



การพัฒนาแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริม
สมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

DEVELOPMENT OF THE ASSESSMENT AS LEARNING MODEL IN STEM EDUCATION
FOR ENHANCING THE COMPETENCY OF GRADE 8 STUDENTS AT DEMONSTRATION

ณัฐธยาน์ เลขาวัฒนพงษ์

การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริม
สมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม



ณัฐธยาน์ เลขะวัฒนพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF THE ASSESSMENT AS LEARNING MODEL IN STEM EDUCATION
FOR ENHANCING THE COMPETENCY OF GRADE 8 STUDENTS AT DEMONSTRATION
SCHOOLS UNDER MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE, RESEARCH AND
INNOVATION



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY
(Doctor of Philosophy Program in Educational Measurement Evaluation and Research)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University
2023
Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริม
สมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ของ

ณัฐธยาน์ เลขะวัฒนพงษ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค) (รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิจิต เชียรชนะ)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธากา)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ผู้วิจัย	ณัฐธยาน์ เลขะวัฒนพงษ์
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. อองอาจ นัยพัฒน์

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 2) เพื่อประเมินคุณภาพรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และ 3) เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ ครูที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 และลงทะเบียนเรียนรายวิชาสนักคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา แบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพการวัดประเมินในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต (R_1) ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (D_1) ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (R_2) และระยะที่ 4 การพัฒนาเครื่องมือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (D_2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ จำนวน 3 แผน 2) แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 3) แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน 4) แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และ 5) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ การดำเนินการวิจัยใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน โดยใช้การสัมภาษณ์และใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริงรูปแบบ randomized pretest-posttest control group design การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ เนื้อหา และ Hotelling's T^2 ผลการวิจัย พบว่า 1. รูปแบบการประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ 1) การชี้แจงและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการวัดประเมิน และ 2) กิจกรรมการเรียนรู้การสอน ที่ดำเนินการตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา บูรณาการร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ การวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินเพื่อน การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ 2. รูปแบบฯ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินคุณภาพรูปแบบภาพรวม เท่ากับ 4.42 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมาก และ 3. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติมีคะแนนสมรรถนะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสมรรถนะหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, สมรรถนะของผู้เรียน, การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

Title	DEVELOPMENT OF THE ASSESSMENT AS LEARNING MODEL IN STEM EDUCATION FOR ENHANCING THE COMPETENCY OF GRADE 8 STUDENTS AT DEMONSTRATION SCHOOLS UNDER MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE, RESEARCH AND INNOVATION
Author	NATTHAYA LEKHAWATTHANAPONG
Degree	DOCTOR OF PHILOSOPHY
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Assistant Professor Panida Sakuntanak , Ph.D.
Co Advisor	Professor Ong-art Naiyapatana , Ph.D.

The purposes of this research are as follows: (1) to develop quality; (2) to evaluate the quality; and (3) to conduct a study on the effect of using the assessment as a learning model in STEM education. The research sample were five teachers with experience in organizing STEM learning and 52 eighth-grade students enrolled in the Fun STEM activities subject. There were 26 participants in each group. This study was research and development divided into four phases: (1) to study the conditions of measuring and evaluating STEM Education at Demonstration School (R_1); (2) to develop the assessment as a learning model in STEM education (D_1); and (3) to study the results of using the assessment as learning model in STEM education (R_2) and (4) to develop a user manual for using the assessment as learning model in STEM education (D_2). The research instruments were as follows: (1) three lesson plans for learning assessment and three lesson plans on traditional assessment; (2) an Integrated STEM knowledge test; (3) a Learner Autonomy test; (4) a Student Engagement Test; and (5) creative problem-solving ability tests. The data were collected by using interviews, a pretest-posttest control group design and were analyzed by using mixed methods, content analysis and Hotelling's T^2 . The research results revealed that the model consisted of two steps: (1) the clarification and discussion about measurement and evaluation; and (2) teaching activities that follow a six-step process of organizing STEM education, including Problem Identification, Related Information Search, Solution Design, Planning and Development, Testing, Evaluation and Design Improvement and Presentation integrated with assessment as learning, including using questions to check learning, self-assessment, peer evaluation, writing a reflective message and writing learning logs. The model has an average overall quality score of 4.42 and classified as a high quality. Moreover, the experimental group who received the assessment as learning in STEM education model and the control group who received regular STEM education model had a higher post-test score of competency than pre-test score. The experimental group had a higher post-test scores of competency than control group.

