไปเท่าไร

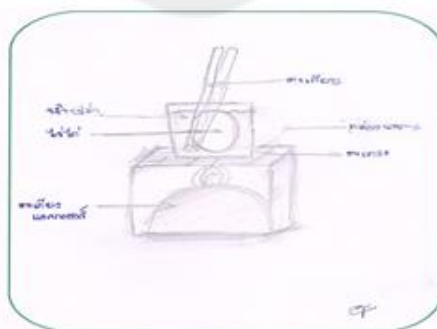
5. การสร้างนวัตกรรม

จิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการสร้างนวัตกรรม ในภาพรวม ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่ามีพฤติกรรมบ่งชี้เกิดขึ้นในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบพฤติกรรมบ่งชี้ที่แตกต่างกัน โดยที่ พฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 2 สร้างภาพร่างแนวคิดหรือแบบจำลอง เพื่อสะท้อนถึงการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจาก ในทุกแผนมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีการออกแบบหรือหาแนวทางในการแก้ปัญหา และบันทึกลงในใบกิจกรรม ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิและการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ นักเรียนในกลุ่มได้ร่วมกันออกแบบภาพร่างแนวคิด เกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ และบันทึกลงในใบกิจกรรม ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แสดงภาพร่างแนวคิดการสร้างเครื่องมือเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การนำความร้อน และการพาความร้อน นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบภาพร่างแนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แสดงภาพร่างแนวคิด อุปกรณ์สำหรับต้มไข่

การแสดงผลพฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 3 สร้างและดำเนินการตามที่ออกแบบ และมีการปรับปรุง แก้ไข พบเฉพาะในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5 และไม่พบในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 และ 7 เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 และ 7 กำหนดให้ออกแบบเครื่องมือที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาเท่านั้น แต่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5 นักเรียนจะต้องลงมือสร้างอุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้ ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การนำความร้อนและการพาความร้อน นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ และเมื่อมีการนำไปใช้ ได้มีการปรับปรุง เพื่อให้มีคุณภาพมากขึ้น ดังตัวอย่างข้อความ

“ในการปรับปรุงเครื่องมือของพวกเราก็จะมีไม้เสียบลูกชิ้นที่ผ่านกล่อง เพื่อให้สามารถยกกล่องได้



ภาพประกอบ 16 แสดงภาพ อุปกรณ์สำหรับต้มไข่ ที่มีการปรับปรุง

การแสดงผลพฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 1 ระบุวิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหา ได้หลายวิธี และมีแนวคิดที่แตกต่างจากผู้อื่น พบเฉพาะในแผนที่ 1,2,3,5 และ 7 ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน และการดูดกลืนและการคายความร้อน นักเรียนในกลุ่มมีพฤติกรรมที่แสดงออกในการเสนอแนวทางการออกแบบกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเลือกใช้วัสดุที่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ดังข้อความข้อความ “ไม่มีกลุ่มไหนใช้ฟอยด์ กลุ่มเราใช้ก็ใช้ตาม” หรือในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับพลังงานความร้อน นักเรียนในกลุ่มมีพฤติกรรมที่แสดงออกในการ ช่วยกันหาแนวทางในการออกแบบอุปกรณ์สำหรับ เตือนไฟไหม้ ดังบทสนทนา

B1 : เราจะเอาของเหลว หรือแก๊ส

B3 : เอาแบบไหน

G1 : เอาของเหลว

G4 : เขาว่า เอาของเหลว

G2 : เอาแก๊สมั้ย

B3 : ถ้าเอาแก๊ส ทำไมจึงคิดจะเอาแก๊ส ละ

G1 : ถ้าเอาความร้อนที่ให้กับของเหลว เหมือนในเทอร์มอมิเตอร์ละ

G2 : เขาว่า เอาแก๊ส เราทำอุปกรณ์ที่เตือนภัย เมื่อแก๊สขยายตัว มันก็จะไปดันปุ่มที่ทำให้เกิดเสียง หรือมีแสง

B3 : เออๆๆ ดีนะ เราก็ใช้ลูกโป่งที่เป่าอากาศเข้าไป

และการแสดงออกพฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 4 เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้มค่า และคุ้มค่า พร้อมทั้งประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น พบเฉพาะในแผนที่ 1,2,5,6 และ 7 ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิ และการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ นักเรียนในกลุ่มมีพฤติกรรมที่แสดงออก ในการเลือกวัสดุที่คุ้มค่า และคุ้มค่า ในการสร้างเครื่องมือในการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ และการสร้างกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังตัวอย่างข้อความ “เลือกใช้กระดาษกราฟ มีเส้นทำให้ทำงานรวดเร็วและสะดวก” “เลือกแผ่นพลาสติกถูกफुक มีความคงทน” หรือในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน และการดูดกลืนและการคายความร้อน นักเรียนในกลุ่มได้ร่วมกันความคุ้มค่าในการสร้างกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังบทสนทนา

B3 : เราถามเพื่อนๆ ประชาธิปไตย ว่าจะตัดฝ้ามัย

G1 : เออๆๆ ใครมีความคิดยังงัย

G3 : เพื่อนๆๆ วังงัย

G2 : เขาว่าถ้าเอาไว้ก็ดีนะ เพราะว่ามันช่วยกันแมลงได้ และประหยัด ไม่ต้องซื้อพลาสติกใสมาปิดอะ (สมาชิกทุกคนเห็นด้วยกับ G2 ว่าไม่ต้องตัดฝ้ามัย)

6. ความสามารถในการสื่อสาร

จิตินัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความสามารถในการสื่อสาร ในภาพรวมผลการวิเคราะห์ พบว่ามีพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกิดขึ้นในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้พบพฤติกรรมบ่งชี้ที่แตกต่างกัน โดยข้อที่ 2 อธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการแก้ปัญหา และข้อที่ 3 อธิบายและสื่อสาร โดยใช้วิธีการ และสื่อที่เหมาะสม พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนในกลุ่มจะต้องมีการอธิบาย หาแนวทางแก้ปัญหา และมีการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงการมีการสื่อสาร โดยแสดงพฤติกรรมบ่งชี้ ที่เกี่ยวข้องในการอธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการแก้ปัญหา ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ นักเรียนในกลุ่มมีพฤติกรรมที่แสดงออกเกี่ยวกับการอธิบายกระบวนการสร้างเทอร์มอมิเตอร์ ดังบทสนทนา

T : ทำไมจึงออกแบบได้แบบนี้

B1 : เราเลือกใช้ขวดแบนด์ เพราะว่าทนความร้อนได้ดีกว่าพลาสติก

B3 : แล้วที่ใช้หลอดใสเพราะจะทำให้เห็นน้ำเคลื่อนที่ได้ชัด

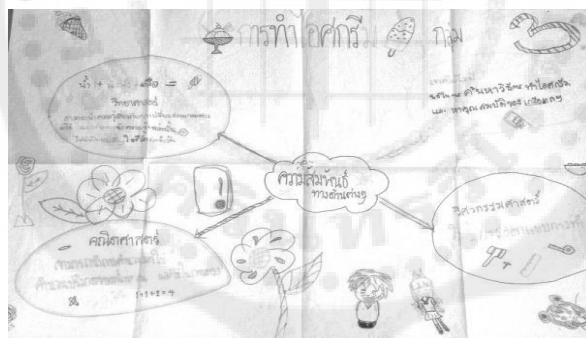
G3 : เราใช้น้ำผสมแอลกอฮอล์

G1 : และผสมสี

G2 : เพื่อความประหยัดค่ะ

B3 : แล้วจะมีสเกลติดเพื่อบอกค่าอุณหภูมิครับ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การนำความร้อน และการพาความร้อน
นักเรียนในกลุ่มได้ร่วมกันอธิบายเกี่ยวกับการออกแบบอุปกรณ์สำหรับต้มไข่ ดังข้อความ “ซึ่งอุปกรณ์ต้มไข่นั้นเราเลือกใช้ ก้อนนม เพราะมีคุณสมบัตินำความร้อน เพราะภายในก้อนมีอะลูมิเนียมอยู่อะลูมิเนียมเป็นวัสดุนำความร้อน และใช้ไม้เสียบลูกชิ้นซึ่งเป็นฉนวนความร้อน มาทำเป็นที่จับก้อน” แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะของสาร นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอธิบายแนวทางในการแก้ปัญหา ดังข้อความ “การทำน้ำหวานให้เป็นไอศกรีมนั้น ใช้ถุงซิปลานกลาง เทน้ำหวานใส่ในปริมาณ เท่าๆ กัน จากนั้นนำไปแช่ในกะละมังที่มีน้ำแข็งผสมกับเกลือ เพราะเกลือทำให้น้ำแข็งละลายช้าลง สามารถเก็บความเย็นได้และทำการเขย่า ซึ่งทำให้น้ำหวานซึ่งเป็นของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง” ในการแสดงพฤติกรรมบ่งชี้ ที่เกี่ยวข้องอธิบายและสื่อสารโดยใช้วิธีการ และสื่อที่เหมาะสม ดังเช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะของสาร นักเรียนในกลุ่มได้ร่วมกันนำเสนอแผนผังความคิดเรื่อง การทำไอศกรีม ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 แสดงแผนผังความคิดเรื่อง การทำไอศกรีม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การนำความร้อน และการพาความร้อน
นักเรียนในกลุ่มมีพฤติกรรมที่แสดงออกร่วมกันในการทำแผนผังความคิด เกี่ยวกับอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ เพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงแผนผังความคิดเรื่อง อุปกรณ์สำหรับต้มไข่

ในการแสดงพฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 1 อธิบายความเกี่ยวข้องของปัญหา กับ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของ ผลผลิตที่ต้องพัฒนาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ พบเฉพาะในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การ ขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับพลังงานความร้อน นักเรียนในกลุ่มมีพฤติกรรมที่แสดงออกร่วมกันในการ อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบอุปกรณ์สำหรับเตาไฟฟ้าใหม่ ดังบทสนทนา

G1 : B1 อธิบายซิ ว่าวาดอะไร

B1 : ความร้อนส่งผ่านไปยังลูกโป่ง อากาศภายในลูกโป่งเกิดการ ขยายตัวไปชนกับคันโยก ทำให้คันโยกกดลงซึ่งต่อกับกระดิ่ง และ หลอดไฟ

G4 : เราจะติดไว้ตรงที่เกิดเหตุ

B2 : เออๆๆ

จากข้อมูล ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ สรุปได้ว่าจิตนิสัยทางสะเต็มของ นักเรียนเมื่อเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม มี ค่าเฉลี่ยสูงขึ้น ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สนับสนุนผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ กล่าวคือ พบจิตนิสัยทางสะเต็มทุกลักษณะ ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้

3.2 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่มี ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ทำการทดสอบทั้งก่อน เรียน และ หลังเรียน จากนั้นนำค่าคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ก่อนและหลังเรียน โดยทำการทดสอบ t-test for Dependent Sample ได้ผลดังตาราง 26

ตาราง 26 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

ข้อมูล เปรียบเทียบ	n	$\bar{X}$	S.D.	t	df	p-value
ก่อนเรียน	41	11.98	2.22	9.96*	40	0.000
หลังเรียน	41	15.93	2.56			

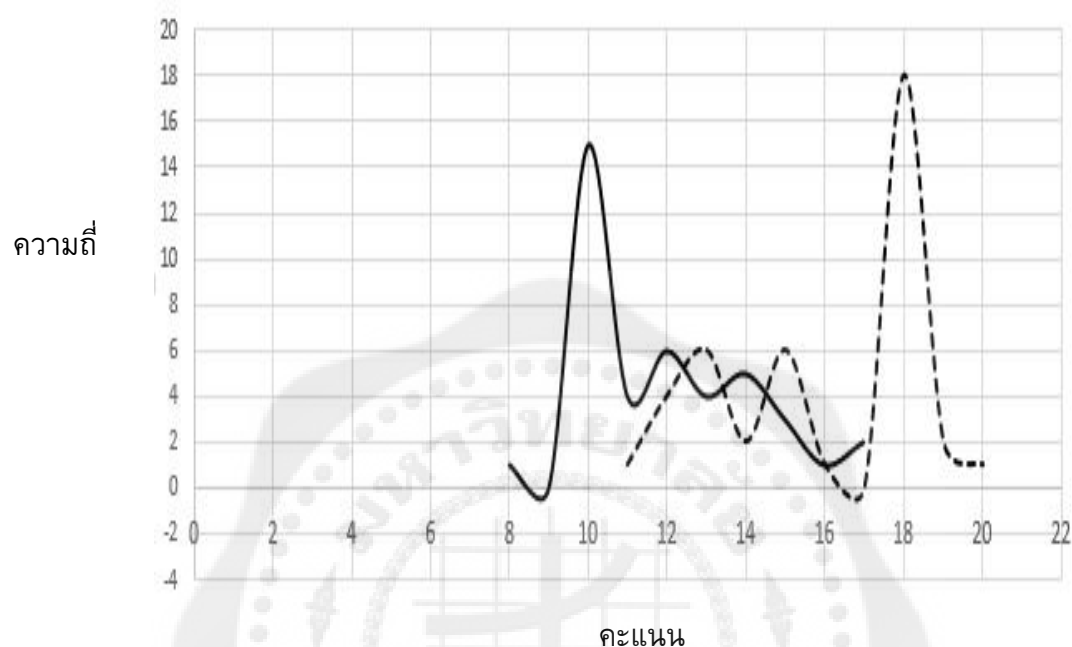
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 26 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 11.98 (S.D. = 2.22) และคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนหลังเรียน 15.93 (S.D. = 2.56) เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริม จิตนิสัยทางสะเต็ม มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยขอเสนอกราฟแสดงความถี่ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ดังภาพประกอบ 19

ภาพแสดงความถี่ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

— คะแนนก่อนเรียน - - - - - คะแนนหลังเรียน



ภาพประกอบ 19 กราฟแสดงความถี่ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากภาพประกอบ 19 แสดงความถี่ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น จากกราฟพบว่า คะแนนก่อนเรียน มีช่วงคะแนนอยู่ระหว่าง 8-17 คะแนน โดยคะแนนก่อนเรียนของนักเรียนส่วนใหญ่มีค่าต่ำ มีคะแนนอยู่ที่ 10 คะแนน และคะแนนหลังเรียน มีช่วงคะแนนอยู่ระหว่าง 11-20 คะแนน โดยคะแนนหลังเรียนของนักเรียนส่วนใหญ่มีค่าสูง มีคะแนนอยู่ที่ 18 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. แนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามข้อที่ 4 ที่ถามว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้ด้วย
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม เป็นอย่างไร

ในการค้นหาแนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทาง
สะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 นั้น ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากบันทึกหลังการจัดการ
เรียนรู้ บันทึกจากผู้ร่วมวิจัย บันทึกแถบเสียงการสอน และผลงานของนักเรียน ที่ได้จากการจัดการ
เรียนรู้ 7 แผน (4 วงจรการวิจัยปฏิบัติการ โปรดยุทธศาสตร์ประกอบ 11 หน้า 109) ในหน่วยการเรียนรู้
พลังงานความร้อน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 21 คาบเรียน ดังนี้

วงจรที่ 1 แผนที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิ และการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ

แผนที่ 2 เรื่อง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

วงจรที่ 2 แผนที่ 3 เรื่อง พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

วงจรที่ 3 แผนที่ 4 เรื่อง การนำความร้อน และการพาความร้อน

แผนที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสี การดูดกลืนและการคายความร้อน

วงจรที่ 4 แผนที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน

แผนที่ 7 เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากพลังงานความร้อน

วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2

ในวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิ และการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ และ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ นักเรียนได้
สามารถระบุประเด็นปัญหา แนวทางแก้ปัญหา และเงื่อนไขที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา บันทึกข้อมูลลงใน
ใบกิจกรรม ที่นักเรียนจะต้อง ระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ไขปัญหา และเงื่อนไขที่กำหนดให้
จากนั้นนักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง อธิบายแนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
บันทึกข้อมูลลงในใบบันทึกผลการทดลอง นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการวางแผน
ออกแบบ และสร้างเครื่องมือ ตามที่ได้ระบุไว้ โดยบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนได้มี การ
เลือกวัสดุอุปกรณ์ในการนำมาสร้างเครื่องมือ การเขียนภาพร่าง พร้อมระบุส่วนประกอบที่นำมาใช้
ในการสร้าง การนำไปใช้จริง การประเมินผลงาน และแนวทางในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไข พร้อมทั้ง
นำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียน ซึ่งครูได้กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ และเห็นประโยชน์ของจิตนิสัยทางสะเต็ม

จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และการถอดความบทสนทนาจากการบันทึกเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิ และการเปลี่ยนหน่วยวัด พบว่า เมื่อครูใช้สถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนในแต่ละกลุ่มใช้เวลามาก เนื่องจากยังไม่คุ้นชินกับคำถาม และการทำงานร่วมกัน ซึ่งจะเห็นได้จากสมาชิกในกลุ่ม ได้อธิบายสมาชิกบางคนในกลุ่มนำเสนอ ก่อน จึงได้ร่วมกันสรุปประเด็นปัญหา และแนวทางในการแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรม ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากครู จากนั้นนักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมการทดลอง แต่นักเรียนยังไม่สามารถสรุปหลักการแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง อาทิเช่น เมื่อมีการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนหน่วยวัด ต้องมีครูช่วยกระตุ้นและให้คำแนะนำ เพื่อให้ นักเรียนได้นำความรู้ไปสู่การออกแบบ และสร้างเครื่องมือ และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรม ซึ่งสมาชิกในแต่ละกลุ่มใช้เวลามาก และยังไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการระดมความคิดในการออกแบบ และสร้างเครื่องมือ ยังต้องการคำชี้แนะและการอธิบาย ยกตัวอย่างจากครู สำหรับในการสื่อสาร/นำเสนอ ข้อความรู้ที่ได้สมาชิกในแต่ละกลุ่ม ได้มีการนำเสนองานหน้าชั้นเรียน ซึ่งยังแสดงองค์ความรู้ได้ยังไม่ชัดเจน

จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และการถอดความบทสนทนาจากการบันทึกเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ พบว่า เมื่อครูใช้สถานการณ์ปัญหา กระตุ้นความสนใจให้นักเรียน ได้ร่วมกันคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนในแต่ละกลุ่มใช้เวลามาก ครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ นักเรียนทำความเข้าใจระบุประเด็นปัญหา และร่วมกันหาแนวทางในการแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรม จากนั้นนักเรียนได้ทำกิจกรรมการทดลอง ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมการทดลอง ครูมีส่วนช่วยในการกระตุ้น ในการบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบบันทึกผลการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปองค์ความรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำองค์ความรู้ที่ได้มาใช้ในการออกแบบ สร้างเทอร์โมมิเตอร์อย่างง่าย ซึ่งนักเรียนมีความกระตือรือร้น และมีการค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อเลือกใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้ มาใช้ในการออกแบบ และสร้างเทอร์โมมิเตอร์อย่างง่าย สามารถนำองค์ความรู้ทางทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาใช้แต่ยังต้องการความถูกต้อง โดยการขอคำแนะนำจากครู มีการประเมินผลการใช้ สำหรับในการสื่อสาร/นำเสนอ ข้อความรู้ที่ได้ สมาชิกในแต่ละกลุ่ม ได้มีการนำเสนองานหน้าชั้นเรียน และเขียนแผนผังความคิด ซึ่งยังแสดงองค์ความรู้ได้ยังไม่ชัดเจน

สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ที่เกิดขึ้นในวงจรที่ 1 คือ

- 1) ในการระบุประเด็นปัญหา และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา โดยให้นักเรียนได้ศึกษาเองนั้น พบว่านักเรียนใช้เวลาามาก
- 2) ในการสรุปองค์ความรู้จากการทำกิจกรรมการทดลอง นักเรียนยังไม่สามารถสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและยังขาดการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ มาใช้ในการหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนหน่วยวัด
- 3) นักเรียนยังขาดการเชื่อมโยงองค์ความรู้มาใช้ในการออกแบบ และสร้างเครื่องมือ
- 4) ในการสื่อสารและนำเสนอชิ้นงานยังแสดงองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ยังไม่ชัดเจน
- 5) นักเรียนยังไม่สามารถนำจิตินสัยทางสะเต็มมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

แนวทางในการพัฒนา

- 1) ในการระบุประเด็นปัญหา และหาแนวทางแก้ไขปัญห ครูต้องมีการกระตุ้นโดยใช้คำถามที่ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาในแต่ละประเด็น ของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ เพื่อให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดเห็นและหาแนวทางในการแก้ปัญหาและบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม
- 2) ครูควรให้คำแนะนำและตรวจสอบองค์ความรู้ เพื่อให้นักเรียนได้มีความเข้าใจที่ถูกต้องและมีการอธิบาย ยกตัวอย่าง อภิปราย เกี่ยวกับเนื้อหาองค์ความรู้ และคอยให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการออกแบบ/สร้างเครื่องมือ
- 3) ในการนำเสนอแนวคิด และเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสม ครูควรให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน

วงจรที่ 2 แผนที่ 3 เรื่อง พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

ในวงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร ผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้สามารถระบุประเด็นปัญหา แนวทางแก้ปัญหา และเงื่อนไขที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา บันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม ที่นักเรียนจะต้อง ระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ไขปัญห และเงื่อนไขที่กำหนดให้ จากนั้นนักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง การอธิบายแนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การคำนวณหาปริมาณความร้อน บันทึกข้อมูลที่ไดลงในใบบันทึกผลการทดลอง พบว่านักเรียนใช้เวลามาก ในการทำความเข้าใจ ครูต้องยกตัวอย่างประกอบ และทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม นักเรียนในแต่ละกลุ่มนำเอาความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการวางแผน ออกแบบ และสร้างเครื่องมือ ตามที่ได้ระบุไว้ โดยบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้มี การเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการนำมาสร้างเครื่องมือ การเขียนภาพร่าง

พร้อมระบุส่วนประกอบที่นำมาใช้ในการสร้าง ผลการนำเครื่องมือไปใช้จริง การประเมินผลงาน และ แนวทางในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไข และการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนนั้น ครูได้ให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน นอกจากนี้ครูได้กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ และเห็นประโยชน์ของจิตนิสัยทางสะเต็ม

จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และการถอดความบทสนทนาจากการบันทึกเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร พบว่า เมื่อครูใช้สถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา ครูกระตุ้นโดยการตั้งคำถาม จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาคืออะไร แนวทางแก้ปัญหาจะอย่างไร พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเห็น และมีความกระตือรือร้นเพิ่มมากขึ้น สามารถร่วมกันสรุปประเด็นปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากครู จากนั้นนักเรียนมีการวางแผนในการทำกิจกรรม การเก็บรวบรวมข้อมูล และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบบันทึกผลการทดลอง นักเรียนและครู ร่วมกันสรุปหลักการ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการคำนวณหาปริมาณความร้อนของสาร ซึ่งครูได้ให้ความรู้ และยกตัวอย่างประกอบการคำนวณ และให้แบบฝึกหัดเพิ่มเติม โดยครูได้ให้คำแนะนำในการเชื่อมโยง องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการระดมความคิดในการออกแบบวิธีการเปลี่ยนน้ำหวานให้เป็นไอศกรีม บันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรม สำหรับการสื่อสาร/นำเสนอผลงาน จากการที่ครูได้ให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน เพื่อสื่อสารข้อความรู้ที่ได้ ของสมาชิกในแต่ละกลุ่มได้มีการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน และเขียนแผนผังความคิด ซึ่งแสดงองค์ความรู้ได้

สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ที่เกิดขึ้นในวงจรที่ 2 คือ

- 1) นักเรียนมีความกระตือรือร้น ในการระดมความคิดเห็นเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
- 2) ในการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสื่อสารแนวคิด และเลือกใช้วิธีการนำเสนอที่เหมาะสม
- 3) นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ได้ด้วยตนเอง
- 4) นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถแสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

แนวทางในการพัฒนา

- 1) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนได้นำจิตนิสัยทางสะเต็ม มาใช้ในการแก้ปัญหา เช่น ยกตัวอย่างประโยชน์ของการมีจิตนิสัยทางสะเต็ม และพฤติกรรมของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ทำให้สามารถหาแนวทางแก้ปัญหาได้

2) ครูควรกระตุ้นโดยใช้คำถามให้นักเรียนได้ร่วมกัน วิเคราะห์ ระบุ ความสัมพันธ์ขององค์ความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3) ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนได้บันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรมให้มีความชัดเจน และถูกต้องสมบูรณ์ เพื่อให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่าง ๆ มีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร

วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และ 5

ในวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การนำความร้อน และการพาความร้อน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสี การดูดกลืนและการคายความร้อน ผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ ปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้สามารถระบุประเด็นปัญหา แนวทางแก้ปัญหา และเงื่อนไขที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม ที่นักเรียนจะต้องระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ไขปัญหา และเงื่อนไขที่กำหนดให้ จากนั้นนักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง บันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบบันทึกผลการทดลอง อธิบายแนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะนำเอาความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการวางแผน ออกแบบ และสร้างเครื่องมือตามที่ได้ระบุไว้ โดยบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้มี การเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการนำมาสร้างเครื่องมือ การเขียนภาพร่าง พร้อมระบุส่วนประกอบที่นำมาใช้ในการสร้าง ผลการนำไปใช้จริง การประเมินผลงาน และแนวทางในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไข สำหรับในการสื่อสาร/นำเสนองาน ครูได้ให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน เพื่อสื่อสารข้อความรู้ที่ได้ของสมาชิกในแต่ละกลุ่มได้มีการนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยในทุกขั้นตอนการทำกิจกรรมครูได้กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ และเห็นประโยชน์ของ จิตินิสัยทางสะสม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และการถอดความบทสนทนาจากการบันทึกเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การนำความร้อน และการพาความร้อน พบว่า เมื่อครูใช้สถานการณ์ปัญหา กระตุ้นความสนใจเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเห็นจากสมาชิก และจากที่พบในชีวิตประจำวัน และมีความกระตือรือร้นในการระบุประเด็นปัญหา แนวทางในการแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากครู ในการทำกิจกรรม นักเรียนในแต่ละกลุ่มมีการวางแผนการทำงาน และทำการทดลองอย่างเป็นขั้นตอน บันทึกข้อมูลลงในใบบันทึกผลการทดลอง จากนั้นนักเรียนและครู ร่วมกันสรุปหลักการ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการเรียนรู้ นักเรียนมีการวิเคราะห์ เชื่อมโยงองค์ความรู้เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ สร้างอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ โดยสมาชิกในแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันนำเสนอแนวคิดที่หลากหลาย มีการประเมินผลการใช้ และสรุปเพื่อเลือกชิ้นงานที่ดีที่สุด โดยบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากครู ในการสื่อสารเพื่อนำเสนองาน จากการที่ครูได้ให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน สมาชิกในแต่ละกลุ่มสามารถนำเสนอหน้าชั้นเรียน และสร้างแผนผังแนวคิด แสดงถึงการนำ

องค์ความรู้มาใช้ได้อย่างชัดเจน จากกิจกรรมดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นถึงนักเรียนมีการนำจิตนิสัยทางสะเต็มมาใช้ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และการถอดความบทสนทนาจากการบันทึกเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสี การดูดกลืนและการคายความร้อน พบว่า เมื่อครูใช้สถานการณ์ปัญหา กระตุ้นความสนใจเพื่อให้ นักเรียนได้ร่วมกันคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเห็นจากสมาชิก และจากที่พบในชีวิตประจำวัน โดยสมาชิกแต่ละคนมีความมั่นใจและกล้าแสดงความคิดเห็นและร่วมกันหาระบบประเด็นปัญหา และหาแนวทางในการแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรมในการทำกิจกรรมการทดลอง สมาชิกในแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันวางแผนการทำงาน และทำการทดลองอย่างตั้งใจ และเป็นระบบ บันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบบันทึกผลการทดลอง จากนั้น นักเรียนและครูได้ร่วมกันสรุปหลักการ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีการความตั้งใจในการแก้ปัญหา โดยมีการเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการออกแบบ สร้างเครื่องมือสำหรับการอบพริกสด ซึ่งสมาชิกในแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันกันนำเสนอแนวคิดที่หลากหลาย ซึ่งแต่ละกลุ่มได้เลือกจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับจากสมาชิกส่วนใหญ่ มีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่คุ้มค่าและคุ้มค่า พร้อมทั้งมีการประเมินผลการใช้ และเลือกชิ้นงานที่ดีที่สุด บันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรม ได้รับการกระตุ้นจากครู ในการสื่อสารเพื่อนำเสนองาน จากการที่ครูได้ให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน ทำให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มสามารถนำเสนองาน และสร้างแผนผังแนวคิดที่แสดงถึงการนำองค์ความรู้มาใช้ได้อย่างชัดเจน จากการทำกิจกรรมข้างต้น แสดงให้เห็นถึงนักเรียนมีการนำจิตนิสัยทางสะเต็มมาใช้ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ที่เกิดขึ้นในวงจรที่ 3 คือ

- 1) นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทำให้เกิดบรรยากาศในการเรียนรู้ และนักเรียนสามารถแสดงถึงการนำจิตนิสัยทางสะเต็มเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
- 2) นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ดี

แนวทางในการพัฒนา

- 1) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการนำจิตนิสัยทางสะเต็มมาใช้ในการแก้ปัญหาและร่วมแสดงความคิดเห็นถึงประโยชน์ของจิตนิสัยทางสะเต็ม
- 2) ครูควรกระตุ้นโดยใช้คำถาม เพื่อให้ นักเรียนสามารถแยกแยะ ระบุ แสดงความสัมพันธ์ของทรัพยากร องค์ความรู้ และ ส่วนประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการ หรือสร้างเครื่องมือ

วงจรที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 และ 7

ในวงจรที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากพลังงานความร้อน ผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ นักเรียนได้สามารถระบุประเด็นปัญหา แนวทางแก้ปัญหา และเงื่อนไข ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม ที่นักเรียนจะต้อง ระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ไขปัญหา และเงื่อนไขที่กำหนดให้ จากนั้นนักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง บันทึกผลที่ได้ลงในใบบันทึกผลการทดลอง มีการอธิบายแนวคิด และสรุปหลักการของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนในแต่ละกลุ่ม จะนำเอาความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการวางแผน ออกแบบ โดยในกิจกรรมนี้จะไม่มีการให้นักเรียน เลือกใช้ ซึ่งนักเรียนจะต้องนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการออกแบบ โดยที่สมาชิกในแต่ละกลุ่มร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดที่นำมาใช้ในการออกแบบ โดยบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียน ได้มี การเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการนำมาใช้ การเขียนภาพร่าง พร้อมระบุส่วนประกอบที่นำมาใช้ในการ สร้าง การประเมินผลงาน และ แนวทางในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไข ในการนำเสนองาน ครูได้ ให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน เพื่อสื่อสารข้อความรู้ที่ได้ ของสมาชิกในแต่ละ กลุ่มได้มีการนำเสนอหน้าชั้นเรียน และสร้างแผนผังแนวคิด ที่แสดงถึงการนำองค์ความรู้มา ใช้ได้อย่างชัดเจน นักเรียนมีการนำจิตินัยทางสะเต็มมาใช้ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และการถอดความบทสนทนาจากการบันทึกเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน พบว่า เมื่อครูใช้สถานการณ์ปัญหา กระตุ้นความสนใจเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเห็นจากสมาชิก และจากที่พบในชีวิตประจำวัน โดย สมาชิกแต่ละคนมีความมั่นใจ และกล้าแสดงความคิดเห็นและร่วมกันหาระบุประเด็นปัญหา และหาแนวทางในการแก้ปัญหา บันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรม ในการทำกิจกรรมการทดลอง สมาชิกในแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันวางแผนการทำงานและร่วมกันสืบค้นข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและสามารถนำมาใช้ในการออกแบบได้ ซึ่งจากการสังเกต พบว่านักเรียนในแต่ละกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่มี การทำงานในกระบวนการกลุ่มชัดเจน และในการทำกิจกรรมการทดลองนักเรียนได้ศึกษาจากใบ กิจกรรม ทำงานอย่างเป็นระบบ และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบบันทึกผลการทดลอง ซึ่งนักเรียนและ ครูได้ร่วมกันสรุปหลักการ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความตั้งใจในการแก้ปัญหา โดย ในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการออกแบบอุปกรณ์สำหรับการทำให้น้ำร้อนกลายเป็น น้ำอุ่น ซึ่งครูต้องคอยกระตุ้นและให้ความช่วยเหลือ อาจมีการยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย เนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับกิจกรรมในลักษณะนี้ ซึ่งต้องเลือกวัสดุอุปกรณ์มาใช้ในการ ออกแบบ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่นำมาใช้แก้ปัญหาได้ดี และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรม จากการที่ครูได้ให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน ทำให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มสามารถนำเสนอหน้าชั้นเรียน และสร้างแผนผังแนวคิดที่แสดงถึงการนำองค์ความรู้

มาใช้ได้อย่างชัดเจน จากการทำกิจกรรมข้างต้นซึ่งแสดงให้เห็นถึงนักเรียนมีการนำจิตินัยทางสะเต็มมาใช้ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และการถอดความบทสนทนาจากการบันทึกเสียง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากพลังงานความร้อน พบว่า เมื่อครูใช้สถานการณ์ปัญหา กระตุ้นความสนใจเพื่อให้ นักเรียนได้ร่วมกันคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ระดมความคิดเห็นจาก สมาชิก และจากที่พบในชีวิตประจำวัน โดยสมาชิกแต่ละคนร่วมกันเสนอความคิดเห็นอย่าง หลากหลาย และร่วมกันระบุประเด็นปัญหา และหาแนวทางในการแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลที่ได้ลง ในใบกิจกรรม ในการทำกิจกรรมการทดลอง สมาชิกในแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันวางแผนการทำงาน และ ร่วมกันสืบค้นข้อมูล มีการทำกิจกรรมอย่างเป็นระบบ และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในใบบันทึกผลการ ทดลอง นักเรียนและครูได้ร่วมกันสรุปหลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีการเชื่อมโยง องค์ความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์สำหรับเตาไฟฟ้าใหม่ ซึ่งสมาชิกในกลุ่มได้ ร่วมกันแสดงความคิดเห็น และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่คุ้มค่าและคุ้มทุน ได้มีการสืบค้นข้อมูลและ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการออกแบบเครื่องเตาไฟฟ้าใหม่ และบันทึกข้อมูล ลงในใบกิจกรรม จากการที่ครูได้ให้ข้อเสนอแนะ และระบุหัวข้อในการนำเสนอที่ชัดเจน ทำให้ สมาชิกในแต่ละกลุ่มสามารถนำเสนอหน้าชั้นเรียน และสร้างแผนผังแนวคิดที่แสดงถึงการนำองค์ ความรู้มาใช้ได้อย่างชัดเจน จากการทำกิจกรรมข้างต้นซึ่งแสดงให้เห็นถึงนักเรียนมีการนำ จิตินัย ทางสะเต็มมาใช้ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ที่เกิดขึ้นในวงจรที่ 4 คือ

- 1) นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทำให้เกิดบรรยากาศในการ เรียนรู้ และนักเรียนสามารถแสดงถึงการนำจิตินัยทางสะเต็มเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
- 2) กิจกรรมที่จัดให้นักเรียนมีความแตกต่างจากกิจกรรมที่ผ่านมา ซึ่งในการออกแบบ ไม่ได้กำหนดวัสดุอุปกรณ์มาให้ ในตอนเริ่มต้น ทำให้นักเรียนใช้เวลานานในการหาแนวทาง แก้ปัญหา และ ครูทำหน้าที่กระตุ้นความสนใจ อธิบายและยกตัวอย่างประกอบ
- 3) นักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ได้ดีและกิจกรรมในลักษณะนี้ จะช่วยให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นได้ อย่างหลากหลาย ซึ่งพิจารณาได้จากการบันทึกข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม
- 4) นักเรียนสามารถนำจิตินัยทางสะเต็มมาใช้ในการหาแนวทางแก้ปัญหาได้ดี

ซึ่งแนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตินัยทาง สะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีดังนี้

แนวปฏิบัติที่ 1 การยกสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหา หาแนวทางการแก้ปัญหาได้

การยกสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือปัญหาที่มีความใกล้เคียงกับนักเรียน จะทำให้นักเรียนมีความสนใจในสิ่งที่ครูนำเสนอ ซึ่งจะส่งผลดีเมื่อมีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับสิ่งที่อยู่ในสถานการณ์ปัญหา และถ้านักเรียนมีความสนใจก็就会有ความกระตือรือร้นในการหาแนวทางการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน พร้อมทั้งตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนระดมความคิดเห็น ระบุประเด็นปัญหา และหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 (วงจรที่ 3) ครูได้ยกสถานการณ์ปัญหา “โรงเรียนได้พานักเรียนเดินทางไกล และมีการเข้าค่ายเพื่อพักค้างแรม ในช่วงประกอบอาหารเพื่อรับประทาน ถ้ากลุ่มของนักเรียนไม่ได้นำอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ไก่มา นักเรียนจะมีวิธีการใดที่จะสามารถต้มไข่ไก่ได้ และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถนำมาต้มไข่ไก่ได้”

จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดข้างต้น เป็นลักษณะสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้สามารถดึงความสนใจของนักเรียนได้ดี นักเรียนจะมองว่าเป็นสิ่งที่นำไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นเมื่อนักเรียนได้อ่านสถานการณ์ปัญหา พบว่า นักเรียนในกลุ่มได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็น ดังข้อความ “ช่วยกันคิดซิ” ซึ่งแสดงถึงการที่สมาชิกในกลุ่มได้มีความกระตือรือร้น และมีความมุ่งมั่นในการหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยได้มีระบุประเด็นปัญหา หาแนวทางแก้ปัญหา มีการค้นหาข้อมูลในการจะเลือกใช้เพื่อสร้างอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ ดังข้อความ “ครูคะ ค้นหาข้อมูล ได้มียี่ค่ะ” หรือ “G4 เป็นคนหาข้อมูลนะ”

แนวปฏิบัติที่ 2 การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

การที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง มีการเก็บรวบรวมข้อมูล บันทึกผลการทดลอง เขียนสรุปผลการทดลอง ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจที่เรียนรู้ในเนื้อหา นั้นๆ นำไปสู่การเรียนรู้ หลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการทำงานเป็นทีม จะช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างสมาชิกในกลุ่ม กระตุ้นให้เกิดการวางแผนการทำงาน มีการตรวจสอบร่วมกันทำให้นักเรียนมีความละเอียดรอบคอบในการทำงาน

จากการปฏิบัติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (วงจรที่ 1) นักเรียนได้ทำกิจกรรมการทดลอง เรื่อง ร้อน หรือ เย็น ซึ่งเมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม สมาชิกภายในกลุ่ม จะมีการวางแผนทำงาน และมีการตรวจสอบความถูกต้อง อย่างละเอียดถี่ถ้วนก่อนการลงข้อสรุป ดังข้อความ “ใครจะทำหน้าที่อะไรบ้าง” ซึ่งเป็นการกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่ม หรือดังข้อความ “อ่านวิธีการทดลองอีกครั้ง จะได้ทำการทดลองถูกต้องนะ” “อ่านคำอีกครั้ง” แสดงให้เห็นถึงมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้ ซึ่งสมาชิกในกลุ่มได้ช่วยอธิบายและแนะนำวิธีการใช้เทอร์โมมิเตอร์ ให้เพื่อนสมาชิกที่ยังไม่มั่นใจในการใช้เทอร์โมมิเตอร์ และการอ่านค่าได้ถูกต้องหรือไม่ ส่งผลให้สมาชิกในกลุ่มได้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ภาพประกอบ 20

4. สรุปผลเกี่ยวกับความรู้สึกจากการใช้ประสาทสัมผัสทางผิวหนังวัดอุณหภูมิ
พบว่าเมื่อใช้ประสาทสัมผัสไปสัมผัสกับหลอดอุณหภูมิร้อนแล้วรู้สึกเจ็บปวด

5. สรุปผลเกี่ยวกับการใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิ
พบว่าเมื่อใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของหลอดอุณหภูมิร้อนแล้วค่าที่วัดได้ถูกต้อง

=====

ภาพประกอบ 20 ใบบันทึกผลการทดลอง เรื่อง ร้อน หรือ เย็น

จากการสรุปผลการทดลอง สมาชิกในกลุ่มได้ร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับการใช้ประสาทสัมผัส และการใช้เทอร์มอมิเตอร์ ซึ่งจะนำไปสู่การสรุปหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับหลักการใช้เทอร์มอมิเตอร์

แนวปฏิบัติที่ 3 การใช้ใบกิจกรรม ที่สอดคล้องกับการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา

การให้นักเรียนทำใบกิจกรรม จะทำให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ มาใช้ในการวิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ นำไปสู่การคิดค้น ออกแบบ วิธีการ/สร้างอุปกรณ์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหา เนื่องจากใบกิจกรรมจะเป็นแนวทางในการปฏิบัติที่นักเรียนจะสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการเชื่อมโยงนำไปสู่การแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ โดยบันทึกข้อมูลจากการทำกิจกรรมลงในใบกิจกรรม ซึ่งจะให้นักเรียนต้องมีการสืบค้นข้อมูล อธิบายให้เหตุผล ในการเลือกใช้ วัสดุอุปกรณ์ มีแนวทางวิธีการที่หลากหลาย เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ และสร้างเครื่องมือ มีการคิดวิเคราะห์ ระบุจำแนก องค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา ดังตัวอย่างใบกิจกรรม ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ดังภาพประกอบ 21

ใบบันทึกกิจกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลจากการระดมสมอง ตามประเด็น ดังต่อไปนี้
นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่ระบุกำหนด

กานดากำลังศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในอำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ครอบครัวของกานดา ได้ปลูกผักสวนครัว อาทิเช่น พริก มะเขือแก้ว โดยเฉพาะพริกนั้นเมื่อให้ผลผลิตพร้อมกัน จะมีปริมาณมาก ทำให้บริโภคไม่ทัน มารดาของกานดาต้องการที่จะทำเป็นพริกแห้ง นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีการใดที่จะช่วยมารดาของกานดาได้ และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถทำให้พริกสดเป็นพริกแห้ง โดยปราศจากฝุ่นละออง แมลง มารบกวน และประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด



ที่มา : www.BE2HAND.com

1. ระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ไขปัญหา และเงื่อนไขที่กำหนดให้

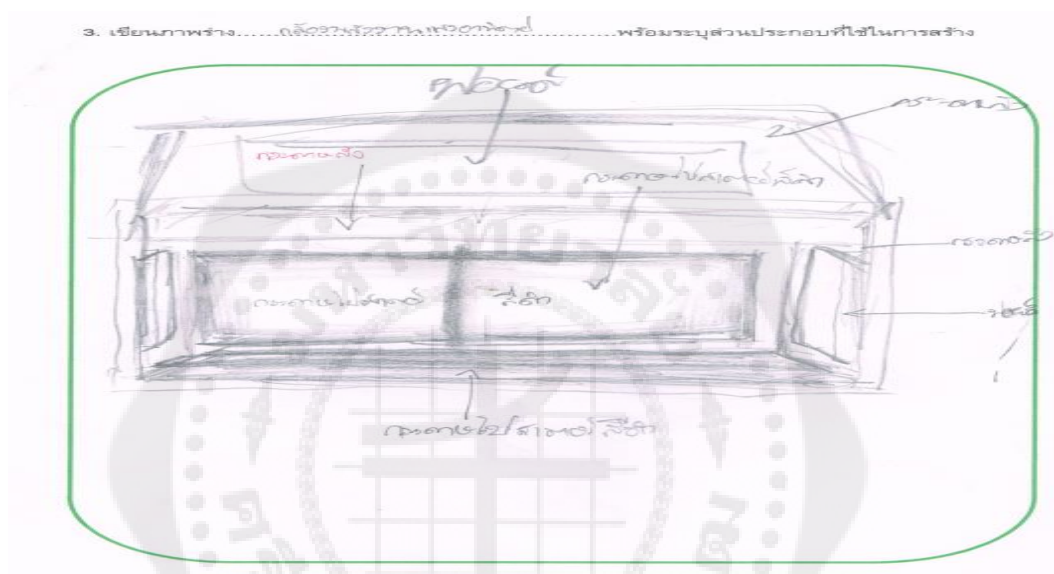
สาเหตุ ต้องการซื้อเครื่องอัดเป็นพริกแห้ง
 แนวทางแก้ไข ใช้เครื่องอัดสำหรับอัดพริกแห้ง
 เงื่อนไข ไม่เป็น เหนียว เหนียว ราคาประหยัด

จากวัสดุอุปกรณ์ ที่กำหนดให้

1. กสอหรือลึงกระดาด	จำนวน 1	กสอ
2. กระดาดโปสเตอร์สีขาว และสีดำ	จำนวน 4-5	แผ่น
3. กาวชนิดน้ำ	จำนวน 1	ขวด
4. เทปขาว	จำนวน 1	ม้วน
5. กรรไกร / คัตเตอร์	จำนวน 1	อัน
6. ไมเลียบลูกชื้น	จำนวน 5-10	อัน
7. เทอร์มอมิเตอร์	จำนวน 1	อัน
8. แผ่นพลาสติกโปร่งใสชนิดบาง	จำนวน 1	แผ่น
9. พริกสด	จำนวน 500	กรัม

2. นักเรียนจะเลือกวัสดุชนิดใดในการทำ กล่องข้าวเหนียว เพราะเหตุใด

1. วัสดุจากกระดาษ	นำมาใช้แทน วัสดุจากใบตอง
2. วัสดุจากไม้	เพราะ วัสดุจากไม้แข็ง ไม้ดี
3. วัสดุจากผ้า	เพราะ วัสดุจากผ้าเหนียว ใย
4. วัสดุจากดิน	นำมาทำเป็น ภาชนะใส่ของ
5. วัสดุจากพลาสติก	นำมาใช้แทน วัสดุจากใบตอง



ภาพประกอบ 21 ใบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

จากใบกิจกรรมดังกล่าวข้างต้น ในการออกแบบกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นั้น นักเรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรม ดังข้อความ “หาข้อมูล” “มาช่วยกันคิดนะ” ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้การที่นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์พร้อมบอกเหตุผล ที่ ดังข้อความ “กระดาษสีดำ เพราะสีดำดูดความร้อนดี” แสดงให้เห็นว่า นักเรียนได้มีการวิเคราะห์ จำแนก วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์ หรือข้อความ “เราคำนวณได้ว่าถ้าช่อง จะได้เตรียมไม้อะ” “ตะเกียบ 13 อัน เราต้องใช้ไม้เสียบลูกชิ้น 12 อัน” “เออ 6 คู่ละ” แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

แนวปฏิบัติที่ 4 การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารแนวคิด / อธิบายแนวทางการแก้ปัญหา นำเสนอผลงาน และเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสม

การที่นักเรียนได้อธิบาย อภิปราย ถ่ายทอดความคิด ของตนไปยังสมาชิกในกลุ่ม เพื่อนำไปใช้ ในกระบวนการแก้ปัญหา พร้อมทั้งมีการนำเสนอผลงาน และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมในการสื่อสาร เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้และพัฒนาทักษะในการสื่อสาร

ผู้วิจัยได้เปิดโอกาส ให้นักเรียนได้อธิบาย อภิปราย แนวทางการแก้ปัญหา มีการเลือกใช้วิธีการนำเสนอที่เหมาะสม และนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้นำองค์ความรู้ที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อเลือกวิธีการนำเสนออย่างเหมาะสม ดังตัวอย่างการทำกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน ภาพประกอบ 22



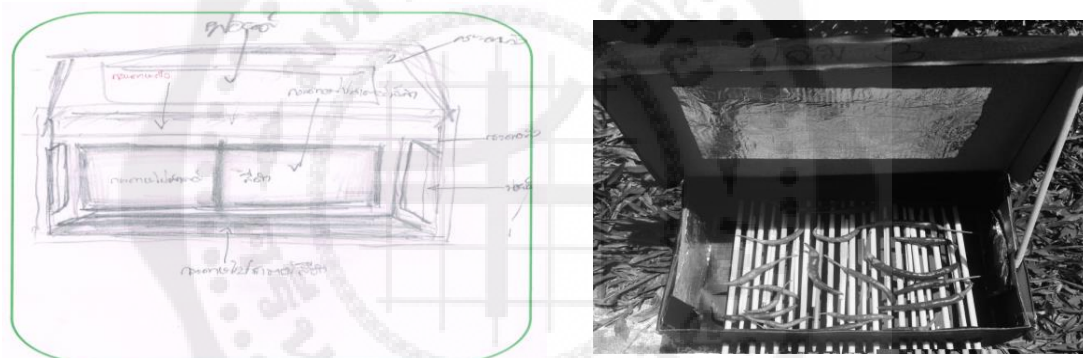
ภาพประกอบ 22 แผนผังแนวคิดประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