Keyword : STEM Education, Assessment as Learning, Learner Competency

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากความกรุณาอย่างยิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์หลัก และศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำที่มีคุณค่าอย่างยิ่งในทุกขั้นตอนการทำปริญญานิพนธ์ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นไปด้วยความถูกต้องและเหมาะสม ตลอดจนให้การดูแลเอาใจใส่ ให้กำลังใจ และคอยติดตามความก้าวหน้าในการทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิชิต เชียรชนะ ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธการ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านในการให้สัมภาษณ์ และการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย และคณาจารย์ในภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านเป็นอย่างสูงที่เสียสละเวลาและกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารและคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่ได้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยและให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน และคอยให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์เสมอมา และขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษาทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และให้การช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

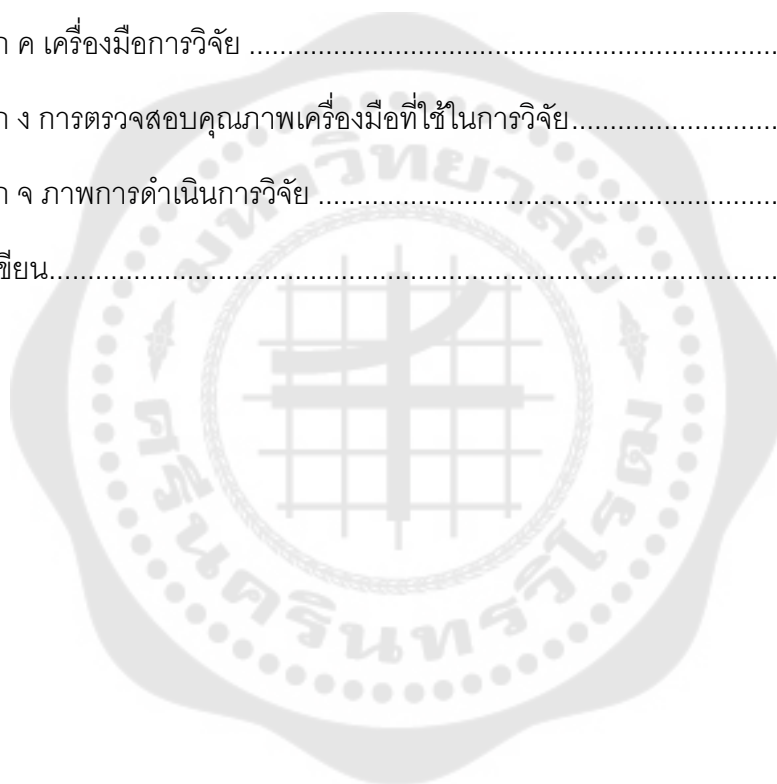
ณัฐธยาน์ เลนะวัฒนพงษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
คำถามการวิจัย.....	9
ความมุ่งหมายการวิจัย.....	10
ความสำคัญของการวิจัย	10
ขอบเขตการวิจัย	11
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	15
กรอบแนวคิดในการวิจัย	18
สมมติฐานการวิจัย.....	21
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
ตอนที่ 1 การวัดประเมินการเรียนรู้ (Learning assessment)	24
ตอนที่ 2 การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)	28
ตอนที่ 3 สะเต็มศึกษา (STEM Education)	56
ตอนที่ 4 การวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ (Competency-Based Pathways Assessment)	67
ตอนที่ 5 สมรรถนะของผู้เรียน	82

5.1 ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	83
5.2 คุณลักษณะของผู้เรียน	91
5.2.1 ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy)	91
5.2.2 ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement)	121
5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)	133
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	144
ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (R1)	145
ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (D ₁)	147
ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะ เต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (R ₂)	149
ระยะที่ 4 การพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (D ₂)	181
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	182
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียน สาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม	183
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบ	188
ตอนที่ 3 ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (R ₂)	203
ระยะที่ 4 การพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (D ₂)	223
บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ	235
สรุปผลการวิจัย	235
2. การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการ	236

อภิปรายผล	239
ข้อเสนอแนะ	247
บรรณานุกรม	250
ภาคผนวก.....	262
ภาคผนวก ก ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย	263
ภาคผนวก ข เอกสารจริยธรรมการวิจัย	271
ภาคผนวก ค เครื่องมือการวิจัย	274
ภาคผนวก ง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	361
ภาคผนวก จ ภาพการดำเนินการวิจัย	387
ประวัติผู้เขียน.....	391



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ลักษณะของกระบวนการวัดประเมินในชั้นเรียน	24
ตาราง 2 จุดประสงค์ของการวัดประเมินในบริบทที่บทบาทของครูแตกต่างกัน	26
ตาราง 3 ลักษณะของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)	30
ตาราง 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)	49
ตาราง 5 การวิเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	65
ตาราง 6 สรุปเครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรความเป็นอิสระของผู้เรียน	104
ตาราง 7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) ในต่างประเทศ	112
ตาราง 8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) ในประเทศไทย	118
ตาราง 9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) ในต่างประเทศ	131
ตาราง 10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ในต่างประเทศ	141
ตาราง 11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ในประเทศไทย	142
ตาราง 12 จำนวนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียน สาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จังหวัดกรุงเทพมหานคร	151
ตาราง 13 การเปรียบเทียบการวัดประเมินสำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	154
ตาราง 14 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้	158
ตาราง 15 โครงสร้างแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	160

ตาราง 16 องค์ประกอบและการให้คะแนนของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละสถานการณ์.....	169
ตาราง 17 องค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินคุณภาพผลงาน	174
ตาราง 18 การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	179
ตาราง 19 สรุปสาระสำคัญของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ฯ	188
ตาราง 20 รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	193
ตาราง 21 รายละเอียดรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในแต่ละกิจกรรม	194
ตาราง 22 ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	202
ตาราง 23 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	205
ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนระหว่างผู้เรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	208
ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติของตัวแปร	209
ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามแต่ละคู่	211
ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ Box's M ของตัวอย่างวิจัย	211
ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง	212
ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม.....	213

ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของคะแนนหลังเรียนของคะแนนเฉลี่ยความรู้ แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	214
ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของแต่ละตัวแปร	214
ตาราง 32 ผลการเปรียบเทียบคะแนนคุณภาพผลงานหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	215
ตาราง 33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของตัวแปรตาม	222
ตาราง 34 ขั้นตอนและกิจกรรมในรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา.....	226
ตาราง 35 รายละเอียดรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในแต่ละกิจกรรม	227

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	20
ภาพประกอบ 2 พีระมิดการวัดประเมินแบบดั้งเดิม	27
ภาพประกอบ 3 พีระมิดการวัดประเมินแบบใหม่	27
ภาพประกอบ 4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	60
ภาพประกอบ 5 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	62
ภาพประกอบ 6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	63
ภาพประกอบ 7 โมเดลการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ	71
ภาพประกอบ 8 แนวทางการประเมินสมรรถนะอย่างต่อเนื่อง	81
ภาพประกอบ 9 แผนภาพแนวโน้มของโมเดลความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน	128
ภาพประกอบ 10 โมเดล Double Helix ของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน.....	128
ภาพประกอบ 11 โมเดลการแก้ปัญหาของ Osborn-Parnes.....	135
ภาพประกอบ 12 กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ Isaksen, Dorval, & Treffinger	137
ภาพประกอบ 13 กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตาม Learner's Model based on work of G.J. Puccio, M. Mance, M.C. Murdock, B. Miller, J. Vehar, R. Firestien, S. Thurber, & D. Nielsen (2011)	138
ภาพประกอบ 14 ขั้นตอนการวิจัย	144
ภาพประกอบ 15 รูปแบบการวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed methods research) รูปแบบเชิงฝังตัว (Embedded design)	149
ภาพประกอบ 16 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	206

ภาพประกอบ 17 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	206
ภาพประกอบ 18 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง	207
ภาพประกอบ 19 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม	207
ภาพประกอบ 20 Normal Q-Q plot ของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา (ซ้ายสุด) ความเป็นอิสระของผู้เรียน (ภาพ 2 จากซ้าย) ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (ภาพ 3 จากซ้าย) และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (ขวาสุด).....	210
ภาพประกอบ 21 รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	225

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันความรู้และเทคโนโลยีเกิดการพัฒนาอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในทุกแวดวง ไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรม การเงิน การตลาด เศรษฐกิจโลก หรือแม้กระทั่งการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ทั้งนี้วงการการศึกษาที่เช่นกันจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ตลอดโดยนำเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นมาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอน (ปัญญพล เกตราพูนสินไชย, 2565, น.94-95) ทำให้ประเทศไทยจึงได้มีการพัฒนาหลักสูตรฐานสมรรถนะเพื่อสร้างคนไทยให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ มีความสามารถและศักยภาพในการดำรงชีวิต ปรับตนให้พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งจะแข่งขันและร่วมมืออย่างสร้างสรรค์ในเวทีโลก โดยหลักการสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรฐานสมรรถนะ คือ เป็นหลักสูตรที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) การใช้สื่อและสถานการณ์การเรียนรู้ร่วมสมัย มีความหลากหลายและยืดหยุ่น ตามความสนใจ ความถนัดของผู้เรียน (Differentiated Instruction) บริบท จุดเน้นของสถานศึกษา และชุมชนแวดล้อม (CBE Thailand, 2564) โดยการจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมด้วยกระบวนการสืบเสาะเพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้จากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวและสืบเสาะเพื่อไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นฐานในการคิดและต่อยอด ดังนั้น กระบวนการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการคิดวิเคราะห์มากกว่าการจำ เช่น การเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาเป็นฐาน (Problem Base Learning) การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project Base Learning) และสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นต้น (ภัสราภรณ์ สหะกิจ, 2564, น. 129-130)

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากมีการบูรณาการองค์ความรู้แบบสหวิทยาการทั้ง 4 ศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ประกอบกับมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ความรู้นั้นในชีวิตประจำวัน (Bybee, 2010, pp.996; STEM EDUCATION THAILAND, 2014) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ความสามารถและทักษะการปฏิบัติ รวมทั้งคุณลักษณะและเจตคติต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป็นวิสัยทัศน์ของการพัฒนาหลักสูตรฐานสมรรถนะในประเทศไทย นั่นคือ