จากแผนภาพดังกล่าวข้างต้น สมาชิกในกลุ่มได้ร่วมกันอธิบาย อภิปราย ถ่ายทอดความคิดในการหาแนวทางแก้ปัญหาที่สร้างอุปกรณ์ที่ทำน้ำร้อนให้เป็นน้ำอุ่น ดังข้อความ “ทำเครื่องมือให้มีที่รวมกันของน้ำร้อนกับน้ำเย็น” “ทำเป็นตุ้มเปิดน้ำดีกว่ามันมีที่ เปิด ปิด” “มีไม้คนให้ละลาย” ซึ่งสมาชิกแต่ละคนจะได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็น อภิปราย นำเสนอความคิดของตน เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา จะทำให้นักเรียนได้มีการสื่อสารแนวคิดของตนไปยังสมาชิกในกลุ่ม และในการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนนั้น นักเรียนจะได้เลือกวิธีการนำเสนอ โดยการเขียนลงบนกระดาษชาร์ต ดังข้อความ “เราวาดรูปเครื่องมือลงบนกลางกระดาษ” “รอบๆ ข้างเขียนความรู้ต่าง ๆ ที่นำมาใช้สร้างอุปกรณ์” “เขียนหมายเลขกำกับที่อุปกรณ์ด้วย” จากข้อความดังกล่าวแสดงถึง สมาชิกได้ร่วมกันออกแบบวิธีการนำเสนอชิ้นงานที่มีความชัดเจนและเหมาะสมกับข้อมูลที่ต้องการนำเสนอ

แนวปฏิบัติที่ 5 การ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับฟังข้อเสนอแนะ/ข้อคิดเห็น จากบุคคลอื่น

การที่นักเรียนได้มีการรับฟังข้อเสนอแนะหรือคำอธิบายของบุคคลอื่น เป็นจุดเริ่มต้น กระตุ้นให้เกิดการตรวจสอบข้อมูลหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง แก้ไข ข้อบกพร่องที่พบ ตามที่ได้รับคำแนะนำ จะทำให้นักเรียนได้มีการคิดวิเคราะห์ ถึงข้อบกพร่องที่พบ และหาแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานให้มีคุณภาพดีขึ้น

ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้หาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการประดิษฐ์ คิดค้น สิ่งใหม่ ๆ มีการรับฟังคำแนะนำ ของบุคคลอื่น เพื่อนักเรียนได้มีการตรวจสอบ ข้อมูล หลักฐานต่าง ๆ ที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ เพื่อนำมาสนับสนุนอย่างเป็นเหตุเป็นผล ดัง ตัวอย่างในการทำกิจกรรมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ในการสร้างกล่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ นักเรียนสร้างชิ้นงานโดยปรับเปลี่ยนจากแบบที่สร้างไว้ หลังจากที่ได้รับฟังความคิดเห็นจากบุคคลอื่น ดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 23 การปรับปรุง แก้ไข การสร้างกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากแผนภาพดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่าเมื่อนักเรียนได้รับฟังข้อคำอธิบาย ข้อเสนอแนะ จากบุคคลอื่น ทำให้นักเรียนได้มีการวิเคราะห์ ตรวจสอบ ประเมินผลคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้ง เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง แก้ไข ชิ้นงาน ดังข้อความ “ขออนุญาตค้นข้อมูลเพิ่มเติมครับ” “ดูซิว่า ที่เราทำ อะเข้าใจถูกต้องมัย” หรือ หลังจากที่ได้เข้าไปสอบถามเกี่ยวกับกล่องอบแห้งที่สร้างขึ้นนั้นจะวาง ฟริกอย่างไร ซึ่งนักเรียนจะต้องรับฟังข้อเสนอแนะของบุคคลอื่น และมีการประเมินผลเพื่อการ นำไปสู่การปรับปรุงชิ้นงาน ดังข้อความ “เขาว่าเราน่าจะหาอะไรมาใส่ฟริกนะ” “เออให้มันดูสะอาด เนาะ ทำเป็น ตระแกรงมัย” ซึ่งการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับฟังข้อเสนอแนะจากบุคคลอื่น จะทำให้นักเรียนสามารถปรับปรุงชิ้นงานให้มีคุณภาพ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญ และ ผลการ ศึกษาได้ ดังนี้

คำถามการวิจัย

1. คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม เป็นอย่างไร
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ควรจะมีรูปแบบอย่างไร
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะสามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร
4. แนวทางในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มเป็นอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ดังนี้

1. เพื่อกำหนดคุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม
3. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มที่มีต่อคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
4. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
5. เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะของพฤติกรรมบ่งชี้ถึงจิตนิสัยทางสะเต็มสูงขึ้น
2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 : การพัฒนาความหมายและองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวถึงความสำคัญ และองค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์
2. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เกี่ยวกับ จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ มาสังเคราะห์องค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม
3. นำแบบประเมินนิยาม คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม เสนออาจารย์ผู้เป็นประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสม
4. นำแบบประเมินที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสม ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับเห็นด้วยขึ้นไป

ขั้นตอนที่ 2 : การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ หลักสูตรการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้แก่ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ และการพัฒนาจิตนิสัย มาสร้างฉบับร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

2. นำฉบับร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม เสนอต่ออาจารย์ผู้เป็นประธาน และกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบการเรียนรู้

3. นำฉบับร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ไปวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบในรูปแบบการเรียนรู้ จากนั้นนำค่าดัชนีความสอดคล้อง มาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67-1.00 ก่อนนำรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ไปเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 : การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ไปใช้จริงและประเมินผล
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 7 แผน ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 21 คาบ ๆ ละ 50 นาที ซึ่งแต่ละแผนมีองค์ประกอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 มีการศึกษานำร่อง (Pilot study) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบประเมินนิยาม คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 4 ข้อ ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับเห็นด้วยขึ้นไป

2. แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วน 4 ระดับจำนวน 42 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.80-1.00

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.76 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.25-0.75 และค่าความเชื่อมั่น 0.81

4. แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประเด็นคำถาม เพื่อศึกษาจิตนิสัยทางสะเต็ม และแนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 4 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00

5. แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย ซึ่งมีลักษณะให้ผู้ร่วมวิจัยได้เขียนบรรยายการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นคำถามแบบปลายเปิด

การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ไปทดลองใช้จริง

การนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไข และ การศึกษานำร่องแล้ว ไปศึกษากับกลุ่มเป้าหมาย มีรายละเอียดดังนี้

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน โดยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ผู้วิจัย ในฐานะครูผู้สอน ดำเนินการ ดังนี้

1.1. ชี้แจงทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนรู้ ลักษณะของกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียน บทบาทของครู สำหรับหน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน เพื่อความเข้าใจร่วมกัน

1.2 ประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มครั้งที่ 1 ในสัปดาห์แรกของภาคเรียน โดยใช้แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ให้นิเวศนักเรียนทำแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม 60 นาที

1.3 ประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มครั้งที่ 2 ในสัปดาห์ที่ 6 โดยใช้แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ให้นิเวศนักเรียนทำแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม 60 นาที

1.4 ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน จำนวน 30 ข้อ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 60 นาที

2. จัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน โดยแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม จำนวน 7 แผน ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้จำนวน 21 คาบ ขออนุญาตนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาบันทึกวิทัศน์ และบันทึกเสียงนักเรียนที่ศึกษา จำนวน 7 คน หลังเสร็จสิ้นการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่ศึกษา และขออนุญาตนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเพื่อบันทึกเทปการสัมภาษณ์

3. หลังการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ผู้วิจัย ดำเนินการดังนี้

3.1 ประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มครั้งที่ 3 โดยใช้แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ให้นิเวศนักเรียนทำแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม 60 นาที

3.2 ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน จำนวน 30 ข้อ ให้นิเวศนักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 60 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม เป็นการศึกษาพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม และการวิเคราะห์จิตนิสัยทางสะเต็ม หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. วิเคราะห์คะแนนแบบประเมินนิยาม คุณลักษณะและพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยการหาค่าเฉลี่ย เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยวิเคราะห์ในภาพรวมรายด้าน ประกอบคำบรรยาย

2. วิเคราะห์คะแนนประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ

2.1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบคะแนนจิตนิสัยทางสะเต็ม ทั้ง 3 ครั้ง โดยการทดสอบ Repeated Measure ANOVA

2.2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการถอดความการทํากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยใช้กรอบคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม ทั้ง 6 ประการ คือ ความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ การคิดแบบบูรณาการ การยอมรับในเหตุและผล ความสามารถในการสื่อสาร และการสร้างนวัตกรรม เพื่อจัดกลุ่มคำสำคัญที่บ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนที่เกิดขึ้น นำผลการวิเคราะห์และการจัดกลุ่มคำสำคัญที่บ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม ส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ตรวจสอบผลการตีความข้อมูลของผู้วิจัย เพื่อเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยที่ได้ และวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์ โดยคัดเลือกคำพูดหรือข้อความที่นักเรียนที่แสดงออกถึงการมีจิตนิสัยทางสะเต็ม ไว้เป็นตัวอย่างประกอบการนำเสนอข้อมูล

จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ อภิปรายถึงความสอดคล้องหรือความขัดแย้งของผลการทดลองที่เกิดขึ้น

3. วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยใช้การทดสอบค่า t-test for Dependent Sample

4. วิเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีจากแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้โดยผู้ร่วมวิจัย และแบบสัมภาษณ์นักเรียน โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ซึ่งข้อมูลที่ได้จากแต่ละวงจรการจัดการเรียนรู้ นำข้อมูลมาเรียบเรียง และสรุปเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

สรุปผล

จากการศึกษาผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริม จิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมายของการวิจัยได้ดังนี้

1. คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม

นิยาม คุณลักษณะ พฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีรายละเอียด ดังตาราง 27

ตาราง 27 แสดงจิตนิสัยทางสะเต็มและพฤติกรรมบ่งชี้

จิตนิสัยทางสะเต็ม	พฤติกรรมบ่งชี้
1. ความสนใจใฝ่รู้ หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีความ ต้องการหาความรู้ใหม่ ๆ ทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่ง สามารถแสดงออกด้วย การซักถามใน สิ่งที่ตนเองสงสัยหรือสนใจ ค้นคว้า ทดลอง และมีความมุ่งมั่นในการ แสวงหาความรู้	1. สามารถระบุประเด็นปัญหาจากประสบการณ์ และ สถานการณ์ปัญหาได้
	2. ชอบซักถาม ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับ ขอบเขตขององค์ ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ
	คณิตศาสตร์ ทรัพยากร และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง เพื่อ นำมาใช้ในการแก้ปัญหา
	3. ค้นหาแนวทาง กระบวนการ วิธีการใหม่ หรือปรับปรุง วิธีการเดิมที่มีอยู่ให้เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการ แก้ปัญหา
	4. กระตือรือร้นในการค้นคว้า ทดสอบ หรือทดลอง เพื่อนำ ข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหา
	5. ตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ โดย การทดสอบ หรือทดลอง
	6. มุ่งมั่นในการปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่อง จนบรรลุ เป้าหมายที่วางไว้ และได้ประสิทธิผลที่ดีที่สุด

ตาราง 27 (ต่อ)

จิตนิสัยทางสะเต็ม	พฤติกรรมบ่งชี้
2. ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีการไตร่ตรอง วางแผน เพื่อรวบรวมหลักฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ของข้อมูลอย่างละเอียด ก่อนนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคาดการณ์ และการตัดสินใจ	1. กำหนดประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างครอบคลุมทุกด้านเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหา 2. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องของข้อมูล 3. กำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของสมาชิกอย่างชัดเจน 4. สามารถทำนายผลจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม 5. สามารถสรุปและตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่ได้
3. การคิดแบบบูรณาการ หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อระบุ จำแนก องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของ องค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ปัญหา	1. ระบุเกี่ยวกับทรัพยากร ข้อจำกัด พร้อมเหตุผลที่ต้องใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา 2. ระบุและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา 3. ระบุองค์ประกอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับ การแก้ปัญหา 4. วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้
จิตนิสัยทางสะเต็ม	พฤติกรรมบ่งชี้
4. การยอมรับในเหตุและผล หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีการรับฟัง แนวคิดหรือคำอธิบาย ซึ่งมีข้อมูลที่ถูกต้อง และน่าเชื่อถือมาสนับสนุนอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยใช้องค์ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัว	1. สืบรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเกี่ยวกับ ชี้นำงานหรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ 2. สร้างคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งจากข้อมูล และหลักฐานต่าง ๆ ที่ค้นพบ 3. ประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้งของ บุคคลอื่น

ตาราง 27 (ต่อ)

จิตนิสัยทางสะสมเต็ม	พฤติกรรมบ่งชี้
4. การยอมรับในเหตุและผล (ต่อ)	4. ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ของบุคคลอื่นในกระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ 5. ปรับปรุง แก้ไข กระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ตามที่ได้รับคำแนะนำ หรือข้อสรุปที่ได้จากข้อโต้แย้ง
5. ความสามารถในการสื่อสาร หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีความสามารถในการนำเสนอ อธิบาย อภิปราย ถ่ายทอดความคิดของตนไปยังผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ประกอบการสื่อสารได้อย่างเหมาะสม	1. อธิบายความเกี่ยวข้องของปัญหา กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของผลผลิตที่ต้องพัฒนาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ 2. อธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการแก้ปัญหา 3. อธิบายและสื่อสารโดยใช้วิธีการ และสื่อที่เหมาะสม
6. การสร้างนวัตกรรม หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดค้นประดิษฐ์สิ่งใหม่ หรือวิธีการใหม่ ๆ ที่มีความแปลกใหม่ ได้อย่างหลากหลาย และอย่างเหมาะสม โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	1. ระบุมวิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี และมีแนวคิดที่แตกต่างจากผู้อื่น 2. สร้างภาพร่างแนวคิด หรือแบบจำลอง เพื่อสะท้อนถึงการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา 3. สร้างและดำเนินการตามที่ออกแบบ และมีการปรับปรุง แก้ไข 4. เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้มค่า และคุ้มค่า พร้อมทั้งประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น

ผลการประเมิน นิยาม คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะสมเต็ม จากผู้เชี่ยวชาญ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเห็นด้วยขึ้นไป

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สร้างความสนใจ 2) สำรวจ 3) อธิบาย 4) ขยายความรู้ 5) ประเมินผล และ 6) การสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยผู้วิจัยนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาผสมผสานกับแนวคิดของมิติของการพัฒนาจิตนิสัย เพื่อประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงความรู้ และทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ร่วมกับ มิติของการพัฒนาจิตนิสัย เพื่อสร้างจิตนิสัยทางสะเต็ม และส่งเสริมให้นักเรียนมีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการทำงาน สามารถบูรณาการความรู้ เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม สามารถประเมินได้จากการมีจิตนิสัยทางสะเต็ม

ผลการประเมิน รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม จากผู้เชี่ยวชาญ มีความสอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และสอดคล้องกับกระบวนการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม มีนิยามที่ชัดเจน สามารถนำไปใช้จริงในชั้นเรียนได้

3. ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 จิตนิสัยทางสะเต็ม ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ พบว่าจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน เมื่อเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สันนิษฐานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ กล่าวคือ พบจิตนิสัยทางสะเต็มทุกลักษณะ ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้

3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนมี ดังนี้

1. การยกสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหา หาแนวทางการแก้ปัญหาได้
2. การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง
3. การใช้ใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา
4. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารแนวคิด/อธิบายแนวทางการแก้ปัญหา
นำเสนอผลงานและเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสม
5. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับฟังข้อเสนอแนะ/ข้อคิดเห็นจากบุคคลอื่น

อภิปรายผล

จากผลการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยอภิปรายผลดังนี้

1. คุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม

ผู้วิจัยได้ศึกษาและสังเคราะห์จิตนิสัยทางสะเต็ม จากจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งคุณลักษณะ พฤติกรรมบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็ม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความสนใจใฝ่รู้ เป็นจิตนิสัยทางสะเต็มที่สังเคราะห์จาก จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความช่างสงสัย ความอยากรู้อยากเห็น จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ การมองโลกในแง่ดี และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ นักทดลอง ซึ่งจิตนิสัยทางสะเต็ม ความสนใจใฝ่รู้ มีพฤติกรรมที่บ่งชี้ 6 ลักษณะ คือ

1.1) สามารถระบุประเด็นปัญหาจากประสบการณ์ และสถานการณ์ปัญหาได้ นักเรียนต้องทำการวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหา ขอบกพร่อง หรือสิ่งที่ต้องปรับปรุงที่พบในชีวิตประจำวัน สิ่งแวดล้อม หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวกับความช่างสงสัย (Calik; & Coll. 2012: 1922) และจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ที่เกี่ยวกับการมองในแง่ดี (Loveland & Dunn, 2014: 14-15)

1.2) ขอบซักถาม ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับ ขอบเขตขององค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทฤษฎี และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องมีการสอบถามในสิ่งที่เป็นข้อมูลเพื่อนำมาใช้ประกอบการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความช่างสงสัย ความอยากรู้อยากเห็น (Calik; & Coll. 2012: 1921-1922) และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักทดลอง (Cuoco., Goldenberg & Mark. 1996: 378; Royal Academy of Engineering. 2014: 16)

1.3) ค้นหาแนวทาง กระบวนการ วิธีการใหม่ หรือปรับปรุงวิธีการเดิมที่มีอยู่ให้เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนวิเคราะห์เพื่อระบุ แนวทาง กระบวนการ แก้ปัญหาใหม่ ๆ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับ จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความอยากรู้อยากเห็น (Calik; & Coll. 2012: 1921) จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักทดลอง (Cuoco., Goldenberg & Mark, 1996: 378; Royal Academy of Engineering. 2014: 16) และจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวกับการมองในแง่ดี (Loveland & Dunn. 2014, pp. 14-15)

1.4) กระตือรือร้นในการค้นคว้าทดสอบ หรือทดลอง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องมีการค้นคว้า หาคำตอบในสิ่งที่ตนเองอยากรู้ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักทดลอง (Loveland; & Dunn. 2014: 14-15) และจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความอยากรู้อยากเห็น (Calik; & Coll. 2012: 1921)

1.5) ตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ โดยการทดสอบ หรือทดลอง นักเรียนต้องมีการทบทวน หรือตรวจสอบคำตอบในสิ่งที่ตนเองอยากรู้ หรือสงสัย เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับ จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักทดลอง (Cuoco., Goldenberg & Mark, 1996: 378; Royal Academy of Engineering. 2014: 16) จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความอยากรู้อยากเห็น (Calik; & Coll. 2012: 1921)

1.6) มุ่งมั่นในการปรับปรุงแก้ไข ขอบกพร่องจนบรรลุเป้าหมายที่วางไว้และให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด นักเรียนต้องมีความพยายาม มุ่งมั่น มองปัญหาว่าเป็นโอกาสในการแสวงหาความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ที่เกี่ยวกับการมองในแง่ดี (Loveland & Dunn. 2014: 14-15) และจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความอยากรู้อยากเห็น (Calik; & Coll. 2012: 1921)

2) ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ เป็นจิตนิสัยทางสะเต็มที่สังเคราะห์จาก จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความรอบคอบในการตัดสินใจ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ นักคาดการณ์ ซึ่งจิตนิสัยทางสะเต็ม ด้านความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ 5 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

2.1) กำหนดประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างครอบคลุมทุกด้านเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนต้องมีการวิเคราะห์เพื่อระบุประเด็นที่จะนำมาใช้ในการรวบรวมข้อมูล และหลักฐานให้ครอบคลุม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความรอบคอบในการตัดสินใจ (Calik & Coll. 2012: 1922)

2.2) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้องของข้อมูล นักเรียนต้องมีการทบทวน ตรวจสอบ หลักฐานที่นำมาใช้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความรอบคอบในการตัดสินใจ (Calik; & Coll. 2012: 1922) และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับนักคาดการณ์ (Cuoco., Goldenberg; & Mark. 1996: 378; Royal Academy of Engineering. 2014: 16)

2.3) กำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของสมาชิกอย่างชัดเจน นักเรียนต้องมีการระบุ หรือกำหนดบทบาท ความรับผิดชอบของสมาชิก ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความรอบคอบในการตัดสินใจ (Calik; & Coll. 2012: 1922)

2.4) สามารถทำนายผลจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม นักเรียนต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูล จากการเก็บรวบรวมที่ได้นำไปสู่การทำนายผล เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักคาดการณ์ (Cuoco., Goldenberg & Mark. 1996: 378; Royal Academy of Engineering. 2014: 16) และจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความรอบคอบในการตัดสินใจ (Calik; & Coll. 2012: 1922)

2.5) สามารถสรุปและตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่ได้ นักเรียนต้องมีการสรุปผลข้อมูลจากหลักฐานที่มี และมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความรอบคอบในการตัดสินใจ (Calik; & Coll. 2012: 1922) และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักคาดการณ์ (Cuoco., Goldenberg; & Mark. 1996: 378; Royal Academy of Engineering. 2014: 16)

3) การคิดแบบบูรณาการ เป็นจิตนิสัยทางสะเต็มที่สังเคราะห์จาก จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ การคิดเชิงระบบ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ นักสืบค้นแบบรูป และนักคิด ซึ่งจิตนิสัยทางสะเต็ม ด้านการคิดบูรณาการมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ 4 ลักษณะดังต่อไปนี้

3.1) ระบุเกี่ยวกับทรัพยากร ข้อจำกัด พร้อมเหตุผลที่ต้องใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา นักเรียนต้องค้นหาแนวทางที่ใช้เป็นข้อมูล เพื่อระบุทรัพยากร ข้อจำกัด และเหตุผลที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักสืบค้นแบบรูป (Cuoco., Goldenberg; & Mark. 1996: 378; Royal Academy of Engineering. 2014: 17) และจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ (NAE. 2010: 45; Loveland; & Dunn. 2014: 13-14)

3.2) ระบุและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา นักเรียนต้องทำวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสอดคล้องกับจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ (NAE. 2010: 45; Loveland; & Dunn. 2014: 13-14)

และจิตนัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักคิด (Cuoco., Goldenberg; & Mark. 1996: 379-380; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

3.3) ระบุองค์ประกอบความรู้ ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา นักเรียนต้องทำวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อระบุเกี่ยวกับองค์ประกอบของความรู้ ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสอดคล้องกับจิตนัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักคิด (Cuoco., Goldenberg; & Mark. 1996: 379-380; Royal Academy of Engineering. 2014: 17) และจิตนัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ (NAE. 2010: 45; Loveland & Dunn. 2014: 13-14)

3.4) วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ นักเรียนต้องทำวิเคราะห์เพื่อระบุสิ่งที่เป็ข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการ ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสอดคล้องกับจิตนัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักสืบค้นแบบรูป นักคิด (Cuoco., Goldenberg; & Mark, 1996: 378-380; Royal Academy of Engineering. 2014: 17) และจิตนัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ (NAE. 2010: 45; Loveland & Dunn. 2014: 13-14)

4) การยอมรับในเหตุและผล เป็นจิตนัยทางสะเต็มที่สังเคราะห์จากจิตนัยทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การไม่ถือตนเป็นใหญ่ ความใจกว้าง ความไม่ด่วนสรุปเพราะเป็นข้อโต้แย้งจากผู้รู้ และความมีเหตุผล และจิตนัยทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ นักเดาคำตอบ ซึ่งจิตนัยทางสะเต็ม ด้านการยอมรับในเหตุและผล มีพฤติกรรมที่บ่งชี้ 6 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

4.1) สำนวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานชิ้นงานของการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ นักเรียนต้องทำการรวบรวม ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับ จิตนัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการไม่ถือตนเป็นใหญ่ ความมีเหตุผล และความไม่ด่วนสรุป เพราะเป็นข้อโต้แย้งจากผู้รู้ (Guald. 2005: 292; Calik; & Coll. 2012: 1921; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

4.2) สร้างคำอธิบายหรือข้อโต้แย้ง จากข้อมูลและหลักฐานต่าง ๆ ที่ค้นพบด้วยวิธีการต่าง ๆ นักเรียนต้องมีการอธิบายหรือแสดงความคิดเห็น ที่เกี่ยวกับข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตนัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการไม่ถือตนเป็นใหญ่ ความไม่ด่วนสรุปเพราะเป็นข้อโต้แย้งจากผู้รู้ (Guald. 2005: 292; Calik; & Coll. 2012: 1921; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

4.3) ประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น นักเรียนต้องทำการวิเคราะห์เพื่อประเมิน แนวคิด หรือคำอธิบายของบุคคลอื่น และพร้อมจะเปลี่ยนแปลงแนวคิด ถ้ามีหลักฐานและข้อมูล เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่

กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความไม่แน่นอนรูปเพราะเป็นข้อโต้แย้งจากผู้รู้ ความใจกว้าง (Guald. 2005: 292; Calik; & Coll. 2012: 1921; Royal Academy of Engineering. 2014: 17) และจิตินัยทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับนักเดาคำตอบ (Cuoco., Goldenberg; & Mark. 1996: 383-384; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