ผู้เรียนต้องมีสมรรถนะหลัก ความรู้ (Knowledge) คุณลักษณะ (Attribute) และทักษะ (Skill) เพื่อการเป็นผู้เรียนรู้ ผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรม และเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง (CBE Thailand, 2564) ดังนั้น การวัดประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาควรมีการวัดประเมินทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ และวัดประเมินการบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อการสร้างผลงาน (Project assessment) ซึ่งมุ่งเน้นการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) ทั้งด้าน ความรู้ ความสามารถ (Performance assessment) และภาคปฏิบัติ (Practical assessment) (Vasquez, 2013 อ้างถึงใน วัชรภรณ์ อมรศักดิ์, 2563, น.22) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการ พัฒนาหลักสูตรสมรรถนะในประเทศที่กล่าวว่า การวัดประเมินผลการเรียนการสอนควรมุ่งใช้การ วัดประเมินเพื่อการพัฒนาและสะท้อนสมรรถนะของผู้เรียนตามเกณฑ์การปฏิบัติที่เป็นธรรมชาติ เชื่อมโยงได้ เชื่อมต่อการถ่ายโยงการเรียนรู้และพัฒนาในระดับที่สูงขึ้นตามระดับความสามารถ (CBE Thailand, 2564) ซึ่งการวัดประเมินความรู้และความสามารถของผู้เรียนตามสภาพจริงหรือการ ปฏิบัติจะแสดงถึงความก้าวหน้าและสมรรถนะที่ผู้เรียนมีเพื่อจะสามารถดำรงชีวิตต่อไปได้อย่างมีความสุขและประสบความสำเร็จ

การวัดประเมินในชั้นเรียน ได้แก่ 1) การวัดประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of Learning) เป็นการวัดประเมินแบบดั้งเดิมที่ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการวัดประเมินผล ซึ่งเป็นการวัดประเมินสรุปผล (Summative assessment) ส่วนใหญ่ครูมักใช้การประเมินผลการเรียนรู้ โดยเน้นที่การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามความจริงและใช้สำหรับการจัดกลุ่มผู้เรียนหรือรายงาน การตัดสินผล 2) การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) เป็นการวัดประเมิน เพื่อวินิจฉัยและให้ข้อเสนอแนะในแต่ละขั้นตอนของผู้เรียนรายบุคคล เป็นการวัดประเมิน ความก้าวหน้าระหว่างเรียน (Formative assessment) และให้โอกาสผู้เรียนได้ปรับปรุงคะแนน หรือพัฒนาให้ดีขึ้น และ 3) การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการวัด ประเมินที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักรู้ถึงการเรียนรู้ของตนเอง โดยผู้เรียนจะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญ ในการวัดประเมินความรู้ตนเอง และนำไปพัฒนาเพื่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ ซึ่งจัดเป็นการวัดประเมิน ความก้าวหน้าระหว่างเรียน (Formative assessment) (Earl, 2003, pp.21,26; อัจฉรา ประเสริฐ สิ้น และคณะ, 2564, น.25) มุ่งเน้นการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) จาก การปฏิบัติของผู้เรียน และความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานจริง เช่น การวัดประเมินจากการปฏิบัติ หรือผลงาน (Performance Assessment) การวัดประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio assessment) การวัดประเมินตนเอง (self-assessment) การวัดประเมินโดยเพื่อน (peer assessment) และการวัดประเมินผลในรูปแบบสถานการณ์จำลอง โดยต้องมีการกำหนดเกณฑ์ใน

การวัดประเมิน ดังนั้น จึงเป็นการวัดประเมินแบบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced) (Bergsmann et al, 2015, pp.8; ทิศนา ขัมมณี, 2562; อัจศรา ประเสริฐสิน และคณะ, 2564, น.25) โดยมุ่งเน้นการวัดประเมินองค์รวมของความรู้ ทักษะ เจตคติและคุณลักษณะ จากพฤติกรรม การกระทำและการปฏิบัติ และจำเป็นต้องมีหลักฐานปรากฏและสามารถตรวจสอบได้ จากที่กล่าวมาข้างต้น การวัดประเมินผลฐานสมรรถนะจะมุ่งเน้นที่การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เพื่อส่งเสริมกระบวนการรู้คิดหรืออภิปัญญา (Metacognition) และช่วยให้ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ (Suresh Kumar & Aithal, 2019, pp.130; ทิศนา ขัมมณี, 2562; อัจศรา ประเสริฐสิน และคณะ, 2564, น.27)

ทั้งนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้จะเหมาะสมกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเกิดการบูรณาการองค์ความรู้เดิมไปใช้ในชีวิตประจำวันและการทำงานซึ่งเป็นหลักการสำคัญของการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ โดยการวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียนมุ่งเน้นการวัดประเมินเพื่อพัฒนา และขับเคลื่อนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะการวัดประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ และให้ความสำคัญกับสมรรถนะเฉพาะซึ่งครอบคลุมความรู้ ทักษะ คุณลักษณะและเจตคติ ซึ่งการวัดประเมินเพื่อพัฒนาควรดำเนินการระหว่างการจัดการเรียนรู้เป็นระยะ ซึ่งเป็นการแสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาผู้เรียน รวมถึงส่งเสริม ชี้นำการเรียนรู้ในลำดับต่อไป และวางแผนเป้าหมายและเส้นทางการเรียนรู้ในอนาคต นอกจากนี้ ผู้เรียนควรมีส่วนร่วมในการวัดประเมินตนเองและเพื่อน เพื่อพัฒนาทักษะในการกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อวิเคราะห์การเรียนรู้ รวมทั้งเพื่อเพิ่มแรงจูงใจและกำกับการเรียนรู้ของตนเอง (CBE Thailand, 2564) ในงานวิจัยนี้จะใช้กระบวนการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ประกอบกับการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) จากการปฏิบัติของผู้เรียน และความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานจริง เช่น การวัดประเมินจากการปฏิบัติหรือผลงาน (Performance Assessment) ของผู้เรียน ซึ่งเป็นการวัดประเมินแบบองค์รวมของความรู้ คุณลักษณะ และทักษะจากพฤติกรรมที่แสดงออกและผลงานที่เกิดจากการปฏิบัติที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์และสามารถตรวจสอบได้

นอกจากนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ไม่เพียงแต่เป็นการวัดประเมินด้านความรู้ และทักษะที่เกิดจากการปฏิบัติเท่านั้น ยังมีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ยังส่งผลต่อคุณลักษณะของผู้เรียนเกี่ยวกับความเป็นอิสระของผู้เรียน (Ministry of Education, 2010; Manitoba Education, 2006) และความยืดหยุ่นของผู้เรียน (Munns & Woodward,

2006) ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการเรียนรู้อย่างยั่งยืนหรือการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยการเรียนรู้อย่างยั่งยืนและการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งเป็นหนึ่งในหลักการสำคัญของหลักสูตรฐานสมรรถนะเช่นกัน

การเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 เน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางซึ่งนักเรียนจะต้องมีความพร้อมในการเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการเรียนการสอน (Ardi, 2017, pp.55) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะต่างๆ เช่น ความสามารถทางเทคโนโลยี การรู้จักคิด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความเป็นอิสระของผู้เรียน หรือการเรียนรู้แบบพึ่งพาตนเอง (Muhammad, 2020, pp.320) โดยเฉพาะในด้านความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) เป็นแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรายบุคคล ซึ่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีการใช้คำที่หลากหลายในตัวเองว่าเป็นอิสระของผู้เรียน เช่น “Learner independence” (Smith, 2008, pp.396) “Learner’s freedom” (Little, 2007) และ Student’s Autonomy (Muhammad, 2020, pp.320) เป็นการจัดการการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตโดยปราศจากการควบคุมจากครูและเป็นการเข้าถึงการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง หรืออาจจะบริบทของการเรียนทางไกล (Smith, 2008, pp.395) แต่ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) จะมีความแตกต่างจากการเรียนรู้ด้วยตนเอง (self-instruction), การเข้าถึงด้วยตนเอง (Self-access) การศึกษาด้วยตนเอง (Self-study หรือ self-education), การเรียนรู้นอกชั้นเรียน (Out-of-class learning) หรือการเรียนทางไกล (Distance learning) ซึ่งเป็นวิธีการเรียนหรือระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยความเป็นอิสระของผู้เรียนจะมีความหมายที่กว้างกว่า ความเป็นอิสระ หมายถึง ความสามารถและทัศนคติในการในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง รับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง และรับผิดชอบในการตัดสินใจทั้งหมดเกี่ยวกับการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดจุดประสงค์ การกำหนดเนื้อหาและความก้าวหน้า การเลือกวิธีการและเทคนิคที่ใช้ การกำกับติดตาม และการวัดประเมิน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ วิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองไม่ได้มีความหมายเช่นเดียวกับความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) (Dafei, 2007, pp.5)

ในอดีตมีการอ้างอิงทฤษฎีของ Howard Gardner ในปี 1993 โดย Gardner ได้แบ่งผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม 1 คือ ผู้เรียนที่ใช้สัญชาตญาณ (The intuitive learner) เป็นผู้เรียนที่มีการเรียนภาษาและระบบสัญลักษณ์อย่างยอดเยี่ยม และพัฒนาทฤษฎีต่างๆ ไปใช้ในชีวิตประจำวัน กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มผู้เรียนแบบปกติ (The traditional student) เป็นกลุ่มผู้เรียนวัยรุ่นที่มีอายุช่วง 17-20 ปี ที่มีความสามารถในการอ่านและเขียน มีแนวคิด มีวินัยภายในโรงเรียน ซึ่งจะ

มีการประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะที่คล้ายกับบริบทที่พบเจอในโรงเรียน และกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มผู้มีวินัยเป็นเลิศ (The disciplinary expert) สามารถเป็นผู้เรียนได้ทุกวัยที่มีแนวคิดและทักษะของความรู้มีความสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีในสถานการณ์ใหม่ๆ ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผู้เรียนที่มีความเป็นอิสระจะเป็นผู้เรียนกลุ่มที่ 3 ตามทฤษฎีของ Gardner โดยความเป็นอิสระของผู้เรียนเป็นการเรียนรู้รายบุคคล และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้ในปัจจุบันและการเรียนรู้ในอนาคตได้ โดยผู้เรียนที่มีความรับผิดชอบมีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จในเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง และมีความเป็นไปได้สูงที่จะมีเจตคติที่ดีในการเรียนรู้ในอนาคต โดยการสนับสนุนให้ผู้เรียนเป็นกลุ่มผู้มีวินัยเป็นเลิศ (The disciplinary expert) ผู้สอนจะมีความเกี่ยวข้องอย่างยิ่ง โดยผู้สอนควรให้ความรู้ที่เป็นสากลและมีความแตกต่างกันรายบุคคล มีความเหมาะสมระหว่างการฝึกฝนหรือพัฒนา ความรู้ที่ได้ควรมีการวัดในเชิงปฏิบัติซึ่งเป็นการวัดพัฒนาการของความเป็นอิสระของแต่ละบุคคลและควรตระหนักถึงรูปแบบความแตกต่างกันที่ผู้เรียนสามารถนำไปปรับใช้ในทางที่เป็นประโยชน์มากที่สุด นอกจากนี้ Gardner ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนรู้ว่า มนุษย์ทุกคนมีเครื่องมือทางปัญญาในการเรียนรู้แต่มีรูปแบบการคิด (Cognitive style) และรูปแบบการเรียนรู้ (Learning style) ที่แตกต่างกัน โดยรูปแบบการคิดไม่ได้เป็นสิ่งที่มาตั้งแต่กำเนิด ต้องได้รับการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงได้โดยการเรียนรู้จากประสบการณ์ผ่านการใช้กลยุทธ์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละบุคคลให้เหมาะสมกับรูปแบบการเรียนรู้ของแต่ละคน ซึ่งหมายความว่า ผู้เรียนทุกคนไม่จำเป็นต้องมีเป้าหมายหรือสิ่งที่จะเรียนรู้ (Learning task) ที่เหมือนกัน และวิธีการเรียนรู้ก็แตกต่างกันซึ่งเป็นกลยุทธ์ในการเรียนรู้ (Learning strategies) ของผู้เรียน โดยกลยุทธ์ในการเรียนรู้สามารถสอนหรือฝึกฝนได้ เพื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบการคิดได้เช่นกัน (Gardner, 1993) ดังนั้น การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นควรจะเน้นไปที่ความต้องการทางปัญญาของผู้เรียนมากกว่าการวัดรูปแบบการเรียนรู้และความสามารถในการประสบความสำเร็จ และการที่ผู้เรียนสามารถจัดการกับผลกระทบต่างๆ การรับรู้และเข้าใจการเรียนรู้ของตนเองเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายใน (Internalization) ซึ่งเป็นการกระทำที่เป็นไปอย่างอัตโนมัติและนำไปสู่การประสบความสำเร็จ (Little, 1995, pp.175-179)

นอกจากนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการวัดประเมินอย่างเป็นระบบซึ่งแทบจะไม่พบกับการวัดประเมินในชั้นเรียนเลยซึ่งการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ควรจะเป็นการวัดประเมินที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน (Earl, 2003, pp.21,26) ก่อปรกับการเรียนรู้ในปัจจุบันควรส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก คือ การตระหนักหรือเห็นความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้และการวัดประเมิน เพื่อเสริมสร้างให้ผู้เรียนมี

กระบวนการรู้คิดอภิปัญญา (Metacognition) โดยกระบวนการรู้คิดอภิปัญญาเป็นเป้าหมายสูงสุดของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนรู้ วางแผน ติดตาม พัฒนา ปรับปรุง ประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ของตนเอง และเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือปรับเปลี่ยนแนวความคิดเพื่อให้ตนเองมีพัฒนาการและความก้าวหน้าสู่ความสำเร็จ อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตเช่นกัน (Lifelong learning) (Earl, 2003, pp.25-28; ทิศนา ขัมมณี, 2558, น.159) ในขณะเดียวกันการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสเป็นทั้งผู้ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้และผู้ประเมิน ซึ่งผู้เรียนจะต้องมีแรงจูงใจภายในในการกระตุ้นการเรียนรู้การเรียนรู้ของตนเองโดยปราศจากการควบคุมจากบุคคลอื่น ดังนั้น ผู้เรียนจะต้องมีความยึดมั่นผูกพันในการเรียน นั่นคือ การมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการเรียนรู้ของตนเองทั้งในด้านร่างกายและจิตใจ (Alexson & Flick, 2010, pp.40) ซึ่งความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของผู้เรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง (Munns & Woodward, 2006, pp.194-195) จะเห็นได้ว่า ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การเข้าเรียน การจบการศึกษา การศึกษาต่อ การตั้งใจเรียน การทำการบ้าน การเตรียมตัวก่อนเรียน และการเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ส่งผลต่อความสำเร็จในการศึกษาและชีวิตของผู้เรียน (Fin & Zimmer, 2012, pp.99, 107) อีกทั้ง จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า กระบวนการในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความยึดมั่นผูกพันในการเรียน เช่น การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) การวัดประเมินผ่านแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) และการวัดประเมินตนเอง (Self-assessment) เป็นต้น (Barkley, 2010, pp.324; (Fuller, 2017) ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) นอกจากนี้ ยังพบว่างานวิจัยความเป็นอิสระของผู้เรียนก็ยังส่งผลต่อความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของผู้เรียนด้วยเช่นกัน (Chiu, 2021; Lui Archambault et al., 2020; Fong, Dillard & Hatcher, 2019; Barkley, 2010)

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการวัดประเมินผลการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาทั้งด้านความรู้ และทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียน รวมทั้งพัฒนาและส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นการวัดประเมินระหว่างเรียนที่เน้นกระบวนการคิดและการเรียนรู้เป็นสำคัญ ผู้เรียนจะต้องตัดสินใจและรับผิดชอบกับการเรียนรู้ของตนเอง รวมทั้งวัดประเมินกระบวนการรู้คิด (Metacognition) กำกับ ปรับปรุง และพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองโดยมีครูเป็นผู้ส่งเสริม สนับสนุนและให้ข้อมูลย้อนกลับ (Earl,