4.4) ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ของบุคคลอื่นในกระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ นักเรียนต้องมียอมรับฟังข้อคิดเห็น ข้อวิจารณ์ของบุคคลอื่น ที่แตกต่างจากของตนเอง เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการไม่ถือตนเป็นใหญ่ ความใจกว้าง (Guald. 2005: 292; Calik; & Coll. 2012: 1921; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

4.5) ปรับปรุง แก้ไข กระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ ตามที่ได้รับคำแนะนำ หรือข้อสรุปที่ได้จากการโต้แย้ง นักเรียนต้องทำการคาดคะเนคำตอบ ตรวจสอบผลจากการคาดคะเน และนำผล หรือข้อสรุปที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักเดาคำตอบ(Cuoco., Goldenberg & Mark. 1996: 383-384; Royal Academy of Engineering. 2014: 17) และจิตินัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความมีเหตุผล (Guald. 2005: 292; Calik; & Coll. 2012: 1921; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

5) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นจิตินัยทางสะเต็มที่สังเคราะห์จากจิตินัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ การสื่อสาร และจิตินัยทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ นักพรรณนา ซึ่งจิตินัยทางสะเต็ม ด้านความสามารถในการสื่อสาร มีพฤติกรรมบ่งชี้ 3 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

5.1) อธิบายความหมายและความเกี่ยวข้องของปัญหากับ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของผลผลิตที่ต้องพัฒนาเพื่อใช้แก้ปัญหาได้ นักเรียนต้องทำการอธิบายเพื่อระบุสิ่งที่เกี่ยวข้องของปัญหา และผลผลิตที่ได้จากการพัฒนา ปรับปรุงเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักพรรณนา (Cuoco., Goldenberg; & Mark. 1996: 379; Royal Academy of Engineering. 2014: 17) และจิตินัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวกับการสื่อสาร (NAE. 2010: 45; Loveland; & Dunn. 2014: 15)

5.2) อธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องมีการอธิบายเพื่อแสดงถึงแนวทาง หรือวิธีการในการออกแบบ ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับนักพรรณนา (Cuoco., Goldenberg; & Mark. 1996: 379; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

5.3) อธิบายและสื่อสารโดยใช้วิธีการ และสื่อที่เหมาะสม นักเรียนต้องมีการวิเคราะห์เพื่อระบุถึงวิธีการที่จะใช้ในการนำเสนอผล ที่มีความเหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทาง

เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสื่อสาร (NAE. 2010: 45; Loveland; & Dunn. 2014: 15)

6) การสร้างนวัตกรรม เป็นจิตินัยทางสะสมที่สังเคราะห์จาก จิตินัยทางเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ และ การใส่ใจในจรรยาบรรณ และจิตินัยทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ นักประดิษฐ์ และ นักจินตนาการ ซึ่งจิตินัยทางสะสม ด้านการสร้างนวัตกรรม มีพฤติกรรมบ่งชี้ 4 ลักษณะ คือ

6.1) ระบุวิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี และมีแนวคิดที่แตกต่างจากผู้อื่น นักเรียนต้องทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหา เพื่อระบุ วิธีการ หรือแนวทางที่มีความแตกต่างจากบุคคลอื่น เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ (NAE. 2010: 45; Loveland & Dunn. 2014: 14) และจิตินัยทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับนักจินตนาการ (Cuoco; Goldenberg; & Mark. 1996: 381-383; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

6.2) สร้างภาพร่างแนวคิดหรือแบบจำลองเพื่อสะท้อนการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องมีการวิเคราะห์แนวทางแก้ปัญหา โดยการแสดงออกเป็นภาพร่าง หรือแบบจำลอง ของ สิ่งของหรือเหตุการณ์ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ (NAE. 2010: 45; Loveland & Dunn. 2014: 14) และจิตินัยทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับนักจินตนาการ และนักประดิษฐ์คิดค้น (Cuoco; Goldenberg; & Mark. 1996: 380-383; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

6.3) สร้างและดำเนินการตามที่ออกแบบและมีการปรับปรุงแก้ไข นักเรียนต้องมีการอธิบายถึงแนวคิด หลักการที่สำคัญ ในการคิดค้นและมีการลงมือปฏิบัติในการสร้างและปรับปรุง ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับนักประดิษฐ์คิดค้น นักจินตนาการ (Cuoco; Goldenberg; & Mark. 1996: 380-383; Royal Academy of Engineering. 2014: 17) และจิตินัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ และการใส่ใจในจรรยาบรรณ (NAE. 2010: 45; Loveland & Dunn. 2014: 14-16)

6.4) เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้มค่า และคุ้มค่า พร้อมทั้งประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น นักเรียนต้องทำการวิเคราะห์ เพื่อระบุถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสอดคล้องกับจิตินัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวกับการใส่ใจในจรรยาบรรณ (NAE. 2010: 45; Loveland & Dunn. 2014: 16) และจิตินัยทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับนักประดิษฐ์คิดค้น (Cuoco; Goldenberg; & Mark. 1996: 380-381; Royal Academy of Engineering. 2014: 17)

นอกจากนี้คุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม ทั้ง 6 ประการแล้ว ยังพบคุณลักษณะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหา เรียกว่า จิตนิสัยการเรียนรู้ (Learning habit of mind) ได้แก่ ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) คือ การนำความรู้ มุมมอง ประสบการณ์ และทักษะต่างๆ ของสมาชิกภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และทำงานร่วมกัน (Crow. 2002: Online; Stoner. 2013: Online) ในการทำงานร่วมกันของสมาชิกภายในกลุ่มมีการประสานมุมมอง ความรู้ ความสามารถ เพื่อนำมาใช้ในการตั้งคำถาม การสืบเสาะ การออกแบบ การคิดค้นและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ดังนั้น ความร่วมมือร่วมใจ จึงเป็นเป็นคุณลักษณะสำคัญในการเรียนรู้ที่จะส่งเสริม กระตุ้นให้เกิด จิตนิสัยด้านอื่น ๆ ดังภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 องค์ประกอบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัยการเรียนรู้ และจิตนิสัยทางสะเต็ม

ที่มา: ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Royal Academy of Engineering. (2014). Thinking like an Engineer Implication for the education system. p 29.

2. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งสร้างจากแนวทางของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กับแนวคิดของมิติของการพัฒนาจิตนิสัย ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ประกอบด้วย 6 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจ 3) ขั้นอธิบาย 4) ขั้นขยายความรู้ 5) ขั้นประเมินผล และ 6) ขั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม ทั้งนี้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีลักษณะเฉพาะที่ส่งเสริมให้นักเรียน มีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการทำงาน มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยนักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีการระบุประเด็นปัญหา สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล สรุปหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สื่อสารและนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา มีการขยายความรู้ รวมทั้งการสร้างนวัตกรรมเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา ตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีประสบการณ์การใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการทำงาน โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ได้นำลักษณะการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยได้มีการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะ หรือกระบวนการทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2558: 16; Maryland State Department Education, 2015: Online) ซึ่งขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล แต่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ มาที่ขั้นขยายความรู้ โดยหลักการของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ควรจะต้องเกิดจากพื้นฐานแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่า นักเรียนควรจะต้องมีการสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ แล้วจึงนำความรู้นั้นไปใช้ในการออกแบบ จึงได้นำขั้นตอนของการออกแบบ เพื่อแก้ปัญหา จากที่อยู่ในขั้นสำรวจและค้นหามาไว้ที่ขั้นการขยายความรู้ และผลานิธิของการพัฒนาจิตนิสัย (Anderson; Costa; & Kallick, 2008: 60-62) โดยนำมิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการปฏิบัติเข้าไป ในขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล และในส่วนของมิติของการพัฒนาจิตนิสัยผ่านการสะท้อน เพิ่มเข้าไปนอกเหนือจากขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อให้ให้นักเรียนได้สะท้อนความหมายและคุณค่าของ จิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม รายละเอียด ดังนี้

1) **ขั้นสร้างความสนใจ** เป็นขั้นตอนที่เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ได้ฝึกตั้งคำถามที่เกี่ยวเนื่องกับปัญหา ซึ่งลักษณะการเรียนรู้ในขั้นนี้จะเน้นการใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่มีความใกล้เคียงกับนักเรียน จะทำให้นักเรียนมีความสนใจและอยากรู้ ซึ่งเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนได้มีการระดมความคิดเห็น เพื่อระบุประเด็นปัญหา และหาแนวทางแก้ปัญหา (Ceylan; & Ozdilek. 2014: 225; Maryland State Department Education. 2015: Online) นอกจากครูจะทำหน้าที่จัดกิจกรรมเพื่อกระตุ้น ยั่วยุ หรือท้าทายให้นักเรียน ครูต้องทำหน้าที่คอยให้คำแนะนำ และแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้จิตนิสัยทางสะสม ความสนใจใฝ่รู้ เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียนเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา (รัตนภรณ์ ไตรศร. 2558: ออนไลน์)

2) **ขั้นสำรวจ** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สำรวจ ตรวจสอบ เพื่อหาประจักษ์พยาน และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานนั้น ลักษณะการเรียนรู้ในขั้นนี้ นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติทำการทดลองในการทำกิจกรรมกลุ่ม นักเรียนจะมีการทำงานร่วมกัน มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานในการลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม เกิดความสนใจและเกิดการเรียนรู้ (สิริสุข เข้มคง. 2560: 73) ส่วนบทบาทของครูในขั้นนี้นอกจากจะส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก โดยมีการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ สนับสนุนสื่ออุปกรณ์ในการทำงาน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดกับบุคคลอื่น พร้อมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนได้เลือกใช้จิตนิสัยทางสะสมความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ นำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินการสำรวจ ค้นหา จัดระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ (Trowbridge; Bybee. 1996: 216)

3) **ขั้นอธิบาย** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็น อธิบายแนวคิดระหว่างสมาชิกในกลุ่ม และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ลักษณะการเรียนรู้ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนนำหลักฐานที่ค้นพบมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และสรุปหลักการของความรู้ที่ได้ มีการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล ซึ่งนักเรียนจะมีการให้คำอธิบาย เกี่ยวกับแนวทางที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา (Kukula; & Harbor. 2009: 202-203; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 225; Mc Connell; & Dickerson. 2014: 26-27; Maryland State Department Education. 2015: Online) พร้อมทั้งการเลือกใช้วิธีการนำเสนอที่เหมาะสม เช่น ตาราง แผนผัง (สสวท. 2545: ออนไลน์) ส่วนบทบาทของครูในขั้นนี้ การที่ครูได้เปิดโอกาส และคอยอำนวยความสะดวก ให้นักเรียนได้สื่อสาร อธิบายแนวคิด นับเป็นการสนับสนุนให้นักเรียนได้อธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับการค้นพบ พร้อมทั้งได้มีการกระตุ้นให้นักเรียนได้มีเลือกใช้จิตนิสัยทางสะสมความสามารถในการสื่อสาร เพื่อนำมาใช้ในการแสดงความคิดเห็น นำเสนอแนวคิด สรุปหลักการของความรู้ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา (Bybee; et al. 2006: 1)

4) **ชั้นขยายความรู้** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้นำความรู้ และขยายความรู้หรือเพิ่มเติมความรู้ให้กว้างขึ้นและลึกซึ้ง ลักษณะการเรียนรู้ในขั้นนี้ นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งสมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็น วิเคราะห์เกี่ยวกับแนวทางในการแก้ปัญหาและกำหนดทางเลือกแนวทางแก้ปัญหา มีการออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 16; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 226; Maryland State Department Education. 2015: Online) เพื่อนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจ พร้อมทั้งสามารถวิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงาน หรือผลงานที่สร้างขึ้น นำความรู้ที่เกี่ยวข้องไปสู่งานอาชีพ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2558: 16; Maryland State Department Education. 2015: Online) ส่วนบทบาทของครูในขั้นนี้นอกจากจะเปิดโอกาสให้นักเรียนให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาแล้ว ควรมีการสะท้อนความคิดเห็นต่อผลการปฏิบัติงานของนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม การคิดแบบบูรณาการ และการสร้างนวัตกรรม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การต่อยอดความรู้ หรือการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

5) **ชั้นประเมินผล** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการประเมินการเรียนรู้ และกระบวนการแก้ปัญหา มีการตรวจสอบ ปรับปรุง แนวทางในการแก้ปัญหา มีการตรวจสอบชิ้นงาน ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนในขั้นนี้ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย การตรวจสอบผลงานทั้งของตนเอง และเพื่อนสมาชิก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการประเมินผลความสำเร็จของงาน (Kukula; & Harbor. 2009: 204; Ceylan; & Ozdilek. 2014: 226) มีการระบุปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงที่นำมาใช้แก้ปัญหา เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน โดยการแสดงความคิดเห็น การสร้างคำอธิบายหรือข้อโต้แย้ง การรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ของสมาชิก รวมทั้งมีการร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปชิ้นงานที่ดีที่สุด ส่วนบทบาทของครูในขั้นนี้ต้องกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตรวจสอบ สามารถแสดงความเข้าใจผ่านงานที่มีการลงมือปฏิบัติ และสะท้อนความคิดเห็นต่อการปฏิบัติงานของนักเรียน จะทำให้นักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ (Trowbridge; & Bybee. 1996: 217) นอกจากนี้ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม การยอมรับเหตุและผล และการสร้างนวัตกรรม เพื่อนำมาใช้ในการประเมินการเรียนรู้และความสำเร็จของงาน

6) **ชั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม** เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันสะท้อนความหมายและคุณค่าของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้เกิดการยอมรับและเห็นประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งเป็นกระบวนการที่แฝงอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนในขั้นนี้ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนได้รับโอกาสให้มีการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มจากกิจกรรมการเรียนรู้ จากการที่นักเรียนได้ร่วมกันระบุประเด็นปัญหา การเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลอง การอธิบาย การออกแบบ การนำเสนอผลงานที่ได้ ในการทำกิจกรรมดังกล่าว เป็นสิ่งที่ส่งเสริม สนับสนุนให้นักเรียนได้ใช้ จิตนิสัยทางสะเต็มในการทำงาน โดยผ่านการยกตัวอย่าง วิเคราะห์ และอภิปราย ถึงพฤติกรรมที่สะท้อนการใช้จิตนิสัยทาง

สะท้อนในการทำงาน โดยให้นักเรียนได้วิเคราะห์และอภิปรายถึงพฤติกรรมของสมาชิกที่มีการใช้จิตนิสัย ซึ่งทำให้งานประสบความสำเร็จ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์จากการประสบความสำเร็จในการนำจิตนิสัยไปใช้ (Anderson; Costa; & Kallick. 2008: 62) บทบาทของครูในขั้นนี้คอยให้คำชี้แนะ ให้คำแนะนำ โดยยกตัวอย่างพฤติกรรมของบุคคลที่มีจิตนิสัยทางสะท้อนในช่วงแรก หลังจากนั้นครูจะลดบทบาทลงเพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนจิตนิสัยทางสะท้อนด้วยตนเองมากขึ้น

จากกระบวนการทั้ง 6 ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะท้อนที่พัฒนาขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานของสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism Theory) ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จะเห็นได้จาก ขั้นสร้างความสนใจ ซึ่งขั้นนี้จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยการตรวจสอบความรู้เดิม หรือให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการระบุประเด็นปัญหา ขั้นสำรวจเป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สำรวจ ตรวจสอบ เพื่อค้นคว้าข้อมูล และหาหลักฐาน โดยนักเรียนจะต้องมีการบูรณาการความรู้ที่ได้เพื่อนำไปใช้ ขั้นอธิบาย เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำข้อมูล หลักฐานที่ได้มาสรุปเป็นองค์ความรู้ตามความเข้าใจของแต่ละคน ขั้นประเมินผล เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ประเมินการเรียนรู้ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน และรูปแบบที่พัฒนาขึ้นยังสอดคล้องกับ แนวคิดแนวคิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism Theory) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้สร้างความรู้จากการที่นักเรียนได้มีการปฏิบัติ การสร้าง และการออกแบบ โดยการเชื่อมโยงความรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่และจะนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์สู่การสร้างความรู้ซึ่งออกมาเป็นรูปธรรมหรือชิ้นงาน จะเห็นได้จาก ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่มีการประยุกต์ใช้ความรู้ ซึ่งการประยุกต์ใช้ความรู้นั้นเป็นการนำความรู้ไปใช้เพื่อสร้างชิ้นงาน สำหรับการแก้ปัญหา และ ขั้นประเมินผล เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ร่วมกันตรวจสอบชิ้นงาน ร่วมกันแสดงความคิดเห็น เพื่อสรุปชิ้นงานที่ดีที่สุด นอกจากนี้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นยังเน้นให้นักเรียนมองเห็นปัญหา เข้าใจปัญหา และมีการแก้ปัญหา และกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการสะท้อนจิตนิสัยในการทำงาน ซึ่งมีสอดคล้องกับการพัฒนายุทธวิธีในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาจิตนิสัย ซึ่งใช้การสร้างความตระหนักให้เกิดขึ้นกับนักเรียน โดยผ่านการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับจิตนิสัยโดยตรง (Costa; & Kallick. 2009: 36) จะเห็นได้จาก ขั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะท้อน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สะท้อนจิตนิสัยทางสะท้อนในการทำงาน โดยผ่านการยกตัวอย่างวิเคราะห์ และอภิปรายถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการใช้จิตนิสัยทางสะท้อน ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์และคุณค่าของการใช้จิตนิสัยทางสะท้อน

3. ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มหลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ โดยหลังเรียนนักเรียนมีจิตนิสัยทาง สะเต็มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน จากผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ พบว่าจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนเมื่อเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น

ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สืบสนุนผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ กล่าวคือ พบจิตนิสัยทางสะเต็มทุกลักษณะ ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้

ทั้งนี้การที่นักเรียนมีจิตนิสัยทางสะเต็มสูงขึ้นหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ผู้วิจัยขออภิปรายได้ ดังนี้

1) จิตนิสัยทางสะเต็มความสนใจใฝ่รู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ได้มีการใช้สถานการณ์ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งทีจุดประเด็นสำคัญ เพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นปัญหา รวมไปถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบปัญหา การกระตุ้นความสนใจ ยั่วๆ หรือท้าทาย โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่ใกล้ชิดกับนักเรียน พบว่านักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างมาก (Ceylan; & Ozdilek. 2014: 225; Maryland State Department Education. 2015: Online) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมบ่งชี้ข้อ 1 สามารถระบุประเด็นปัญหาจากประสบการณ์และสถานการณ์ได้ ข้อ 2 ชอบซักถาม ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับ ขอบเขตขององค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และ ข้อ 4 กระตือรือร้นในการค้นคว้า ทดสอบ หรือทดลอง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหา พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การนำความร้อนและการพาความร้อน มีสถานการณ์ปัญหา คือ ถ้านักเรียนมีการเข้าค่ายพักแรม ถ้ากลุ่มของนักเรียนไม่ได้นำอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่มา นักเรียนจะมีวิธีการใดที่จะสามารถต้มไข่ได้ โดยให้นักเรียนออกแบบภาชนะสำหรับต้มไข่ นักเรียนได้ร่วมกันเสนอแนวคิด แสดงความคิดเห็นในการช่วยกันหาแนวทางเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา ซึ่งการร่วมกันในการระบุประเด็นปัญหา หรือหาแนวทางในการแก้ปัญหาในเรื่องที่จะเรียนรู้ เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่า นักเรียนได้ให้ความสนใจ มีความกระตือรือร้นซึ่งจะทำให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบในการหาความรู้และเป็นผู้แก้ปัญหา (Brooks; & Brooks. 1999: 2) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พบพฤติกรรมบ่งชีครบทั้ง 6 ข้อ เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 นอกจากจะเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันแล้ว ยัง

เป็นกิจกรรมแรกที่นักเรียนได้ลงมือประดิษฐ์และมีการตรวจสอบการใช้งานเครื่องมือที่สร้างขึ้น ทำให้เกิดกระตุ้นความสนใจ ของนักเรียนได้ดี

2) จิตนิสัยทางสะเต็มความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ได้ให้นักเรียนได้ค้นพบปัญหาแล้ว นักเรียนจะต้องมีการวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลอย่างละเอียด จะทำให้สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง จะทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้อย่างหลากหลาย เพื่อหาหลักฐานนำมาใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมบ่งชี้ ข้อ 3 การกำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของสมาชิกอย่างชัดเจน พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น ในการทำกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ นักเรียนจะต้องสร้างเทอร์มอมิเตอร์อย่างง่ายที่สามารถวัดอุณหภูมิของน้ำ ในการทำงาน นักเรียนได้กำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของสมาชิก มีการลงมือปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง เพื่อสรุปหลักการของการทำงานของ เทอร์มอมิเตอร์ มีการสืบค้นข้อมูล โดยที่สมาชิกในกลุ่มได้ร่วมกันหาข้อมูล เกี่ยวกับ คุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการสร้าง จากการสัมภาษณ์ นักเรียนจะเลือกใช้ข้อมูล อาทิเช่น ถ้าเป็นการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ก็จะเลือกเว็บไซต์ที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าว จะแสดงให้เห็นถึงการรวบรวมหลักฐานที่เชื่อถือได้อย่างเพียงพอก่อนที่จะตัดสินใจ (Calik; & Coll. 2012: 1922) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 มีพฤติกรรมบ่งชี้ครบ เนื่องจากเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมแบบปลายเปิด ซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมกันวางแผน เก็บรวบรวมข้อมูล ที่มีความน่าเชื่อถืออย่างเพียงพอ เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจ ทำให้นักเรียนได้แสดงออกถึงพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ

3) จิตนิสัยทางสะเต็มการคิดแบบบูรณาการ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนได้รับแนวคิด หรือข้อมูลที่มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ นักเรียนสามารถนำแนวคิดต่าง ๆ มาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ทำให้สามารถมองเห็นแนวทางที่นำไปสู่การแก้ปัญหา การที่นักเรียนได้วิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ มีการวิเคราะห์สังเคราะห์เพื่อระบุเกี่ยวกับองค์ความรู้ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา (Royal Academy of Engineering. 2014: 16) และการที่นักเรียนสามารถวิเคราะห์เพื่อระบุข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมีมุมมองในการรับรู้ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันและกันขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 1 ระบุทรัพยากรของการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา ข้อที่ 2 เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา และข้อที่ 4 วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น ในการทำกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุณหภูมิและการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ นักเรียนจะต้องสร้างเครื่องมือที่สามารถเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ นักเรียนได้มีการวิเคราะห์คุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ ที่กำหนดให้เพื่อเลือกใช้

วัสดุอุปกรณ์ นำความรู้ที่ได้รับจากการหาความสัมพันธ์ในการเปลี่ยนหน่วย มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการออกแบบ สมาชิกในกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับเครื่องมือที่สร้างขึ้นว่ามีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุง แก้ไข เพื่อให้เครื่องมือที่มีคุณภาพเพิ่มขึ้น จากการที่ครูได้เปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน มีอิสระในการเลือกวิธีการต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา มีการวิเคราะห์ข้อมูล นับว่าเป็นสิ่งหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมสนับสนุนทักษะการคิดให้กับนักเรียน (Hoover. 1984: 12) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 นักเรียนยังขาดการแสดงออกถึงพฤติกรรมบ่งชี้ การระบอบประกอบความรู้ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับการทำกิจกรรม ซึ่งครูควรกระตุ้นโดยใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนได้วิเคราะห์ ระบอบ ความสัมพันธ์ขององค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

4) จิตนิสัยทางสะเต็มการยอมรับในเหตุและผล

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นได้ มีการร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการรับฟังแนวคิดหรือคำอธิบายของสมาชิก หรือการอธิบายให้เหตุผลในข้อโต้แย้ง ที่ตนเองสร้างขึ้นจากข้อมูลที่มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล หรือแนวทางที่นำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง ในการที่นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ยอมรับรับฟังคำอธิบายที่มีเหตุผล มีการตรวจสอบความถูกต้อง โดยหาข้อมูลที่เชื่อถือมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความมีเหตุผล (Calik; & Coll. 2012: 1921) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 3 ประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแผ่รังสี การดูดกลืนและการคายความร้อน ในการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ในการออกแบบกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สมาชิกในกลุ่มได้เสนอแสดงความคิดเห็น ในการอธิบายว่าทำไมจึงเลือกใช้กระดาษสีดำและสีขาว ควรจะใช้กระดาษสีดำติดข้างนอกกล่อง เพราะสีดำดูดความร้อนได้ดี และกระดาษสีขาวติดข้างในกล่อง เพราะสีขาวคายความร้อนช้า ซึ่งแสดงถึงนักเรียนได้สร้างประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบายเกี่ยวกับสีของวัตถุมีผลต่อการดูดกลืนความร้อน การที่สมาชิกได้โต้แย้งว่าควรจะใช้ไม้เสียบลูกชิ้น แทนตะเกียบที่จะนำมาใช้ทำตะแกรงในกล่องอบแห้ง เป็นการแสดงให้เห็นถึง การยอมรับฟังคำอธิบายที่มีเหตุผล เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข หรือการยอมรับคำอธิบายเมื่อสมาชิกได้เสนอให้มีการเจาะรูด้านข้างกล่องเพื่อเป็นช่องระบายอากาศ การที่นักเรียนได้ฝึกหาหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือมาสนับสนุนแนวคิดของตนเอง หรือสร้างข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น นับว่ามีความสำคัญมากในการพัฒนากระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นทักษะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้การทำงาน (วัชรภรณ์ แก้วดี. 2548: 4-5) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า พฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 1 สำนวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเกี่ยวกับชิ้นงาน หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ พบเฉพาะในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และ 6 และพฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 4 ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ของบุคคลอื่นในกระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ พบเฉพาะในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ 7 เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 และ 7 ลักษณะของกิจกรรมแบบปลายเปิด ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้มีการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และในการนำเสนอแนวคิดในการหาแนวทางแก้ปัญหาซึ่งแต่ละคนจะมี

แนวคิดที่แตกต่างกันทำให้นักเรียนได้มีการแสดงออกพฤติกรรมการยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์จากสมาชิกในกลุ่ม

5) จิตนัยทางสะเต็มความสามารถในการสื่อสาร

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนั้น ในขณะที่นักเรียนร่วมกันหาแนวทางในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องมีการอธิบายเพื่อแสดงความคิดเห็น แนวทางหรือวิธีการ และวิธีการนำเสนอที่มีความเหมาะสม ในการที่นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน สามารถใช้สัญลักษณ์ การให้เหตุผลประกอบการอธิบาย และการนำเสนอได้ เป็นพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการบรรยาย อธิบาย หรือมีการสื่อสารเกิดขึ้น (Cuoco; Goldenberg; & Mark. 1996: 379; Royal Academy of Engineering. 2014: 16) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 2 อธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการแก้ปัญหา และข้อที่ 3 อธิบายและสื่อสาร โดยใช้วิธีการ และสื่อที่เหมาะสม พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น ในการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ได้สนับสนุนให้นักเรียนได้มีการอธิบายการออกแบบและกระบวนการแก้ปัญหา อธิบายเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องพัฒนาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและมีการใช้แผนผังความคิด ในการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน ในการที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายกระบวนการออกแบบ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมให้มีการสื่อสารที่เกิดขึ้นระหว่างสมาชิกในกลุ่ม หรือการสื่อสารระหว่างครูกับนักเรียน แต่อย่างไรก็ตามพบว่า พฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่พฤติกรรมบ่งชี้ข้อที่ 1 อธิบายความเกี่ยวข้องของปัญหา กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของผลผลิตที่ต้องพัฒนาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ พบเฉพาะในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 และพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 พบว่ามีพฤติกรรมบ่งชีครบทั้ง 3 ข้อ เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 มีลักษณะกิจกรรมแบบปลายเปิด โดยนักเรียนได้เกิดการเชื่อมโยงองค์ความรู้ของศาสตร์ ต่าง ๆ ได้ จากการที่นักเรียนจะต้องมีการค้นคว้าหาข้อมูลอย่างลึกซึ้ง เพื่อนำมาอธิบาย สื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหา

6) จิตนัยทางสะเต็มการสร้างนวัตกรรม

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ได้มีการออกแบบเพื่อหาวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหานั้น การที่นักเรียนได้มีแนวทางที่แตกต่างจากสมาชิกภายในกลุ่ม มีความสามารถประดิษฐ์ คิดค้นสิ่งต่าง ๆ มีการอธิบายหลักการทำงาน หรือหลักการในการคิดค้น โดยมีการแสดงออกเป็นภาพร่างหรือแบบจำลอง มีการดำเนินการสร้างเครื่องมือ พร้อมทั้งสามารถประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ ทำให้นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้ที่นำมาใช้ ในการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน ได้ให้นักเรียนหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยให้มีการสร้างอุปกรณ์ สำหรับการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ การสร้างเทอร์มอมิเตอร์อย่างง่าย การสร้างอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ การสร้างกล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ หรือการออกแบบอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนน้ำร้อนให้เป็นน้ำอุ่น การออกแบบอุปกรณ์สำหรับเตาไฟฟ้าไหม้ ซึ่งอาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมได้ เนื่องจากนักเรียนมีกระบวนการสร้างความคิดใหม่ๆ การแก้ปัญหาแนวทางใหม่ๆ

ที่แตกต่างกันไป เพื่อพัฒนาหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ ที่มีคุณค่า และมีประโยชน์ต่อบุคคลอื่น (ศศิมา สุขสว่าง. 2561: ออนไลน์) ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมบ่งชี้ ข้อที่ 2 สร้างภาพร่างแนวคิด หรือแบบจำลอง เพื่อสะท้อนถึงการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา พบในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนมีการร่วมกันเสนอแนวคิดในการออกแบบเครื่องมือเพื่อนำมาแก้ปัญหา โดยจะมีการบันทึกข้อมูลของภาพร่างแนวคิดลงในใบกิจกรรม ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เห็นความเชื่อมโยงของการนำความรู้มาใช้ มีการประเมินผลงาน นำไปสู่การปรับปรุง แก้ไข ชิ้นงานให้มีคุณภาพดีขึ้น

อย่างไรก็ตามแม้ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของจิตนิสัยทางสะเต็มอยู่ในระดับมาก แต่จิตนิสัยทางสะเต็ม ความสามารถในการสื่อสาร มีค่าเฉลี่ยของจิตนิสัยทางสะเต็มอยู่ในระดับปานกลาง อาจเป็นเพราะว่าในการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน นักเรียนมีการกำหนดบทบาทหน้าที่ แต่ไม่มีการสลับหน้าที่ในการทำงาน ทำให้ไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

3.2 ผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน 11.98 (S.D. = 2.22) และคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนหลังเรียน 15.93 (S.D. = 2.56) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากห้องเรียนเป็นนักเรียนความสามารถ มีนักเรียนบางส่วนหลังเรียนได้คะแนนค่อนข้างต่ำ จึงทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยไม่สูงมาก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อดูช่วงคะแนนหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนน 18 คะแนน และช่วงคะแนนก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนน 11 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ซึ่งจะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาผ่านการปฏิบัติ นักเรียนใช้ทักษะในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ มีการเก็บรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบและเลือกใช้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งนักเรียนจะได้มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา จะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ นัสนรินทร์ บิ้อชา (2558) และ อาทิตยา พุนเรือง (2559) ที่นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้การกระตุ้นให้นักเรียนนำจิตนิสัยไปใช้ในการทำงาน จะทำให้นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบในการทำงาน ทำให้นักเรียนมีการตรวจสอบหลักฐาน ทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง สามารถที่จะสรุปหลักการ

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยกระบวนการเหล่านี้ได้ฝึกให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น จึงเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น

ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

จากผลการวิจัย การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริม จิตนิสัยทางสะเต็ม และผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยขอเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการกำหนดประเด็นปัญหา บ้างจ้ย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา ที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งครูมีการให้คำแนะนำ โดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาย่างละเอียดทีละประเด็น นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความสนใจใฝ่รู้ โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

2) ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่มีการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อหาประจักษ์พยาน และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานนั้น เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวางกรอบแนวคิดในการดำเนินการค้นหา จัดระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ โดยครูมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบาย ค้นหาแนวทาง หรือยุทธวิธีที่ใช้ นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

3) ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่นำหลักฐานที่ค้นพบมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบายแนวคิดและสรุปหลักการของความรู้ที่ได้ เพื่อให้นักเรียนได้มีการอธิบาย อภิปราย และลงข้อสรุป โดยครูเปิดโอกาสและคอยอำนวยความสะดวกให้นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็น นำเสนอแนวคิด นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความสามารถในการสื่อสาร โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้สถานการณ์ใหม่ เพื่อให้นักเรียนได้ ร่วมกันวิเคราะห์ และกำหนดทางเลือกแนวทางแก้ปัญหา การออกแบบ การเลือกวัสดุ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม มีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยครูเปิดโอกาส และอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนได้มีการต่อยอดความรู้ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และวิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงานหรือชิ้นงาน นำความรู้ที่เกี่ยวข้องไปสู่งานอาชีพ นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการสร้างนวัตกรรม โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

5) **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นขั้นที่ประเมินการเรียนรู้ และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนมีการตรวจสอบ ปรับปรุงแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการสะท้อนความคิดเห็นต่อคำตอบ การตรวจสอบชิ้นงานของเพื่อนร่วมชั้น โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทางในการประเมินผลความสำเร็จของชิ้นงาน นอกจากนี้ครูต้องมีการกระตุ้นจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการยอมรับในเหตุและผล และการสร้างนวัตกรรม โดยการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่แสดงถึงการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

6) **ขั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind)** เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความหมายและคุณค่าของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้เกิดการยอมรับและเห็นประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม นำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่แฝงอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เมื่อมีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดยกระบวนการดังกล่าวนี้ในช่วงแรกครูจะต้องชี้แนะ ให้คำแนะนำ อธิบายเพื่อยกตัวอย่างพฤติกรรมที่สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มให้นักเรียนได้รู้จัก และหลังจากนั้นครูจะลดบทบาทการให้คำชี้แนะคำแนะนำ โดยให้นักเรียนได้สะท้อน จิตนิสัยทางสะเต็มด้วยตนเองมากขึ้น

ซึ่งจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มนั้น จะเป็นจิตนิสัยทางสะเต็มที่มีลักษณะโดดเด่น อาจจะมีจิตนิสัยทางสะเต็มในลักษณะอื่นๆ เกิดขึ้นได้

4. แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

จากผลการศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ผู้วิจัยขออภิปรายผลดังนี้

1. การยกสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหา หาแนวทางแก้ปัญหาได้ ซึ่งแนวปฏิบัติดังกล่าวนี้ครูได้กระตุ้น ยั่วเย้าหรือท้าทาย ความสนใจของนักเรียน ด้วยสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่ใกล้ชิดกับนักเรียน ซึ่งการที่ครูเปิดโอกาส โดยนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง จะทำให้นักเรียนสามารถเกิดการเชื่อมโยง และสามารถประยุกต์สถานการณ์ใหม่ ในสภาพชีวิตจริงได้ (รัตนภรณ์ ไตรศร. 2558: ออนไลน์) นอกจากนี้การยกสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ร่วมกับการตั้งคำถาม จะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อคำถาม (สิรินุช เข้มคง. 2560: 139) ซึ่งอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหา เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางแก้ปัญหา จึงเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มความสนใจใฝ่รู้ให้กับนักเรียน

2. การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งแนวปฏิบัติดังกล่าวนี้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน จะทำให้สมาชิกในกลุ่ม มีการวางแผนการทำงาน การเก็บรวบรวมข้อมูล มีการนำเสนอแนวคิด และให้เหตุผลหรือยกตัวอย่างประกอบคำอธิบาย ซึ่งจะทำให้สมาชิกในกลุ่มมีการปรับแนวคิด ปรับยุทธวิธี และการพยายามสร้างความเข้าใจร่วมกัน ซึ่งจะเป็นการเปิดโอกาสในการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนแต่ละคน (อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์. 2545: 28) อีกทั้งการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง หรือมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม จะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ และเกิดการเรียนรู้ (สิรินุช เข้มคง. 2560: 73) ซึ่งเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะสมความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจให้กับนักเรียน

3. การใช้ใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งแนวปฏิบัติดังกล่าวนี้ นักเรียนได้บันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้นั้น สมาชิกในกลุ่มจะต้องร่วมกัน สืบค้นข้อมูล มีการแสดงความคิดเห็น การอธิบายให้เหตุผล มีการคิดวิเคราะห์ การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา การประเมินผลการใช้ และแนวทางในการปรับปรุง / แก้ไข ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ความรู้ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา ดังนั้นใบกิจกรรมจึงเป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนได้บันทึกผลร่วมกับการทำกิจกรรม (สิรินุช เข้มคง. 2560: 140) และยังพบว่าใบกิจกรรมยังมีลำดับขั้นตอนของการทำงานที่นำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา ดังนั้นใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจ และสามารถออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาได้ ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมจิตนิสัยทางสะสมการคิดบูรณาการ และจิตนิสัยทางสะสมการยอมรับในเหตุและผลให้กับนักเรียน

4. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารแนวคิด/อธิบายแนวทางการแก้ปัญหา นำเสนอผลงาน และเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสม ซึ่งแนวปฏิบัติดังกล่าวนี้ นักเรียนได้มีการอธิบาย เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ได้นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนและสามารถเลือกวิธีการสื่อสารได้นั้น นักเรียนจะต้องมีการนำองค์ความรู้ที่ได้มาวิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อสื่อสารแนวคิดได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ให้นักเรียนได้เกิดการสื่อสารแนวคิด ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดกับบุคคลอื่น (นิลวรรณวานิชสุขสมบัติ. 2547: 58-59) จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งเป็นสิ่งที่จะช่วยพัฒนาให้นักเรียนได้เกิดพัฒนา จิตนิสัยทางสะสมความสามารถในการสื่อสารให้กับนักเรียน

5. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับฟังข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นจากบุคคลอื่นในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแนวปฏิบัติดังกล่าว ทำให้นักเรียนมีการปรับแนวคิด ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และการพยายามสร้างความเข้าใจร่วมกัน ซึ่งจะเป็นการเปิดโอกาสในการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนแต่ละคน (อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์. 2545: 28) นอกจากนี้การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับฟังข้อเสนอแนะจากบุคคลอื่น มีการตรวจสอบข้อมูลหลักฐาน การประเมินผล เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง แก้ไข ชิ้นงานให้มีคุณภาพดีขึ้นจะทำให้นักเรียนเล็งเห็นความสำคัญของการตรวจสอบหลากหลายแง่มุม จึงเป็น

อีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีจิตนิสัยทางสะเต็มการสร้างนวัตกรรม และจิตนิสัยทางสะเต็มการยอมรับในเหตุและผลให้กับนักเรียน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับจิตนิสัยทางสะเต็มให้ชัดเจน เพื่อการประเมินคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่ตรงตามพฤติกรรมบ่งชี้ของแต่ละคุณลักษณะของจิตนิสัยทางสะเต็ม ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

1.2 จากผลการวิจัยพบว่าในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มให้เกิดขึ้นได้หลากหลาย โดยครูควรมุ่งเน้นให้ได้จิตนิสัยทางสะเต็มที่มีลักษณะโดดเด่นของแต่ละขั้น ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ มุ่งเน้นให้เกิดจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความสนใจใฝ่รู้ 2) ขั้นสำรวจ มุ่งเน้นให้เกิดจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ 3) ขั้นอธิบาย มุ่งเน้นให้เกิดจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความสามารถในการสื่อสาร 4) ขั้นขยายความรู้ มุ่งเน้นให้เกิดจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการคิดแบบบูรณาการ และการสร้างนวัตกรรม 5) ขั้นประเมินผล มุ่งเน้นให้เกิดจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะการยอมรับในเหตุและผล และการสร้างนวัตกรรม และ 6) ขั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม มุ่งเน้นให้นักเรียนได้มีการยกตัวอย่างพฤติกรรมที่สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าและประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม

1.3 การกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่จะนำไปสู่การพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็มในการทำงาน ดังนั้นครูจึงควรต้องเตรียมสถานการณ์และกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องการ เพื่อให้นักเรียนหาแนวทางแก้ปัญหา ที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อเป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน

1.4 จากการวิจัยพบว่านักเรียนมักไม่หมั่นเวียนหน้าที่ในกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนที่ทำหน้าที่นำเสนอ ดังนั้นครูควรมีการกำหนดให้ชัดเจน และให้มีการสลับสับเปลี่ยนบทบาทหน้าที่ เพื่อให้สามารถได้ฝึกจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะความสามารถในการสื่อสารให้กับนักเรียนได้ทุกคน

1.5 การเปิดโอกาสให้นักเรียนหาแนวทางแก้ปัญหา โดยใช้กิจกรรมที่มีลักษณะแบบปลายเปิด จะเป็นส่วนที่ไปกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการเชื่อมโยงองค์ความรู้ของศาสตร์ต่าง ๆ ได้ เนื่องจากนักเรียนจะต้องมีการค้นคว้าหาข้อมูลอย่างลึกซึ้ง และยังเป็นการสร้างความท้าทายเพื่อให้นักเรียนเกิดความต้องการในการหาแนวทางแก้ปัญหา

1.6 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มไปใช้ ครูควรมีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้ 1) การกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 2) การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง 3) การใช้ใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา 4) การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารแนวคิด / อธิบายกระบวนการแก้ปัญหา และนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม และ 5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับฟังข้อเสนอแนะจากบุคคลอื่น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มที่ พัฒนาขึ้น ใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนมีการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ควบคู่ไปกับการใช้คุณลักษณะจิตนิสัยทางสะเต็ม ในการวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม เนื้อหา หน่วยการเรียนรู้ พลังงานความร้อน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้กับเนื้อหาอื่นๆ รายวิชาวิทยาศาสตร์ได้ในทุกระดับชั้น โดยครูควรมีการออกแบบ กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ให้มีความเหมาะสมกับระดับชั้น ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จะทำให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มได้จริง

2.2 อาจปรับเปลี่ยนแผนการทดลองแบบอนุกรมเวลาและมีกลุ่มควบคุม (Multiple Time Series Design) ซึ่งเป็นลักษณะการทดสอบซ้ำเป็นระยะทั้งก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งจะช่วยให้เห็นความคงทนของการมีจิตนิสัย รวมทั้งอาจเห็นจิตนิสัยบางคุณลักษณะที่ต้องใช้เวลาในการพัฒนา ซึ่งจะทำให้ได้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2543). เอกสารชุดเทคนิคการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด: การบูรณาการ. กรุงเทพฯ: การศาสนา กรมการศาสนา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- _____. (2559). คณะกรรมการนโยบายการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา. สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2559, จาก <https://www.moe.go.th>
- กฤติกา สังขวดี. (2551, มกราคม-ธันวาคม). เทคนิคการพัฒนาบทเรียนตามแนว Constructionism. วารสารวิทยาศาสตร์. 9(1-2): 51-56.
- กฤษณา ชูสินธุณาวุฒิ. (2557, กันยายน-ตุลาคม). กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คืออะไร?. วารสารสสวท. 42(190): 37.
- กิตติชัย สุชาติโนบล. (2555). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการตามแนวพุทธเพื่อสะท้อนแนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในบริบทแห่งสังคมไทยยุคปัจจุบัน. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- _____. (2557, ธันวาคม). การศึกษาแบบสะเต็ม. สารานุกรมศึกษาศาสตร์. 49: 81-94.
- กิตติศักดิ์ แป้นงาม และ สุรัชย์ ประเสริฐสรวย. (2553, กรกฎาคม-ธันวาคม). การสร้างรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดสร้างสรรค์ทางปัญญาโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาเป็นเครื่องมือสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารหลักสูตรและการสอนทักษิณ. 5(2): 109-111.
- จรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒพล, วิชัย วงษ์ใหญ่, และ ศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2558, จาก <https://www.tci-thaigo.org>
- จิราภรณ์ คงคุ้ม. (2548). การวิเคราะห์องค์ประกอบจิตตนิสัยตามแนวทฤษฎีของคอสตาและคาลลิค สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จุฑามาศ มุกดา. (2553). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ 8 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิค สังกัดสถาบัน การอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม.(วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ฉันทนา วิริยเวชกุล. (2558). เทคนิคการสอนสำหรับครู. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- เฉลิมลาภ ทองอาจ. (2559). *ปรัชญาการศึกษาพัฒนาการนิยม (Progressivism)*. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2559, จาก <https://www.gotoknow.org>.
- ชลาริป สมานิติ. (2558). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระกับการศึกษาปฐมวัย: STEM Learning Experience Provision in Early Childhood Education. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*. 30(2): 102-111.
- ชวลิต ชุกก่าแพง. (2550). *การประเมินการเรียนรู้*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชวาล แพรัตกุล. (2552). *เทคนิคการวัดผล*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วิฑูรย์การปก.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ: เดอะเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตเปอร์เซชั่น.
- เชษฐ ศิริสวัสดิ์. (2550). *การพัฒนาหลักสูตรการสร้างหุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3*. ปรินูณานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ดวงเดือน อ่อนน้อม และ ทิศนา แคมมณี. (2548). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ: องค์ความรู้จากการวิจัยและพัฒนาเพื่อการปฏิรูปทั้งโรงเรียน*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ทรายทอง พวงสันเทียะ. (2553). *การพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษา*. ปรินูณานิพนธ์ คด. (การวัดประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ทับทิมทอง กอบัวแก้ว. (2555). *การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียที่ส่งเสริมทักษะทางสังคมตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์สำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ทิศนา แคมมณี. (2545). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2556). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธเนศ ขำเกิด. (2547-2548, ธันวาคม-มกราคม). การสร้างองค์ความรู้ ทฤษฎี Constructionism. *วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี*. 31(178): 163.
- นงนุช ภัทรราคร. (2546ก). *Constructionism: แนวทางดำเนินกิจกรรมการสอน*. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2558, จาก <http://www.kmult.ac.th/constructionism 5.html>
- _____. (2546ข). *Constructionism: แนวคิดพื้นฐานและหลักการ*. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2558, จาก <http://www.kmult.ac.th/constructionism 3.html>
- _____. (2546ค). *Constructionism: ครูและผู้เรียน*. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2558, จาก <http://www.kmult.ac.th/constructionism 8.html>

นนทชนนปภพ ปาลินทร. (2553, ธันวาคม). Constructionism Theory. *วิทยาจารย์*. 110(2): 52-53.

นฤนาถ ชีรภัทรธำรง. (2554). *การเขียนบันทึก*. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2558, จาก <http://www.krukaimwit.blogspot.com>

นัสนรินทร์ ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์)* สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ถ่ายเอกสาร.

นิภา แก้วศรีงาม. (2547, เมษายน). ปัญหาที่เกิดจากการสร้างสรรค์ด้วยตนเอง. *วารสารวงการศึกษา*. 1(4): 70-76.

นิลวรรณ วานิชสุขสมบัติ. (2547). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการจัดรูปแบบการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. *วิทยานิพนธ์ คม. (โสตทัศนศึกษา)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

บริบูรณ์สุข บัญชรเทวกุล, วินัย คำสุวรรณ, อำพวรรณ ทิวไผ่งาม, วิชัย พาณิชย์สวอย, สมใจ บุญอรพี ภิญโญ, วัฒนารี ทวีวรดิถ, สมศรี กิตติวรพันธ์, และ อรุณี นาคเสน. (2547). *การพัฒนาจิตตนิสัยของผู้เรียน โดยใช้กิจกรรมอิสระและพัฒนาตน กรณีศึกษาในระดับประถมศึกษา*. รายงานวิจัย. กรุงเทพฯ: โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

บุญชม ศรีสะอาด. (2558). *การแปลผลเพื่อใช้เครื่องมือรวบรวมข้อมูลแบบมาตราส่วนประมาณค่า*. สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558, จาก [www. Watpon.com](http://www.Watpon.com)

บุญเชิด ภิญโญนันตพงษ์. (2525). *กระบวนการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. (เอกสารประกอบคำสอน). กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2531). *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. (2552). *การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

ประวิตร ชูศิลป์. (2543). *หลักการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์: แผนใหม่*. กรุงเทพฯ: กรมการฝึกหัดครู.

ประสาธ เนืองเฉลิม. (2557). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.

ปัญญา นาแพงหมื่น. (2542, สิงหาคม). Logo Logo เทคโนโลยีการถ่ายทอดจินตนาการบนพื้นฐานทฤษฎี Constructionism. *สารสาธิตสถาบันราชภัฏ*. 9(8): 16-23.