2003, p.26; Manitoba Education, 2006, p.42; Ministry of Education, 2010, pp.28) เมื่อผู้เรียนมีความเป็นอิสระในการเรียนรู้ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญของมนุษย์จะทำให้ผู้เรียนสามารถกำหนดตนเองในการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และรับรู้ความสามารถตนเองได้ทำให้เกิดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนรู้ (Barkley, 2010, pp.85-86) นอกจากนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ยังช่วยให้สารสนเทศในการวินิจฉัยการเรียนรู้ของผู้เรียนและตระหนักถึงการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียนและเป็นประโยชน์กับผู้เรียนมากที่สุดและในขณะเดียวกันผู้เรียนสามารถตระหนักถึงความสามารถ จุดแข็ง และจุดที่ควรพัฒนาของตนเองได้ (Earl, 2003, p.26-27; ทิศนา แหมมณี, 2558, น.157-158)

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะและมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมด้วยกระบวนการสืบเสาะเพื่อไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (ภัสราภรณ์ สหะกิจ, 2564; จักรกฤต ภูซังค์ประเวศ, 2563) และการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ยังส่งผลต่อกระบวนการรู้คิด (Metacognition) และทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ (Manitoba Education, 2006; Ministry of Education, 2010) อีกทั้ง ยังส่งผลต่อคุณลักษณะของผู้เรียนทั้งด้านความเป็นอิสระของผู้เรียน (Shen, Bai & Xue, 2020; Ratminingsih, Marhaeni & Vigayanti, 2018; Loi, 2017; Stephens & Winterbottom, 2010; Ministry of Education, 2010; Manitoba Education, 2006) และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Fulle, 2017; Barkley, 2010; Munns & Woodward, 2006) ดังนั้น จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะขึ้น ทั้งด้านความรู้ คุณลักษณะ และทักษะ ซึ่งในงานวิจัยนี้วัดสมรรถนะด้านความรู้เป็นการวัดความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาซึ่งจะวัดความสามารถทางพุทธิพิสัยและความรู้นั้นจะนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อแสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ซึ่งเป็นการวัดทักษะพิสัย ส่วนด้านคุณลักษณะทั้งความเป็นอิสระของผู้เรียนและความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน เป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานของการพัฒนาการเรียนรู้รายบุคคล การเรียนรู้อย่างยั่งยืน และการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Benson, 2011 as cited in Jing & Benson, 2013) และนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้ได้ (Barkley, 2010, pp.85-86) ดังนั้น เป้าหมายของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมการเกิดสมรรถนะของผู้เรียน ทั้งด้านความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา คุณลักษณะของผู้เรียน ทั้งความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จากที่กล่าวมาข้างต้น การใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้จะมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียนและการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาถือว่าการจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะเนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาความรู้ ความสามารถ ทักษะ เจตคติ และคุณลักษณะต่างๆ ของผู้เรียนจากการปฏิบัติงานหรือการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนจึงเน้นการปฏิบัติแบบบูรณาการเพื่อนำไปสู่การพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นหรือต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ในขณะเดียวกันได้ฝึกฝนการใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเชี่ยวชาญในสมรรถนะนั้นๆ ได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา คณะกรรมการอิสระเพื่อการปฏิรูปการศึกษา, 2564, น.26) จะเห็นได้ว่าลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรฐานสมรรถนะ ประกอบกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นการวัดประเมินผลที่มีประโยชน์กับผู้เรียน ส่งผลต่อการเรียนรู้อย่างยั่งยืนและการเรียนรู้ตลอดชีวิตของผู้เรียนในอนาคต ซึ่งการวัดประเมินนี้ไม่ถูกนำมาใช้ในห้องเรียนมากนัก และยังไม่มีการวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียนโดยใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในเชิงปฏิบัติ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งวิจัยและพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ทั้งด้านความรู้ คุณลักษณะและทักษะ เนื่องจากบริบทของโรงเรียนสาธิตมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากโรงเรียนสังกัด สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน คือ ความเป็นอิสระในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาตามการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน เน้นการศึกษาค้นคว้า การปฏิบัติจริงในลักษณะการบูรณาการทั้งในและนอกห้องเรียน และสอดคล้องกับความต้องการของสังคม โดยสามารถเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกรายวิชาเพิ่มเติมได้ตามความถนัดและความสนใจเพื่อเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้และมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ดังนั้น โรงเรียนสาธิตจึงเป็นโรงเรียนที่ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยเปิดสอนในรายวิชาที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และมีความพร้อมของแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อสะดวกในการสืบค้นข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม, 2562) และผู้วิจัยเลือกศึกษานักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา เนื่องจากการพัฒนาคุณลักษณะของผู้เรียนเป็นการพัฒนาด้านจิตพิสัย ซึ่ง