- ไผท สิทธิสุนทร. (2542, พฤศจิกายน). 'Constructionism' ความรู้เป็นสิ่งที่สร้างได้. *สานปฏิรูป*. 2(20): 17-20.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556, เมษายน-มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*. 33(2): 53-55.
- พระอริการ อุดม อุตโตโม(เศรษฐา). (2553). *ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง วันสำคัญทางพระพุทธศาสนา: ศึกษาเฉพาะกรณี โรงเรียนบ้านตาตทอง เทศบาลตำบลตาตทอง อำเภอเมืองยโสธร*. วิทยานิพนธ์ ศน.ม. (วิชาการจัดการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีวัฒน์. (2539). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- พิมพ์มาดา มงคลแสน. (2553). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบการสอน BSCS 5E ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลด์*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (หลักสูตรการสอน). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- พีระพงษ์ เครื่องสนุก. (2558). *แฟ้มสะสมผลงาน*. สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2558, จาก <https://www.gotoknow.org>
- ไพศาล วรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา Educational Research*. พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภิญญาพัชน์ ปลาภัตทอง. (2551). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการเผชิญอุปสรรคของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 2*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มนตรี จุฬาวรรณทล. (2556, พฤศจิกายน-ธันวาคม). *สะเต็มศึกษาประเทศไทยและชุดสะเต็ม*. *วารสารสสวท*. 42(185): 8-9.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์. (2557?). *เอกสารประกอบกิจกรรมค่ายทัศนแม่กลองท้องถิ่นเรียนรู้ภูมิปัญญาบูรณาการ STEM Education*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะเภสัชศาสตร์. (2551). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ*. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2559, จาก www.pharmacy.cmu.ac.th
- แมนมาศ สีสัตย์กุล. (2545). *การพัฒนาจิตตนิสัย*. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*. 1(17): 19-28.

- ยุทธ ไกยวรรณ. (2559). การวางแผนการทดลองสำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัตนภรณ์ ไตรศร. (2558). การเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีสมรรถนิยม. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2558, จาก www.thaischool.in.th
- รุจิรัตน์ รุ่งหัวไผ่. (2558). การพัฒนาโมเดลสมรรถนะความร่วมมือสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2536). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- _____. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วัชรภรณ์ แก้วดี. (2548). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดอินเทอร์เน็ตเอกที่ฟคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการนำเสนอผลงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ตาตาพับลิเคชั่น.
- ศรัณย์ ศรีลัมพ์. (2554, กันยายน). กิจกรรมการเรียนรู้วิชาโครงงานออกแบบและเทคโนโลยีตามแนวคิด Constructionism สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยาสาร. 110(11): 64-66.
- ศศิมา สุขสว่าง. (2561). ความแตกต่างระหว่างความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) กับนวัตกรรม (Innovation). สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2561, จาก <https://www.sasimasuk.com/>
- ศานิกานต์ เสนีวงศ์. (2556, พฤศจิกายน-ธันวาคม). การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบโอโรงามิ. วารสาร สสวท. 42(185): 23.
- ศิริลักษณ์ ขาลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริวรรณ สันทัด. (2558). การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้. สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2558, จาก www.ns.mahidol.ac.th
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2545). รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2558, จาก <http://biology.ipst.ac.th>
- _____. (2555). การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- _____. (2556?). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- _____. (2557). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- _____. (2558ก). *การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2558, จาก www.Physics.ipst.ac.th
- _____. (2558ข). *แนวทางการสอนสะเต็มศึกษาจาก ประเทศเกาหลีใต้*. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2558, จาก www.benjama.ac.th
- สถาบันส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค). (2557). *เช็คสัญญาณคุณภาพ การเรียนรู้: ผลการจัดอันดับการศึกษาไทยเทียบกับนานาชาติ ปี 2014*. สืบค้นเมื่อ 30 ธันวาคม 2557, จาก www.qif.or.th
- สมจิต สวธนไพบูลย์. (2535). *ธรรมชาติวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตร และการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมปอง สมญาติ. (2557, พฤษภาคม). *การจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ ด้วยปัญญา(Constructionism) ของสถานศึกษา*. *วารสารการศึกษาไทย*. 11(113): 3-8.
- สมพร ทรัพย์สวัสดิ์. (2554). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน Video-Integration- Project (VIP) สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ด. (วิชาการศึกษา). ปทุมธานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต. ถ่ายเอกสาร.
- สิรินุช เข้มคง. (2560). *การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- สุชิน เพ็ชรรักษ์. (2544). *การจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในประเทศไทย (Constructionism in Thailand)*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาแห่งชาติ สกศ.
- สุทธวีรณ พิศักดีโสภณ. (2558). *การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2558, จาก www.mathayom 9.go.th
- สุเทพ อ่วมเจริญ. (2557, กันยายน-ธันวาคม). *SU Model: การประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบ สร้างองค์ความรู้*. *วารสารวิชาการVeridian E-Journal*. 7(3): 945-949.
- สุปรียา ดันสกุล. (2552, มกราคม-เมษายน). *Constructionism and Brain-based Learning*. *วารสารสุขภาพ*. 32(111): 13-15.
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. (2556, พฤศจิกายน-ธันวาคม). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่ จำเป็นในศตวรรษที่ 21*. *วารสารสสวท*. 42(185): 3.
- _____. (2558, มกราคม-กุมภาพันธ์). *การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษากับ การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21*. *วารสาร สสวท*. 43(192): 14-17.

- สุพัตรา พาวีสันต์ และ พลอยมรกต หุ่มเรื่องวงษ์. (2558?). การพัฒนาระบบการศึกษา และ การพัฒนาด้านการจัดการเรียนการสอนด้วยแนวทางสะเต็มศึกษา กรณีศึกษา: ประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ ฟินแลนด์ ญี่ปุ่น สิงคโปร์ เกาหลีใต้ นิวซีแลนด์ ออสเตรเลีย บราซิล และจีน. (เอกสารประกอบบทความ). กรุงเทพฯ: ม.ป.ท. อัดสำเนา.
- สุมาลี ชัยเจริญ. (2551). เทคโนโลยีการศึกษา หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ. ขอนแก่น: คลังน่านาวิทยา.
- สุวัฒนา จิตวัฒนพงศ์. (2548, กรกฎาคม-กันยายน). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ. วารสารรวมคำแหง. 22(3): 123-133.
- สุวิมล ติรากานนท์. (2550). การสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรในการวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่ การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- หทัยนันท์ ตาลเจริญ. (2550). ผลของการใช้เกมสถานการณ์จำลองตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ บนเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีรูปแบบการเรียนรู้ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ คม. (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- องอาจ นัยพัฒน์. (2554). การออกแบบการวิจัย: วิธีการเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ และผสมผสานวิธี (Research, Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods Approaches). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- _____. (2557). การวัดประเมินตามสภาพจริง โดยการใช้การปฏิบัติและจากแฟ้มสะสมงาน เพื่อ พัฒนา/ปรับปรุงการเรียนรู้: แนวคิดและวิธีการ. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2559, จาก [www. Ubu.ac.th](http://www.Ubu.ac.th)
- อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์. (2545). ค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการกลุ่มย่อย. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อนุชา โสมาบุตร. (2557). ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory). สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2557, จาก www.educom.bru.ac.th
- อรพินทร์ ชูชม. (2552, กันยายน). การวิจัยกึ่งทดลอง. วารสารพฤติกรรมศาสตร์. 15(1): 1-15.
- อาทิตยา พูนเรือง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อุดมศักดิ์ ธีระกาญจน์. (2545). 3 นาทีกับการสอนแบบบูรณาการ. สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2558, จาก <http://www.reacities.com>

- อุทิศ บำรุงชีพ. (2551). *รูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บตามแนวคอนสตรัคชันนิซึมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ด (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อุทุมพร เคลือบคนโท. (2540). *องค์ประกอบบางประการที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัด นครราชสีมา*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วัดผลการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- อุปการ จีระพันธุ์. (2556, พฤศจิกายน-ธันวาคม). สะเต็มศึกษาของใหม่สำหรับประเทศไทย หรือไม่. *วารสาร สสวท*. 42(185): 32-34.
- เฮนรี ทอย. (2554). *นิสัยแห่งความสำเร็จ*. แปลโดย นพดล จำปา. กรุงเทพฯ: ขวัญข้าว.
- American Association for the Advanced of Science: AAAS. (1990). *Science for all Americans*. New York: American Association for the Advanced of Science.
- Anderson, J. (2009). Increasing Alertness: Teaching Habits of Mind of Transfer. *In Habits of Mind Across the Curriculum*. Costa, A.L.; & Kallick, B. pp. 207-212. USA: ASCD.
- Anderson, J; & Costa, A.L. (2008). Is Your Instruction Habits Forming?. *In Learning and Leading with Habits of Mind*. Costa, A.L.; & Kallick, B. pp. 69-94. USA: ASCD.
- Anderson, J; Costa, A.L; & Kallick, B. (2008). Habits of Mind: A Journey of Continues Growth. *In Learning and Leading with Habits of Mind*. Costa, A.L.; & Kallick, B. pp. 59-60. USA: ASCD.
- Boudourides, M.A. (1998). *Constructivism and Education: A Shopper's Guide*. Retrieved September 10, 2015, from www.math.upatras.gr
- Breiner, J.M.; Harkness, S.S.; Johnson, C.C.; & Koehler, C.M. (2012). What is STEM? A Discussion about Conception of STEM in Education and Partnership. *School Science Mathematics*. 112(1): 3-11.
- Brooks, G.; & Brooks, M.G. (1999). *Becoming a Constructivist Teacher*. Retrieved April 10, 2015, from www.ascd.org
- Burke, B.N. (2014). The ITEEA 6E Learning By Design™ Model: Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher*. 73(6): 14-19.
- Bybee, R. W. (2010, September). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*. 70(1): 30-35.

- _____. (2013). *What are the Challenges for STEM Education?*. New York: National Science Teachers Association.
- Bybee, R.W.; Taylor, J.A.; Gardner, A.; Scotter, P.V.; Powell, J.C.; Westbrook, A.; & Lander, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. Retrieved January 10, 2015, from www.bscs.org
- Callick, M.; & Coll, R.K. (2012, August). Investigating Socioscientific Issue via Scientific Habits of Mind: Development and Validation of the Scientific Habits of Mind Survey. *International Journal of Science Education*. 24(12): 1909-1930.
- Ceyler, S.; & Ozdilek, Z. (2014). *Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education*. Retrieved October 24, 2015, from <http://www.sctencedirect.com>
- Costa, A.L. (2000). Describing the Habits of Mind. In *Discovering & Exploring Habits of Mind* Costa, A.L.; & Kallick, B. pp.21-38. USA: ASCD.
- _____. (2008). Describing the Habits of Mind. In *Learning and Leading with Habits of Mind*. Costa, A.L.; & Kallick, B. pp.15-38. USA: ASCD.
- Costa, A.L.; & Kallick, B. (2000). Assessing the Habits of Mind. In *Assessing and Reporting on Habits of Mind*. Costa, A.L.; & Kallick, B. pp.29-54. USA: ASCD.
- _____. (2009). Teaching Habits of Mind. In *Habits of Mind Across the Curriculum*. Costa, A.L.; & Kallick, B. pp.36-38. USA: ASCD.
- Costello, Patrick J. M. (2003). What is Action Research?. In *Action Research*. Andrews, R. pp. 1-13. London: Continuum.
- Crow, K. (2002). *Collaboration*. Retrieved December 1, 2015, from www.npd-solutions.com/collaboration.html
- Cuoco, A.L.; Goldenberg, B.P.; & Mark, J. (1996). Habits of Mind: An Organizing Principle for Mathematics Curriculum. *Journal of Mathematics Behavior*. 15: 375-402.
- Fosnot, C.T. (DT). (1996). *Constructivism: Theory Perspective and Practice*. New York: Teacher Collect Press.
- Frazee, B.M.; & Rudnitski, R.A. (1995). *Integrated Teaching Method: Theory, Classroom Applications, and Field-Based Connections*. Aldany, New York: Delmar Publishers.
- Gagnon, G.W., Jr.; & Collay, M. (2015). *Constructivist Learning Design*. Retrieved September 10, 2015, from www.wnisd.ca/.../Cagnon Collay
- Gauld, C.F. (2005). Habits of Mind, Scholarship and Decision Making in Science and Religion. *Science & Education*. 14: 291-308.

- Gerdler, M.E. (2009). *Learning and Instruction: Theory into Practice*. 6th ed. New Jersey: Merrill an Imprint of Prentice Hall.
- Goldenberg, E.P.; Shteingold, N.; & Feurzeig, N. (2002). *Mathematics Habits of Mind for Young Children*. Retrieved April 20, 2015, from www.thinkmath.edc.org
- Gonzalez, H. B.; & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer*. Retrieved June 10, 2014, from www.fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education*. 3rd ed. New York: Mc Graw Hill.
- Hoover, K. (1984). *The Elements of Scientific Thinking*. Clearwater. FL: U.S.A.
- IBM Corp. (2015). *IBM SPSS Statistics for Window, Version 23.0*. Armonk. NY: IBM Corp.
- Johnson, C. C. (2013, December). Conceptualizing Integrated STEM Education. *School Science and Mathematics*. 113(8): 367-368.
- Kukula, E.P; & Harbor, J.M. (2009). *Biometric Technology Program to Promote STEM Education for the K-12 Environment*. Retrieved October 24, 2015, from <http://www.gk12.org>
- Labov, J. B.; Reid, A. H.; & Yamamoto, K. R. (2010, March). Integrated Biology and Undergraduate Science Education: a new biology education for the 21st century?. *CBE Life Science Education*. 9(1): 10-16.
- Lake, K. (2016). *Definitions: Integrated Curriculum*. Retrieved April 10, 2016, from <http://educationnorthwest.org>
- Llewellyn, D. (2005). *Teaching High School Science Through Inquiry*. California: Corwin Press.
- Loveland, T.; & Dunn, D. (2014, May-June). Teaching Engineering Habits of Mind in Technology Education. *Technology and Engineering Teacher*. 73(8): 13-19.
- Lowery, L.M.; Dukes, C.M.; & O'Malley, M. (2012). *Innovation Today to Meet Tomorrow's Global Challenge*. Retrieved March 10, 2015, from www.msde.maryland.gov
- Maryland State Department Education. (2015). *5E Model for Integrated STEM Education*. Retrieved September 20, 2015, from www.mdk12.msde.maryland
- Marzano, R.J. (1992). *A Different Kind of Classroom: Teaching with Dimension of Learning*. Alexandria: ASCD.
- Matsuura, R.; Sword, S.; Piecham, M.B.; Stevens, G.; & Cuoco, A.L. (2013). Mathematics Habits of Mind for Teaching: Using Language in Algebra Classroom. *The mathematics Enthusiast*. 10(3): 735-760.

- Matthews, M.R. (1994). *Science Technology: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Rutledge.
- Mc Connell, W; & Dickerson, D. (2014). A Real-Word Integrated STEM Lesson Provides Opportunity for Cross-Subject Teacher Collaboration. *Technology and Engineering Teacher*. 73(8): 24-29.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM Education Monograph Series, Attributes of STEM Education*. Retrieved March 10, 2015, from <https://www.partnersforpubliced.org>
- Murphy, E. (1997). *Constructivism: From Philosophy to Practice*. Retrieved October 10, 2015, from www.stemnet.nf.com
- Noss, R.; & Clayson, J. (2015). Reconstructing Constructionism. *Constructivist Foundation*. 10(3): 285-288.
- Resnick, L.B. (1999, June). *Making America Smarter*. Retrieved June 10, 2015, from www.edweek.org
- Roberts, A. (2013, September). STEM is Here, Now What?. *Technology and Engineering Teacher*. 73 (1): 22-27.
- Royal Academy of Engineering. (2014). *Thinking Like an Engineering Implication for The Education System*. Retrieved October 20, 2015, from www.raeng.org.uk/think.likeengineer
- Stoner, J.L. (2015). *What is Collaboration and Where Does it Begin?*. Retrieved December 1, 2015, from <http://seapoincenter.com>.
- The National Academy of Engineering (NAE). (2010). *Standard for K-12 Engineering Education?*. Retrieved March 15, 2015, from www.nap.edu
- Tishman, S. (2000). Why Teach Habits of Mind?. In *Discovering & Exploring Habits of Mind*. Costa, A.L.; & Kallick, B. pp.41-51. USA: ASCD.
- Trowbridge, L.W.; & Bybee, R.W. (1996). *Teaching Secondary School Science Strategies for Developing Scientific Literacy*. 6th ed. USA: Prentice-Hall.
- UNESCO-UNEP. (1994). *An Environmental Education Curriculum for Secondary School*. Paris: UNESCO.
- Vasquez, J.A.; Sneider, C.; & Commer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials Grade 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.

- Von Glasersfeld, E. (1989). *Radical in Education The international Encyclopedia of Education Research and Studies Supplementary*. New York: Pergamon Press.
- Zhi-Feng Liu, E.; Sunny, S.J.; Lin, C.C.; & Yuan, S. (2001). Web-Based Peer Review: The learner as both Adapter and Reviewer. *IEEE Transactions of Education*. 44(3): 246-251.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ



รายนามผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|---|--|
| 1. รองศาสตราจารย์ ชีรวัฒน์ ประกอบผล | ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี | คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรรยา ดาสา | ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะ
วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย วิชัยดิษฐ์ | คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต |
| 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ | ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะ
วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกภูมิ จันทพันธ์ | คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤษทรัพย์มูล | ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะ
วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 8. อาจารย์ ดร. ญาณวัฒน์ พรหมประสิทธิ์ | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี |
| 9. อาจารย์ ดร. ศศิธร โสภารัตน์ | วิทยาลัยการฝึกหัดครู
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร |
| 10. ดร. อภิสิทธิ์ ธงไชย | สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 11. ดร. เขมวดี พงศานนท์ | สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 12. ดร. นิพนธ์ จันเลน | สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |

- | | |
|------------------------|---|
| 13. ดร. วิชร ศรีคุ้ม | สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 14. นางจุพิน กังประโคน | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม |
| 15. นางอมลสิริณ ก้นชัย | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนนางรอง |

หมายเหตุ : 1) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม ได้แก่ ลำดับที่ 1,2,4,10,11

2) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม ได้แก่ ลำดับที่ 2,4,7,10,11

3) ผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ได้แก่ ลำดับที่ 2,4,10

4) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม ได้แก่ ลำดับที่ 5,13,15

5) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ ลำดับที่ 6,12,14

6) ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบสัมภาษณ์นักเรียน ได้แก่ ลำดับที่ 3,8,9

ภาคผนวก ข
ผลการหาคุณภาพเครื่องมือที่วิจัย

ตาราง 28 ผลการประเมินความคิดเห็นคุณลักษณะ และพฤติกรรมบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดย
ผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	ความคิดเห็น
	1	2	3	4	5		
1. ความหมายของจิตนิสัยทางสะเต็ม คือ คุณลักษณะการคิดของนักเรียน ที่เน้น การบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ เพื่อ นำไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	4	4	4	4	4	4.00	เห็นด้วย
2. นิยามคุณลักษณะและพฤติกรรมบ่งชี้							
2.1 ความสนใจใฝ่รู้ หมายถึง คุณลักษณะของ ผู้เรียนที่มีความต้องการหาความรู้ใหม่ ๆ ทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถแสดงออกด้วย การซักถาม ในสิ่งที่ตนเองสงสัยหรือสนใจ ค้นคว้าทดลอง และมี ความมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.1.1 สามารถระบุประเด็นปัญหาจาก ประสบการณ์ และสถานการณ์ปัญหาได้	5	5	5	3	4	4.40	เห็นด้วย
2.1.2 ชอบซักถาม ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับ ขอบเขต ขององค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทรัพยากร และ ข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา	5	5	5	3	5	4.60	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.1.3 ค้นหาแนวทาง กระบวนการ วิธีการใหม่ หรือปรับปรุงวิธีการเดิมที่มีอยู่ให้ เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา	5	5	5	3	4	4.40	เห็นด้วย
2.1.4 กระตือรือร้นในการค้นคว้า ทดสอบ หรือ ทดลอง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหา	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วย อย่างยิ่ง

ตาราง 28 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	ความคิดเห็น
	1	2	3	4	5		
2.1.5 ตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ โดยการทดสอบ หรือทดลอง	5	5	3	4	3	4.00	เห็นด้วย
2.1.6 มุ่งมั่นในการปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่อง จนบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ และให้ได้ประสิทธิผลที่ดีที่สุด	5	5	5	5	3	4.60	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.2 ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มี การไตร่ตรอง วางแผน เพื่อรวบรวมหลักฐานทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ของ ข้อมูลอย่างละเอียด ก่อนนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการ คาดการณ์ และการตัดสินใจ	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.2.1 กำหนดประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูล อย่างครอบคลุมทุกด้านเพื่อนำมาใช้ในการวางแผน แก้ปัญหา	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.2.2 ตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ของข้อมูล	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.2.3 กำหนดบทบาท ขั้นตอนการทำงานของ สมาชิกอย่างชัดเจน	4	5	5	5	3	4.40	เห็นด้วย
2.2.4 สามารถทำนายผลจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม	5	4	5	5	3	4.40	เห็นด้วย

ตาราง 28 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	ความ คิดเห็น
	1	2	3	4	5		
2.3 การคิดบูรณาการ หมายถึง คุณลักษณะของ ผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อระบุ จำแนก องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา โดยใช้องค์ความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา	5	5	5	4	5	4.80	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.3.1 ระบุทรัพยากรของการออกแบบเพื่อ แก้ปัญหา	5	5	5	3	3	4.20	เห็นด้วย
2.3.2 เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา	5	5	5	5	5	5.00	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.3.3 ระบุงค์ประกอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	4	5	5	5	4	4.60	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.3.4 วิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง จุดด้อย ข้อจำกัด ของกระบวนการแก้ปัญหาที่ ออกแบบไว้	5	5	5	5	3	4.60	เห็นด้วย อย่างยิ่ง
2.4 การยอมรับในเหตุและผล หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีการรับฟังแนวคิด หรือคำอธิบาย ซึ่งมีข้อมูลที่ถูกต้อง และนำเสนอที่มา สนับสนุนอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยใช้องค์ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ โดยไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัว	5	4	5	5	4	4.60	เห็นด้วย อย่างยิ่ง

ตาราง 28 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	ความคิดเห็น
	1	2	3	4	5		
2.4.1 สํารวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานเกี่ยวกับชิ้นงาน หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.4.2 สร้างคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งจากข้อมูล และหลักฐานต่าง ๆ ที่ค้นพบ	5	5	5	5	5	5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.4.3 ประเมินเพื่อยอมรับคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.4.4 ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ของบุคคลอื่นในกระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.4.5 ปรับปรุง แก้ไข กระบวนการต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ตามที่ได้รับคำแนะนำ หรือข้อสรุปที่ได้จากข้อโต้แย้ง	5	5	3	5	4	4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.5 ความสามารถในการสื่อสาร หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีความสามารถในการนำเสนอ อธิบาย อภิปราย ถ่ายทอดความคิด ของตน ไปยังผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ประกอบการสื่อสารได้อย่างเหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.5.1 อธิบายความเกี่ยวข้องของปัญหา กับ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของผลผลิตที่ต้องพัฒนาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้	5	5	4	5	3	4.40	เห็นด้วย

ตาราง 28 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	ความคิดเห็น
	1	2	3	4	5		
2.5.2 อธิบายการออกแบบ และกระบวนการในการแก้ปัญหา	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.5.3 อธิบายและสื่อสารโดยใช้วิธีการ และสื่อที่เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.6 การสร้างนวัตกรรม หมายถึง คุณลักษณะของผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดค้นประดิษฐ์สิ่งใหม่หรือวิธีการใหม่ ๆ ที่มีความแปลกใหม่ ได้อย่างหลากหลาย และอย่างเหมาะสม โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.6.1 ระบุวิธีการ แนวทางในการแก้ปัญหาได้หลายวิธี และมีแนวคิดที่แตกต่างจากผู้อื่น	4	5	4	5	4	4.40	เห็นด้วย
2.6.2 สร้างภาพร่างแนวคิด หรือแบบจำลอง เพื่อสะท้อนถึงการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	5	5	3	3	4	4.00	เห็นด้วย
2.6.3 สร้างและดำเนินการตามทีออกแบบ และมีการปรับปรุง แก้ไข	5	5	5	5	3	4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.6.4 เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่คุ้มค่า และคุ้มค่า พร้อมทั้งประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้น	5	5	5	5	4	4.80	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตาราง 29 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินจิตนัยทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ

จิตนัยทางสะเต็ม	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง					IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5		
ความสนใจใฝ่รู้	1	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	0	1	1	0.80	นำไปใช้ได้
	5	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	0	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ	7	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	0	1	0.80	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	12	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
การคิดบูรณาการ	13	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1	0	0.80	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1	0	0.80	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1	0	0.80	นำไปใช้ได้
	18	1	1	1	1	0	0.80	นำไปใช้ได้
	19	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 29 (ต่อ)

จิตนัยทางสะเต็ม	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง					IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3	4	5		
การยอมรับในเหตุและผล	21	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	24	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	25	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	26	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
ความสามารถในการสื่อสาร	27	1	1	1	0	1	0.80	นำไปใช้ได้
	28	1	1	1	0	1	0.80	นำไปใช้ได้
	29	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	30	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	31	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	32	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	33	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	34	1	1	1	0	1	0.80	นำไปใช้ได้
การสร้างนวัตกรรม	35	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	36	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	37	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	38	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	39	1	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	40	1	1	0	1	1	0.80	นำไปใช้ได้
	41	1	1	0	1	1	0.80	นำไปใช้ได้
	42	1	1	0	1	1	0.80	นำไปใช้ได้

ตาราง 30 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าดัชนีความ			IOC	ผลการประเมิน
	สอดคล้อง				
	1	2	3		
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)					
1.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
1.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
1.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
1.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Exploration)					
2.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
2.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
3. ขั้นอธิบาย (Explanation)					
3.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
3.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้

ตาราง 30 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าดัชนีความ			IOC	ผลการประเมิน
	สอดคล้อง				
	1	2	3		
4. ขยายความรู้ (Elaboration)					
4.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
4.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
5. ประเมินผล (Evaluation)					
5.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
5.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
5.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
6. การสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind)					
6.1 มีความสอดคล้องกับหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6.2 มีความสอดคล้องกับการพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
6.3 การให้คำนิยามความหมายและบทบาทที่ชัดเจน	1	1	0	0.67	นำไปใช้ได้
6.4 สามารถปฏิบัติได้จริงในชั้นเรียน	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 31 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนที่การจัดการเรียนรู้ที่ 1 : อุณหภูมิและการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ						
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. วัดและประเมินผลการเรียนรู้	18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. สื่อการเรียนรู้	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 31 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนที่การจัดการเรียนรู้ที่ 2 : เครื่องมือวัดอุณหภูมิ						
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. วัดและประเมินผลการเรียนรู้	18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. สื่อการเรียนรู้	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 31 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้			ข้อที่		ค่าดัชนีความสอดคล้อง		IOC		ผลการประเมิน		
1	2	3									
แผนที่การจัดการเรียนรู้ที่ 3 : พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร											
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
2. กิจกรรมการเรียนรู้	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
3. วัดและประเมินผลการเรียนรู้	18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
4. สื่อการเรียนรู้	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					
	23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้					

ตาราง 31 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนที่การจัดการเรียนรู้ที่ 4 : การนำความร้อนและการพาความร้อน						
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. วัดและประเมินผลการเรียนรู้	18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. สื่อการเรียนรู้	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 31 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนที่การจัดการเรียนรู้ที่ 5 : การแผ้วรังสี และการดูดกลืนและการคายความร้อน						
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. วัดและประเมินผลการเรียนรู้	18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. สื่อการเรียนรู้	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 31 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนที่การจัดการเรียนรู้ที่ 6: สมดุลความร้อน						
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. วัดและประเมินผลการเรียนรู้	18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. สื่อการเรียนรู้	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 31 (ต่อ)

หัวข้อการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนที่การจัดการเรียนรู้ที่ 7 : การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากพลังงานความร้อน						
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้และความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. กิจกรรมการเรียนรู้	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
3. วัดและประเมินผลการเรียนรู้	18	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	19	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
4. สื่อการเรียนรู้	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 32 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดย
ผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
อุณหภูมิและการเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ	1	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	5	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	7	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
	8	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
	9	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ	10	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	12	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
	15	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	16	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	18	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
การถ่ายโอนความร้อน	19	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
	20	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	21	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	24	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	25	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 32 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
การถ่ายโอนความร้อน (ต่อ)	26	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	27	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	28	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
	29	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	30	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	31	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
	32	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	33	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	34	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
	35	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
การดูดกลืนและการคายความร้อน	36	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	37	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
	38	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
สมดุลความร้อน	39	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	40	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
	41	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	42	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
การขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อน	43	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	44	1	0	1	0.67	นำไปใช้ได้
	45	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	46	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	47	0	1	1	0.67	นำไปใช้ได้
	48	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ตาราง 33 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ

แบบทดสอบข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	คุณภาพข้อสอบ
1	0.64	0.38	นำไปใช้ได้
2	0.62	0.38	นำไปใช้ได้
3	0.48	0.56	นำไปใช้ได้
4	0.38	0.63	นำไปใช้ได้
5	0.34	0.31	นำไปใช้ได้
6	0.26	0.50	นำไปใช้ได้
7	0.46	0.38	นำไปใช้ได้
8	0.20	0.31	นำไปใช้ได้
9	0.76	0.69	นำไปใช้ได้
10	0.40	0.43	นำไปใช้ได้
11	0.40	0.43	นำไปใช้ได้
12	0.44	0.63	นำไปใช้ได้
13	0.28	0.43	นำไปใช้ได้
14	0.42	0.75	นำไปใช้ได้
15	0.54	0.44	นำไปใช้ได้
16	0.28	0.50	นำไปใช้ได้
17	0.58	0.50	นำไปใช้ได้
18	0.46	0.50	นำไปใช้ได้
19	0.34	0.31	นำไปใช้ได้
20	0.32	0.38	นำไปใช้ได้

ตาราง 33 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	คุณภาพข้อสอบ
21	0.68	0.44	นำไปใช้ได้
22	0.48	0.25	นำไปใช้ได้
23	0.58	0.44	นำไปใช้ได้
24	0.36	0.44	นำไปใช้ได้
25	0.28	0.44	นำไปใช้ได้
26	0.40	0.56	นำไปใช้ได้
27	0.70	0.56	นำไปใช้ได้
28	0.70	0.75	นำไปใช้ได้
29	0.74	0.25	นำไปใช้ได้
30	0.52	0.38	นำไปใช้ได้

ตาราง 34 ผลการประเมินความสอดคล้องแบบสัมภาษณ์นักเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อการสัมภาษณ์	ข้อที่	ค่าดัชนี			IOC	ผล การประเมิน
		ความสอดคล้อง				
		1	2	3		
เพื่อศึกษาจิตนิสัยทางสะเต็มที่นักเรียนได้รับการพัฒนาระหว่างเรียนและกระบวนการหรือกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน						
1. ในขณะที่ทำกิจกรรม นักเรียนกระทำสิ่งใด	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
2. นักเรียนคิดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่จัดให้ช่วยพัฒนานักเรียนในด้านใดบ้าง และกิจกรรมลักษณะใดที่ช่วยพัฒนาลักษณะดังกล่าว	7	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
เพื่อศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีของครูในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม						
3. ในการจัดการเรียนรู้ ครูช่วยกระทำสิ่งใด	1	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	5	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้
	6	1	1	1	1.00	นำไปใช้ได้

ภาคผนวก ค
แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม และ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็ม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

รหัสประจำตัว.....เลขที่.....ชั้น.....

คำชี้แจง

1. แบบประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อประเมินจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. แบบประเมินจิตนิสัยนั้น คำตอบทุกข้อไม่มีข้อผิด ข้อถูก และไม่มีการเปิดเผย แต่จะนำเสนอในรูปแบบของภาพรวมของผลวิจัย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้
3. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ช่องที่ตรงกับการปฏิบัติของนักเรียน โดยมีเกณฑ์ระดับพฤติกรรมการปฏิบัติเป็น 4 ระดับ ดังนี้

มาก	หมายถึง นักเรียนแสดงพฤติกรรมดังกล่าวทุกครั้ง
ปานกลาง	หมายถึง นักเรียนแสดงพฤติกรรมดังกล่าวบางครั้ง
น้อย	หมายถึง นักเรียนแสดงพฤติกรรมดังกล่าวน้อยครั้ง
ไม่มีการปฏิบัติ	หมายถึง นักเรียนไม่แสดงพฤติกรรมดังกล่าวเลย

ข้อ	รายการแสดงพฤติกรรม	ระดับการแสดงพฤติกรรมปฏิบัติ			
		มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มี การปฏิบัติ
ด้านความสนใจใฝ่รู้ (ข้อ 1-6)					
1	นักเรียนใช้ข้อมูลจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ในการระบุประเด็นปัญหา				
2	นักเรียนชอบซักถามจากผู้รู้ เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา				
3	นักเรียนพยายามค้นหาแนวทาง กระบวนการ /วิธีการใหม่ ๆ ในการนำมาใช้แก้ปัญหา				
4	นักเรียนชอบทดสอบ หรือทดลอง เพื่อหาคำตอบในสิ่งที่ตนเองอยากรู้				
5	นักเรียนใช้การทดสอบ หรือทดลอง เพื่อตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้				
6	นักเรียนพยายามปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องจนบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ และได้ประสิทธิผลที่ดีที่สุด				
ด้านความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ (ข้อ 7-12)					
7	นักเรียนระบุประเด็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์				
8	นักเรียนทำการตรวจสอบข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่ง ก่อนที่จะนำข้อมูลมาใช้				
9	นักเรียนมีการกำหนดบทบาท ขั้นตอน หน้าที่ของสมาชิกอย่างชัดเจน ในการทำงานกลุ่ม				
10	นักเรียนจัดกลุ่มข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการทำนายผล				
11	นักเรียนสรุปผล ตามข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้				
12	นักเรียนนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ				

ข้อ	รายการแสดงพฤติกรรม	ระดับการแสดงพฤติกรรมปฏิบัติ			
		มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มี การปฏิบัติ
ด้านการคิดบูรณาการ (ข้อ 13-20)					
13	นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับการเลือกใช้ทรัพยากรที่นำมาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา				
14	นักเรียนบอกความเกี่ยวข้องขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาได้				
15	นักเรียนสามารถบอกองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาได้				
16	นักเรียนสามารถบอกองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี ที่นำมาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาได้				
17	นักเรียนสามารถบอกองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาได้				
18	นักเรียนสามารถบอกองค์ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาได้				
19	นักเรียนสามารถสรุปข้อบกพร่อง หรือจุดด้อยที่พบในกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้				
20	นักเรียนสามารถสรุปข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้				
ด้านการยอมรับในเหตุและผล (ข้อ 21-26)					
21	นักเรียนมีการสำรวจตรวจสอบ เพื่อหาหลักฐาน และแนวคิดมาประกอบในการแก้ปัญหา				
22	นักเรียนมีการอ้างอิงหลักฐาน เพื่อประกอบคำอธิบายในการแก้ปัญหา				
23	นักเรียนมีการให้เหตุผล และอ้างอิงหลักฐาน เพื่อประกอบการโต้แย้ง				

ข้อ	รายการแสดงพฤติกรรม	ระดับการแสดงพฤติกรรมปฏิบัติ			
		มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มี การปฏิบัติ
24	นักเรียนรับฟังคำอธิบาย หรือข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น ถ้าข้อมูล และหลักฐานมีความน่าเชื่อถือ				
25	นักเรียนพร้อมที่จะรับฟังคำวิจารณ์ถ้ามีบุคคลอื่นวิจารณ์แนวคิดหรือแนวทางในการแก้ปัญหา				
26	นักเรียนมีการนำข้อเสนอแนะ หรือ ข้อสรุปที่ได้จากการอภิปราย หรือการโต้แย้ง มาใช้ในการปรับปรุง แก้ไข การแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้				
ด้านความสามารถในการสื่อสาร (ข้อ 27-34)					
27	นักเรียนชี้แจงรายละเอียดของปัญหาโดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์				
28	นักเรียนสามารถชี้แจงคุณลักษณะของผลผลิตที่ได้จากการพัฒนา ปรับปรุง เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา				
29	นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการออกแบบได้				
30	นักเรียนอธิบายรายละเอียดของแนวทางหรือวิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา				
31	นักเรียนเลือกใช้สื่อประกอบที่หลากหลาย ในการนำเสนอข้อมูล				
32	นักเรียนจะสร้างแผนภาพ หรือกราฟ มาประกอบการอธิบาย หรือนำเสนองาน				
33	นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น เพื่ออภิปรายโต้แย้ง โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์				

ข้อ	รายการแสดงพฤติกรรม	ระดับการแสดงพฤติกรรมปฏิบัติ			
		มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มี การปฏิบัติ
34	ถ้าสมาชิกส่วนใหญ่ มีความคิดเห็นสอดคล้องกัน นักเรียนจะไม่อภิปรายโต้แย้ง ถึงแม้ว่าจะไม่เห็นด้วย				
ด้านการสร้างนวัตกรรม (ข้อ 35-42)					
35	นักเรียนจะพยายามคิดวิธีการ หรือแนวทางแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายแตกต่างกันให้มากที่สุด				
36	นักเรียนสามารถวาดภาพร่าง แนวคิด หรือแบบจำลองเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา				
37	นักเรียนสามารถระบุรายละเอียดของภาพร่างแนวคิด หรือแบบจำลองเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา				
38	นักเรียนลงมือปฏิบัติในการสร้างชิ้นงาน				
39	นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงานที่ออกแบบ				
40	นักเรียนได้ปรับปรุง ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้				
41	นักเรียนมีการพิจารณาถึงต้นทุน และประสิทธิผลที่เกิดขึ้นในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา				
42	นักเรียนจะประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นก่อนที่จะเลือกวิธีการแก้ปัญหา				



คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ
2. ให้นักเรียนระบายวงกลม ● ในข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

- หลักการทํางานของเทอร์มอมิเตอร์ ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อของเหลวในเทอร์มอมิเตอร์
ก. ได้รับความร้อนจะเกิดการหดตัว ข. ได้รับความเย็นจะเกิดการหดตัว
ค. ได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว ง. ข้อ ก และ ข
- จากรูปภาพอุปกรณ์ใดที่ใช้หลักการของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการหดตัว

ที่มา: www.Guru.sanook.com

- [illegible]

เรื่อง พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ

5. “ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสภาพของแข็งเป็นของเหลวโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน”

หมายถึงข้อใด

ก. การหลอมเหลว

ข. การกลายเป็นไอ

ค. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว

ง. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

6. มานะทดลองโดยเอาแผ่นกระจกไปอังเหนือไอน้ำเดือดพบว่าหยดน้ำเกาะที่แผ่นกระจก

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการเปลี่ยนสถานะในข้อใด

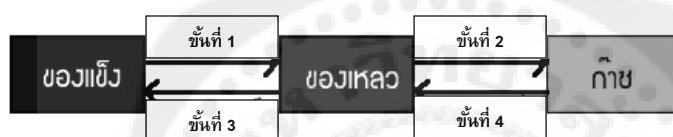
ก. ของแข็งเป็นของเหลว

ข. ของเหลวเป็นของแข็ง

ค. ของเหลวเป็นแก๊ส

ง. แก๊สเป็นของเหลว

7.



จากรูปภาพการเปลี่ยนสถานะของไอน้ำเดือดเป็นน้ำ จะเริ่มเกิดขึ้นในขั้นตอนใด และเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานในแบบใด

ก. ขั้นที่ 4 โดยการคายพลังงานความร้อน

ข. ขั้นที่ 3 โดยการคายพลังงานความร้อน

ค. ขั้นที่ 4 โดยการดูดพลังงานความร้อน

ง. ขั้นที่ 3 โดยการดูดพลังงานความร้อน

8. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

1. การทำน้ำแข็ง เป็นการดูดพลังงานความร้อน

2. การเกิดไอน้ำในอากาศ เป็นการคายพลังงานความร้อน

3. การต้มน้ำให้เดือด เพื่อนำไปชงกาแฟ เป็นการดูดพลังงานความร้อน

ก. ข้อ 3

ข. ข้อ 1,2

ค. ข้อ 1,3

ง. ข้อ 2,3

9. ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของแนฟทาซีนมีค่า 36 cal/g ถ้าทำให้นแนฟทาซีน

10 เปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวต้องใช้ความร้อนเท่าไร

ก. 10 cal

ข. 36 cal

ค. 300 cal

ง. 360 cal

10. จงหาค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้ไอน้ำมวล 10 g กลายเป็น น้ำเดือดทั้งหมด โดย
พลังงานที่ใช้เป็นการดูดความร้อนหรือคายความร้อน
- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| ก. คายความร้อน จำนวน 540 cal | ข. ดูดความร้อน จำนวน 540 cal |
| ค. คายความร้อน จำนวน 1,000 cal | ง. ดูดความร้อน จำนวน 1,000 cal |
11. ในการทำให้น้ำที่อุณหภูมิ 20 °C มีอุณหภูมิเป็น 70 °C ต้องใช้น้ำเท่าไรถ้า
พลังงานความร้อนที่ใช้ไป 4,000 cal
- | | |
|----------|------------|
| ก. 80 g | ข. 80 cal |
| ค. 800 g | ง. 800 cal |

เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

12. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน โดยความร้อนสามารถถ่ายโอนจาก
- | |
|---|
| ก. บริเวณของวัตถุทั้ง 2 ที่มีมวลต่างกัน |
| ข. บริเวณของวัตถุทั้ง 2 ที่มีปริมาตรต่างกัน |
| ค. บริเวณของวัตถุทั้ง 2 ที่มีอุณหภูมิต่างกัน |
| ง. บริเวณของวัตถุทั้ง 2 ที่มีความหนาแน่นต่างกัน |
13. การส่งยางลบจากนักเรียนที่นั่งด้านหน้าห้องไปยังนักเรียนที่นั่งหลังห้อง” เปรียบเสมือนการถ่าย
โอนความร้อนแบบใด
- | | |
|---------------------|---------------|
| ก. พาความร้อน | ข. นำความร้อน |
| ค. แผ่รังสีความร้อน | ง. ถูกทุกข้อ |
14. วัตถุคู่ใดต่อไปนี้ เป็นฉนวนความร้อนที่ดี
- | | |
|----------------------|------------------------|
| ก. ผ้า และ ไม้ | ข. เหล็ก และ ไม้ |
| ค. พลาสติก และ เหล็ก | ง. ยาง และ อะลูมิเนียม |

15. จากความรู้ เรื่อง การนำความร้อน ถ้านักเรียนต้องใช้ทัพพีชนิดใด และ เพราะเหตุใด
จะเลือกใช้ทัพพีชนิดใด และ เพราะเหตุใด

1. ทัพพีโลหะ เพราะว่า โลหะ เป็นตัวนำความร้อนที่ดีกว่า ไม้
2. ทัพพีโลหะ เพราะว่า โลหะ ยอมให้ความร้อนผ่านได้ดีกว่า ไม้
3. ทัพพีไม้ เพราะว่า ไม้ เป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่า โลหะ
4. ทัพพีไม้ เพราะว่า ไม้ ยอมให้ความร้อนผ่านได้น้อยกว่า โลหะ

ก. ข้อ 1,2

ข. ข้อ 2,3

ค. ข้อ 3,4

ง. ข้อ 2,4

16. “ภาชนะหุงต้มมักทำด้วยโลหะ และที่จับภาชนะมักทำด้วยพลาสติก” เกี่ยวข้อง
การถ่ายโอนความร้อนแบบใด

- ก. การแผ่รังสีความร้อน
- ข. การพาความร้อน
- ค. การกระจายความร้อน
- ง. การนำความร้อน

17. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนแบบการพาความร้อน

1. จะเกิดในของแข็งเท่านั้น
2. ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อน
3. ตัวกลางเคลื่อนที่ไปกับพลังงานความร้อน

ก. ข้อ 1,2

ข. ข้อ 2,3

ค. ข้อ 1,3

ง. ข้อ 1,2,3

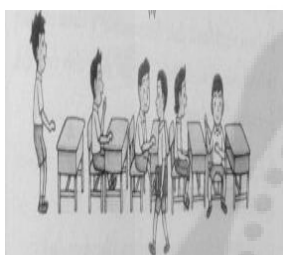
18. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ ลมบก ลมทะเล

- ก. ลมบกเกิดเวลากลางวัน เนื่องจากพื้นน้ำคายความร้อนได้ดีกว่าพื้นดิน
- ข. ลมทะเลเกิดเวลากลางวัน เนื่องจากพื้นดินรับความร้อนได้ช้ากว่าพื้นน้ำ
- ค. ลมบกเกิดเวลากลางคืน เนื่องจากพื้นน้ำคายความร้อนได้ช้ากว่าพื้นดิน
- ง. ลมทะเลเกิดเวลากลางคืน เนื่องจากพื้นดินรับความร้อนได้ดีกว่าพื้นน้ำ

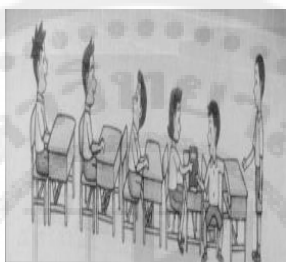
19. การส่งยางลบโดยนักเรียนที่นั่งด้านหน้าห้องโยนไปยังนักเรียนที่นั่งหลังห้อง” เปรียบเสมือนการถ่ายโอนความร้อนแบบใด

- ก. การนำความร้อน
- ข. การพาความร้อน
- ค. การแผ่รังสีความร้อน
- ง. การกระจายความร้อน

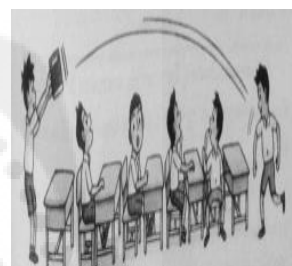
20. จากรูปภาพ หมายเลข 1,2,3 เป็นการถ่ายโอนความร้อนแบบใด ถ้า กำหนดให้หนังสือเปรียบเสมือนพลังงานความร้อน และตัวนักเรียน เปรียบเสมือนอนุภาคของสาร



1



2



3

- | | | |
|---------------------|------------------|------------------|
| ก. นำความร้อน | พาความร้อน | แผ่รังสีความร้อน |
| ข. แผ่รังสีความร้อน | พาความร้อน | นำความร้อน |
| ค. พาความร้อน | นำความร้อน | แผ่รังสีความร้อน |
| ง. พาความร้อน | แผ่รังสีความร้อน | นำความร้อน |

เรื่อง การดูดกลืนและการคายความร้อน

21. วัตถุใดที่สามารถดูดกลืนความร้อนได้ดีที่สุด

- ก. ถุงพลาสติกสีน้ำตาล
- ข. ถุงพลาสติกสีขาว
- ค. ถุงพลาสติกสีแดง
- ง. ถุงพลาสติกสีดำ

22. “ถ้าต้องการให้บ้านไม่ร้อนในตอนกลางวัน นิดาได้เลือกใช้สีขาวเพื่อทาสีบ้าน

นักเรียนคิดว่า นิดาเลือกทาสีบ้านได้อย่างเหมาะสม หรือไม่เพราะเหตุใด

- ก. เหมาะสม เพราะว่า สีขาวดูดกลืนความร้อนได้ไม่ดี
- ข. ไม่เหมาะสม เพราะว่า สีขาวทำให้บ้านสกปรกง่าย
- ค. ไม่เหมาะสม เพราะว่า สีขาวคายความร้อนได้ดี
- ง. เหมาะสม เพราะว่า สีดำสกปรกยาก

เรื่อง สมดุลความร้อน

23. “สถานะที่วัตถุถ่ายโอนความร้อนให้แก่กันจนกระทั่งอุณหภูมิของวัตถุทั้ง 2 เท่ากัน” หมายถึง
- ก. สมดุลความร้อน
 - ข. การพาความร้อน
 - ค. การแผ่รังสีความร้อน
 - ง. การกระจายความร้อน
24. กิจกรรมในข้อใดที่เกี่ยวข้องกับสมดุลความร้อน
- ก. ใจดีเติมน้ำเย็นลงในน้ำร้อน
 - ข. ตำทาสีบ้านด้วยสีเหลืองเข้ม
 - ค. แดงจับที่หูหิ้วของกระทิกน้ำร้อน
 - ง. พ้าใส่เสื้อสีขาวเมื่อต้องยืนกลางแดด
25. “ถ้าเทน้ำที่มีอุณหภูมิ 80°C ใส่แก้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง แล้ววัดอุณหภูมิ ปรากฏว่ามีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของอากาศ” ข้อความนี้เกี่ยวข้องกับข้อใด
- ก. การนำความร้อน
 - ข. สมดุลความร้อน
 - ค. การพาความร้อน
 - ง. การกระจายความร้อน

เรื่อง ผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุ

26. ข้อใดกล่าวถูกต้อง
1. วัตถุเมื่อคายความร้อนจะมีปริมาตรเล็กลง
 2. วัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะมีการขยายตัวได้ไม่เท่ากัน
 3. ของแข็งต่างชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวได้ไม่เท่ากัน

ก. ข้อ 1,2

ข. ข้อ 1,3

ค. ข้อ 2,3

ง. ข้อ 1,2,3

27. สิ่งที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำดื่ม น้ำอัดลม น้ำปลา ไม่บรรจุจนเต็มขวด เพราะเหตุใด

1. เพื่อความสวยงาม

2. เพื่อลดต้นทุนการผลิต

3. เพื่อป้องกันการระเบิดของภาชนะที่บรรจุ

4. เพื่อเว้นที่ว่างสำหรับการขยายตัวของของเหลว

ก. ข้อ 1,4

ข. ข้อ 2,3

ค. ข้อ 3,4

ง. ข้อ 2,4

28. เราสามารถนำความรู้เรื่อง การขยายตัวของของเหลวเมื่อได้รับความร้อนมา
ใช้ประดิษฐ์เครื่องมือชนิดใด

ก. เครื่องชั่งสปริง

ข. เทอร์มอมิเตอร์

ค. กล้องจุลทรรศน์

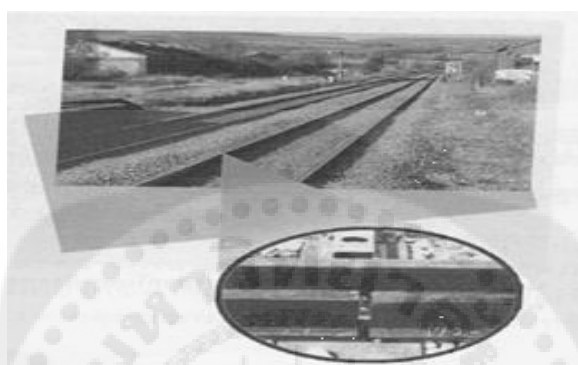
ง. เครื่องชั่งน้ำหนัก

29. จากรูปภาพ เพราะเหตุใดการชิงสายไฟฟ้าแรงสูงจึงต้องเป็นเช่นนั้น



ที่มา : Dusit/Shutterstock.com

- ก. เพื่อความสวยงาม
 - ข. เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย
 - ค. เพื่อความสะดวกรวดเร็ว
 - ง. เพื่อป้องกันการหดตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำ
30. จากรูปภาพ เพราะเหตุใดจึงต้องเว้นช่องว่างระหว่างรอยต่อของรางรถไฟ



ที่มา : ยุพา วรยศ และคณะ. 2551. ชุดการเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์ ม.1.

- ก. เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย
- ข. เพื่อความสะดวกรวดเร็ว
- ค. เพื่อป้องกันการหดตัวเมื่ออุณหภูมิสูง
- ง. เพื่อป้องกันการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูง

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็ม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พลังงานความร้อน
เรื่อง การนำความร้อนและการพาความร้อน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
เวลา 180 นาที

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 5.1 : เข้าใจความความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงานผลของการใช้พลังงานต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

สังเกต และอธิบายการถ่ายโอนความร้อน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เพื่อให้นักเรียนสรุปความหมายของการถ่ายโอนความร้อน และอธิบายหลักการถ่ายโอนความร้อนแบบ การนำความร้อน และการพาความร้อนได้
2. เพื่อให้เรียนอธิบายการใช้ประโยชน์ของการนำความร้อน และการพาความร้อนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
3. เพื่อให้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการนำความร้อน และการพาความร้อน เพื่อออกแบบในการประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ไก่
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีจิตนิสัยทางสะอาด

สาระสำคัญ

การถ่ายโอนความร้อน พลังงานความร้อนสามารถถ่ายโอนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ การถ่ายโอนความร้อนมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

การนำความร้อน เกิดขึ้นเมื่อ ของแข็งได้รับความร้อน โมเลกุลจะสั่นเร็วขึ้นทำให้โมเลกุลข้างเคียงสั่น เกิดการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยโมเลกุลของสารไม่ได้เคลื่อนที่ไปด้วย

ตัวนำความร้อน คือ วัตถุที่ยอมให้ความร้อนผ่านได้มาก ได้แก่ โลหะ เช่น เงิน ทองแดง เหล็ก อะลูมิเนียม

ฉนวนความร้อน คือ วัสดุที่ไม่ยอมให้ความร้อนผ่านหรือผ่านได้เพียงเล็กน้อย ได้แก่ ไม้ แก้ว พลาสติก และยาง

การพาความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนเมื่อของเหลวหรือแก๊สได้รับความร้อนแล้ว ถ่ายโอนโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปด้วย เช่น การเกิดลมทะเล การเกิดลมบก

การเกิดลมทะเล เกิดขึ้นในเวลากลางวัน เนื่องจากพื้นดินรับความร้อนได้ดีกว่าพื้นน้ำ อากาศเหนือพื้นดินขยายตัว และลอยตัวขึ้น อากาศเหนือพื้นน้ำที่เย็นกว่าจะพัดเข้ามาแทนที่ นั่นคือ ลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง

การเกิดลมบก เกิดขึ้นในเวลากลางคืน เนื่องจากพื้นดินคายความร้อนได้ดีกว่าพื้นน้ำ อากาศเหนือพื้นน้ำ ขยายตัว และลอยตัวขึ้น อากาศเหนือพื้นดินที่เย็นกว่าจะพัดเข้ามาแทนที่ นั่นคือ ลมพัดจากพื้นดินออกสู่ทะเล

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นการจัดกิจกรรม	การดำเนินกิจกรรม
ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นการระบุปัญหา และตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยครูมีการให้คำแนะนำแนวทาง เพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน เพื่อจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	1. นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด โรงเรียนได้พานักเรียนเดินทางไกล และมีการเข้าค่ายเพื่อพักค้างแรม ในช่วงประกอบอาหารเพื่อรับประทาน ถ้ากลุ่มของนักเรียนไม่ได้นำอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ไก่มา นักเรียนจะมีวิธีการใดที่จะสามารถต้มไข่ไก่ และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถนำมาต้มไข่ไก่ได้



ที่มา: <http://www.aooale.co.th/>ไข่

กิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรม	การดำเนินกิจกรรม
ขั้นสร้างความสนใจ(Engagement) เป็นขั้นที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นการระบุปัญหา และตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยครูมีการให้คำแนะนำ แนวทาง เพื่อให้ นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการกำหนดประเด็นปัญหา ปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน เพื่อจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา	2. นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น โดยครูใช้คำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะเลือกวัสดุในการประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ไก่ และตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่นำมาสร้างอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสนใจใฝ่รู้) โดยคำถาม อาทิเช่น 2.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ประเด็นปัญหาคืออะไร (ต้องการอุปกรณ์สำหรับต้มไข่ไก่) และนักเรียนทราบได้อย่างไร 2.2 มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา ดังกล่าวคือ (ความรู้เรื่อง การนำความร้อน ตัวนำความร้อน ฉนวนความร้อน และการพาความร้อน) และ นักเรียนได้มาอย่างไร กระบวนการที่ใช้ในกรณีที่นักเรียนไปไม่ถึงเป้าหมาย ครูมีแนวทางดังต่อไปนี้คือ ครูต้องเชื่อมโยงแนวคิด วิทยาศาสตร์กับความรู้เดิมของนักเรียน โดยการสรุปแนวคิด วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง 2.3 ในการระบุประเด็นปัญหา ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา นักเรียนมีวิธีการอย่างไร และได้มาอย่างไร 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแนวทางในการแก้ปัญหา และสรุปแนวทางในการแก้ปัญหา (ต้องประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับต้มไข่ไก่) จากนั้นบันทึกข้อมูลลงในใบบันทึกกิจกรรม 4. ครูสรุปเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับต้มไข่ไก่ (ครูใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนได้สะท้อนการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการระบุประเด็นปัญหา โดยใช้คำถาม อาทิเช่น - นักเรียนมีแนวทาง / กระบวนการอย่างไรที่สามารถระบุประเด็นปัญหา ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาได้ - นักเรียนพบปัญหาในการทำกิจกรรมหรือไม่ และแก้ไขปัญหายังไง)

กิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรม	การดำเนินกิจกรรม
ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อหาประจักษ์พยาน โดยครูมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบาย ค้นหาแนวทาง หรือยุทธวิธีในการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำมาใช้ในการวางกรอบแนวคิดในการดำเนินการสำรวจ ค้นหา จัดระบบ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้	5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนในการทำงาน สืบค้น และเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้เกิดการคิดไตร่ตรอง วางแผน (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ) ดังนี้ 5.1 ถ้าต้องการให้งานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จ นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร 5.2 หากต้องการให้ได้ข้อมูลอย่างครบถ้วน ครอบคลุมและน่าเชื่อถือควรทำอย่างไร 5.3 ในการกำหนดบทบาท ขั้นตอน และดำเนินงานของแต่ละกลุ่ม มีการดำเนินการอย่างไร 6. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน และบันทึกผล และสรุปองค์ความรู้ที่ได้เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของสาร ลงในใบบันทึกผลการทดลอง 7. นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน เพื่อให้ทราบถึง ความหมาย และหลักการของของการถ่ายโอนความร้อน แบบการนำความร้อนและการพาความร้อน เพื่อที่จะนำมาใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ไก่ โดยร่วมอภิปราย และตอบคำถาม ในประเด็นคำถาม (ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้คำถาม อาทิเช่น - นักเรียนทำอย่างไรจึงได้องค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา)

กิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรม	การดำเนินกิจกรรม
ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนนำหลักฐานที่ค้นพบมาเชื่อมโยงเพื่ออธิบายแนวคิดและสรุปหลักการของความรู้ที่ได้ โดยครูเปิดโอกาสและคอยอำนวยความสะดวกในการแสดงความคิดเห็น นำเสนอแนวคิด เพื่อให้ นักเรียนได้มีการเลือกใช้ ผูกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็มที่นำมาใช้ในการอธิบายและลงข้อสรุป	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกัน สรุปหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับ การถ่ายโอนความร้อน แบบการนำความร้อน และการพาความร้อน โดยเลือกใช้วิธีการในการนำเสนออย่างเหมาะสม (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านความสามารถในการสื่อสาร) 9. เปิดโอกาสให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มได้ อภิปราย ชักถาม โดยครูใช้คำถามช่วยกระตุ้นนักเรียน (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการยอมรับในเหตุและผล) อาทิเช่น 9.1 จากข้อสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ นักเรียนคิดว่ามีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ เพราะเหตุใด (มีการตรวจสอบแหล่งข้อมูล และทบทวนความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ) 9.2 ถ้าข้อสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แตกต่างจากสมาชิก นักเรียนจะมีแนวทางอย่างไร (มีการรับฟังคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งของบุคคลอื่น พร้อมจะเปลี่ยนแปลงแนวคิดถ้ามีหลักฐานและข้อมูลที่น่าเชื่อถือ) (ครูใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนได้สะท้อนการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการสรุปหลักการ อธิบายแนวคิด โดยใช้คำถาม อาทิเช่น - นักเรียนมีแนวทาง / กระบวนการอย่างไรบ้าง จึงสามารถสรุปหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา)

กิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรม	การดำเนินกิจกรรม
ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ร่วมกันวิเคราะห์ และกำหนดทางเลือกแนวทางแก้ปัญหา การวางแผน การออกแบบ การเลือกวัสดุ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยมีการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อต่อยอดความรู้ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และวิเคราะห์เชื่อมโยงการทำงานหรือชิ้นงาน นำความรู้ที่เกี่ยวข้องไปสู่งานอาชีพ โดยครูมีการกระตุ้น เปิดโอกาส และอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนได้มีการเลือกใช้ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็ม ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหา ต่อยอดความรู้ หรือนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่	10. นักเรียนร่วมกันคิดวิเคราะห์ เพื่อใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงความรู้ทาง เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบอุปกรณ์สำหรับต้มไข่ไก่ (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการคิดแบบบูรณาการ) โดยครูชี้แจงข้อกำหนดเงื่อนไข เกี่ยวกับ ระยะเวลาในการทำงาน เกณฑ์ในการทำงาน 11. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ออกแบบประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับต้มไข่ไก่ พร้อมทั้งระบุ ทรัพยากร และข้อจำกัดที่นำมาใช้ในการออกแบบ และเหตุผลในการเลือก โดยมีครูให้การช่วยเหลือ ชักถามแนวคิดที่ใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับต้มไข่ไก่ การเลือกวัสดุต่าง ๆ จากนั้นบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการสร้างนวัตกรรม) 12. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ออกแบบ โดยวาดภาพร่างภาษาสำหรับต้มไข่ไก่ ตามที่ออกแบบไว้ มีการระบุส่วนประกอบต่าง ๆ โดยมีครูเข้ามาช่วยกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถวาดภาพร่างแนวคิดได้อย่างชัดเจน จากนั้นบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการสร้างนวัตกรรม) 13. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ประดิษฐ์อุปกรณ์สำหรับต้มไข่ไก่ ตามที่ออกแบบไว้ 14. นักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองการใช้และประเมินผลการใช้อุปกรณ์สำหรับต้มไข่ไก่ ที่สร้างขึ้น จากนั้นบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม 15. นักเรียนร่วมกันอภิปราย โดยครูใช้คำถามว่า “ความรู้ที่นักเรียนได้รับ สามารถนำไปสู่การประกอบอาชีพใดได้บ้าง” _ (ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนการใช้จิตนิสัยทางสะเต็มในการขยายความรู้ โดยใช้คำถาม อาทิเช่น - นักเรียนทำอย่างไร จึงสามารถออกแบบ กระบวนการ หรือสร้างเครื่องมือ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้)

กิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรม	การดำเนินกิจกรรม
ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่ประเมินการเรียนรู้และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา มีการตรวจสอบปรับปรุงแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการสะท้อนความคิดเห็นต่อคำตอบ การตรวจสอบชิ้นงานของเพื่อนร่วมชั้น โดยครูมีการให้คำแนะนำแนวทางในการประเมินพฤติกรรมการใช้ เพื่อให้ นักเรียนมีการเลือกใช้ ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาจิตนิสัยทาง สะเต็ม ที่นำมาใช้ในการ ประเมินผลความสำเร็จของ ผลงาน	16. นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย ประเมินผลสำเร็จของ ชิ้นงาน ทั้งจากตนเอง และเพื่อนสมาชิก ระบุปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงที่นำมาใช้แก้ปัญหา (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็มด้านการสร้างนวัตกรรม) จากนั้น บันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม 17. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปชิ้นงานที่ดีที่สุด โดย อภิปรายในแง่มุมทางด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และ ผลกระทบที่เกิดขึ้น (กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทาง สะเต็มด้านการยอมรับในเหตุและผล) 18. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับความหมายและ หลักการ การถ่ายโอนความร้อนแบบการนำความร้อน และการพา ความร้อน (ครูใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนได้สะท้อนการใช้จิตนิสัยทาง สะเต็มในการประเมินผล โดยใช้คำถาม อาทิเช่น - นักเรียนมีแนวทาง / กระบวนการ อย่างไรในการนำมาใช้ ประเมินความสำเร็จของชิ้นงาน)

กิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรม	การดำเนินกิจกรรม
ขั้นการสะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็ม (Reflection of STEM Habits of Mind) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความหมายและคุณค่าของจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้เกิดการยอมรับและเห็นประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม นำมาใช้ในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่แฝงอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เมื่อมีการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดยกระบวนการดังกล่าวนี้ในช่วงแรกครูจะต้องชี้แนะให้คำแนะนำ อธิบายเพื่อยกตัวอย่างพฤติกรรมที่สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มให้นักเรียนได้รู้จักและหลังจากนั้นครูจะลดบทบาทการให้คำแนะนำ คำแนะนำ โดยให้นักเรียนได้สะท้อนจิตนิสัยทางสะเต็มด้วยตนเองมากขึ้น	19. ครูยกตัวอย่างพฤติกรรมในชั้นเรียนที่นักเรียนได้ใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม พร้อมทั้งรวมอภิปรายให้เห็นถึงความหมาย ลักษณะและประโยชน์ของการใช้จิตนิสัยทางสะเต็ม โดยใช้คำถาม อาทิเช่น 19.1 นักเรียนได้ใช้ยุทธวิธีใดบ้างในการนำมาใช้ในการระบุประเด็นปัญหา (ชอบซักถาม ความมุ่งมั่นในการทำงาน ความพยายามค้นหาแนวทางใหม่ ๆ) 19.2 ยุทธวิธี หรือพฤติกรรมที่ยกตัวอย่างนั้น ช่วยให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ อย่างไร (เช่น การมีความคิดในการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากบุคคลอื่น จะมีจิตนิสัยทางสะเต็มด้านการสร้างนวัตกรรม) 19.3 นักเรียนใช้จิตนิสัยทางสะเต็มอะไรบ้าง และจิตนิสัยทางสะเต็มมีประโยชน์อย่างไร (ความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ ซึ่งสามารถทำให้เราสามารถเก็บรวบรวมข้อมูล การวางแผนในการทำงาน) 20. นักเรียนร่วมสรุปจิตนิสัยทางสะเต็มที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด และประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผล	เกณฑ์การวัด และประเมินผล
1. สรุปความหมายของ การถ่ายโอนความร้อน และ อธิบายหลักการถ่ายโอน ความร้อนแบบ การนำความร้อน และการพาความร้อนได้	สังเกตและประเมิน การตอบคำถาม	-	ตอบคำถามได้ ร้อยละ 60 ขึ้นไป
2. อธิบายการใช้ประโยชน์ของ การนำความร้อน และการพา ความร้อนที่เกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวัน พร้อมทั้ง ยกตัวอย่างได้	สังเกตและประเมิน การตอบคำถาม	-	ตอบคำถามได้ ร้อยละ 60 ขึ้นไป
3. สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง การนำความร้อน และการพา ความร้อน เพื่อ ออกแบบในการประดิษฐ์อุปกรณ์ สำหรับการต้มไข่ไก่	ตรวจใบบันทึก กิจกรรม	แบบบันทึก กิจกรรม	ปฏิบัติกิจกรรม ครบถ้วนตามที่ กำหนด
4. จิตนิสัยทางสะอาดเต็ม	สังเกตจากพฤติกรรม ในขณะที่ทำกิจกรรม	แบบประเมิน พฤติกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับดี ร้อยละ 60 ขึ้นไป

สื่อการเรียนรู้

วัสดุอุปกรณ์

1. แก้วกระดาด ขนาด 6 และ 8 ออนซ์
2. กล่องนมเล็กตาชอย ขนาด 250 และ 300 มิลลิลิตร
3. กล่องนมดัชมิลค์ ขนาด 90 และ 180 มิลลิลิตร
4. น้ำเปล่า
5. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมตระแกรงและที่กั้นลม
6. ไขไก่ จำนวน 2 ฟอง
7. ไม้บรรทัด ขนาดยาว 30 เซนติเมตร
8. ไม้เสียบลูกชิ้น
9. ตะเกียบ
10. เส้นลวด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร
11. กรรไกร / คัตเตอร์

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุดโรงเรียน
2. ห้องสืบค้นทางอินเทอร์เน็ต
3. ใบความรู้เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน : การนำความร้อนและการพาความร้อน

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหาอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้สอน
(.....)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ...

ใบบันทึกกิจกรรม

วัน.....เดือน.....พ.ศ.....

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

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

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลจากการระดมความคิดเห็น ตามประเด็น ดังต่อไปนี้

นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด

โรงเรียนได้พานักเรียนเดินทางไกล และมีการเข้าค่ายเพื่อพักค้างแรม ในช่วงประกอบอาหารเพื่อรับประทาน ถ้ากลุ่มของนักเรียนไม่ได้นำอุปกรณ์สำหรับการต้มไข่ไก่มา นักเรียนจะมีวิธีการใดที่จะสามารถต้มไข่ไก่ได้ และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถนำมาต้มไข่ไก่ได้



ที่มา: <http://www.google.co.th/> ไข่

1. ระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ไขปัญหา และเงื่อนไขที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

จากวัสดุอุปกรณ์ ที่กำหนดให้

1. แก้วกระดาษ ขนาด 6 และ 8 ออนซ์
2. กล่องนมเล็กตาชอย ขนาด 250 และ 300 มิลลิลิตร
3. กล่องนมดัชมิลค์ ขนาด 90 และ 180 มิลลิลิตร
4. น้ำเปล่า
5. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมตระแกรงและที่กั้นลม
6. ไขไก่ จำนวน 2 ฟอง
7. ไม้บรรทัด ขนาดยาว 30 เซนติเมตร
8. ไม้เสียบลูกชิ้น
9. ตะเกียบ
10. เส้นลวด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร
11. กรรไกร / คัตเตอร์

2. นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุชนิดใดในการทำ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

3. เขียนภาพร่าง..... พร้อมทั้งระบุส่วนประกอบที่ใช้ในการสร้าง



4. ผลการนำไปใช้จริง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. การประเมินผลงาน

.....

.....

.....

.....

.....

6. แนวทางในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#####

ใบบันทึกผลการทดลอง เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

ตอนที่ 1 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของโลหะ

วัตถุประสงค์ เพื่อ ทดลองเกี่ยวกับการการถ่ายโอนความร้อนของโลหะโดยการนำความร้อนได้

วัสดุ อุปกรณ์

รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1. แผ่นอะลูมิเนียม	1 ใบ
2. ไม้บรรทัด	1 อัน
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์	1 อัน
4. เทียนไข	1 เล่ม
5. ไม้ขีดไฟ	1 กลั๊ก
6. ขาตั้ง พร้อม ขอต้อ	1 อัน
7. ไม้หนีบ	1 อัน

วิธีการทดลอง

- กำหนดตำแหน่งการหยดเทียนไขอยู่ห่างเท่ากัน จุดเทียนไขแล้วหยดเทียนไขลงบนแผ่นอะลูมิเนียม 4 หยด ทิ้งไว้สักครู่
- ติดตั้งแผ่นอะลูมิเนียมเข้ากับที่จับหลอดทดลอง จัดให้ปลายทั้งสองด้านของแผ่นอะลูมิเนียมอยู่

ในแนวระดับ

- นำตะเกียงแอลกอฮอล์จุดไฟไปลงที่ปลายแผ่นอะลูมิเนียม
- สังเกตการเปลี่ยนแปลงของหยดเทียนไข บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกผล

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 1

ตำแหน่งที่หยดเทียนไข	ลำดับการตก (1,2,3,4)

สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 1

- สรุปผลเกี่ยวกับลำดับของการตกของตำแหน่งที่หยดเทียนไข

.....

.....

.....

- สรุปผลเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนของแผ่นอะลูมิเนียม

.....

.....

.....

#####

วัน.....เดือน.....พ.ศ.....

ตอนที่ 2 เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของน้ำ

วัตถุประสงค์ เพื่อ ทดลองเกี่ยวกับการการถ่ายโอนความร้อนของน้ำโดยการพาความร้อนได้

วัสดุ อุปกรณ์

รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1. บีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ
2. เทอร์มอมิเตอร์	2 อัน
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์	1 อัน
4. ต่างทับทิม	10 เกล็ด
5. ขาดังพร้อมข้อต่อ	1 อัน
6. ไม้หนีบ	1 อัน
7. ที่กั้นลมพร้อมตะแกรงลวด	1 ชุด
8. ไม้ขีดไฟ	1 กลั๊ก
9. น้ำ	200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

วิธีการทดลอง

1. ใส่น้ำลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วใส่เกล็ดต่างทับทิมลงในบีกเกอร์ 4-5 เกล็ด
2. จัดอุปกรณ์โดยใช้เทอร์มอมิเตอร์ 2 อัน จุ่มลงในบีกเกอร์ ให้ปลายกระเปาะของเทอร์มอมิเตอร์
อันแรกอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำลงไปเล็กน้อย ส่วนเทอร์มอมิเตอร์อันที่สอง ให้กระเปาะอยู่สูงจากผิวน้ำเล็กน้อย
3. ต้มน้ำในบีกเกอร์ด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ 7-8 นาที สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเกล็ดต่างทับทิม และวัดอุณหภูมิของน้ำจากเทอร์มอมิเตอร์ทั้ง 2 อัน บันทึกผล

ตารางบันทึกการทดลอง ตอนที่ 2

ตำแหน่งที่หยดเทียนไข	ผลสังเกต
อุณหภูมิของน้ำที่วัดจากเทอร์มอมิเตอร์ ทั้ง 2 อัน	
การเคลื่อนที่ของต่างแท่ง	

สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 2

- สรุปผลเกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำที่วัดจากเทอร์มอมิเตอร์ 2 อัน

.....

.....

.....

- สรุปผลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเกล็ดต่างแท่ง

.....

.....

.....

- สรุปผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์กันของการเคลื่อนที่ของเกล็ดต่างแท่งและอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์มอมิเตอร์ทั้ง 2 อัน

.....

.....

.....

วัน.....เดือน.....ปี.....

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวอนงค์นาฏ คุรุณรัมย์
วันเดือนปีเกิด	28 กันยายน 2515
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	4 หมู่ 8 ตำบลทุ่งกระตาดพัฒนา อำเภอหนองกี่ จังหวัดบุรีรัมย์
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงานในปัจจุบัน	โรงเรียนเมืองตลุงพิทยาสรรพ์ ตำบลประโคนชัย อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ 31140
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2533	ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์
พ.ศ. 2538	ครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) เกียรตินิยมอันดับ 2 จากสถาบันราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. 2544	ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2561	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