ถือว่าเป็นการพัฒนาที่ต้องมีการปลูกฝังตั้งแต่ต้น เพื่อให้ผู้เรียนมีความตระหนักรู้และมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ รวมถึงนำไปสู่การต่อยอดคุณลักษณะที่ดีไปในอนาคตต่อไป อีกทั้ง จากการศึกษา งานวิจัย พบว่า ควรพัฒนาคุณลักษณะของผู้เรียนในระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษา ไม่ควร พัฒนาในระดับอุดมศึกษาเพราะผู้เรียนจะมีความเชื่อหรือพฤติกรรมที่เคยชินเกี่ยวกับการเรียนรู้มา ก่อนหน้า ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาค่อนข้างยาก (Basri, 2020) และผู้เรียนใน ระดับมัธยมศึกษามีความเหมาะสมในการเริ่มต้นคิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อนจากสถานการณ์ใน ชีวิตประจำวัน อีกทั้งผู้เรียนในระดับนี้มีความสามารถเพียงพอในการระบุสาเหตุของปัญหา แยก ปัญหาเป็นปัญหาย่อย ๆ สามารถวางแผนและดำเนินการตรวจสอบ ตรวจสอบเลือกวิธีการเก็บ รวบรวมข้อมูลเปรียบเทียบแหล่งข้อมูลและข้อเท็จจริงได้ วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล ลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้องตามการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และสามารถพัฒนาชิ้นงานหรือ วิธีการโดยใช้ความคิดที่แปลกใหม่ที่ไม่ซ้ำใคร หรือพัฒนาต่อยอดความรู้เดิมให้เหมาะสมกับการ บูรณาการนำไปใช้จริงได้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เนื่องจาก นักเรียน ระดับนี้ได้เรียนเนื้อหาตามหลักสูตรที่ทำให้มีความรู้ที่สอดคล้องและเพียงพอที่จะนำไปต่อยอดใน การคิด วิเคราะห์ และสร้างสรรค์ผลงาน จากองค์ความรู้ในเนื้อหาที่เรียนมาก่อนหน้าจนถึง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำถามการวิจัย

1. รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อ ส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการ อุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมควรเป็นอย่างไร

2. รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อ ส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการ อุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มีคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านอรรถประโยชน์ ด้าน ความเป็นไปได้และด้านความเหมาะสมขอบรรรมเป็นอย่างไร

3. ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการ อุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมเป็นอย่างไร ซึ่งมีคำถามการวิจัยรอง ดังนี้

3.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่ม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการ จัดการการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติเป็นอย่างไร

3.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะของผู้เรียนหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติเป็นอย่างไร

ความมุ่งหมายการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

2. เพื่อประเมินคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

3. เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ซึ่งมีความมุ่งหมายรอง ดังนี้

3.1 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ

3.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะของผู้เรียนหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยนี้ทำให้ได้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาซึ่งจัดเป็นการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการบูรณาการองค์ความรู้ในศาสตร์ต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในชีวิตรประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการเรียน การทำงาน หรือการแก้ปัญหาต่างๆ รวมทั้งส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ คุณลักษณะ และทักษะโดยการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ไม่เพียงแต่จะวัดประเมินความรู้ ความสามารถของผู้เรียน และทักษะที่เกิดขึ้นจากการบูรณาการองค์ความรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ เพื่อวินิจฉัยหรือวัดประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียนเท่านั้น แต่การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้อย่างส่งเสริมการมีบทบาทของ

ผู้เรียนในการวัดประเมินตนเอง พร้อมทั้งส่งเสริมคุณลักษณะของผู้เรียนเกี่ยวกับความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน ซึ่งการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการรู้คิดอภิปัญญา (metacognition) ซึ่งเป็นกระบวนการพิจารณาไตร่ตรองกระบวนการคิดและกระบวนการการเรียนรู้ของตนเองได้ รวมถึงส่งเสริมความรับผิดชอบในการวัดประเมินตนเองเพื่อนำไปสู่การวางแผนและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเองโดยปราศจากการควบคุมจากบุคคลหรือปัจจัยอื่นๆ และส่งผลให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ถ้าผู้เรียนสามารถวัดประเมินขณะเรียนรู้ได้จะส่งผลให้ผู้เรียนมีความเป็นอิสระในการเรียนรู้ และมีความยืดหยุ่นผูกพันในการเรียน โดยความเป็นอิสระของผู้เรียนจะส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักและมีทักษะของการเรียนรู้อย่างยั่งยืนหรือการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในยุคสมัยปัจจุบัน และผู้เรียนที่มีความเป็นอิสระในการเรียนรู้มักจะเป็นผู้เรียนที่มีความสุขและเต็มใจที่จะเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนและมีทัศนคติทางบวกต่อการเรียนรู้ ส่วนความยืดหยุ่นผูกพันในการเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนและการตัดสินใจในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง เช่น การเข้าศึกษาต่อ การเข้าเรียน การตั้งใจเรียน การเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ การลาออก หรือการเรียนจนจบการศึกษา เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และนำไปสู่ความสำเร็จทางการศึกษาและยกระดับคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กำหนดขอบเขตการวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ ซึ่งแต่ละระยะมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (R₁)

การศึกษาศภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต โดยผู้วิจัยสัมภาษณ์ครูซึ่งมีประสบการณ์การสอนรายวิชาสะเต็มศึกษาหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ทำให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการวัดประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในบริบทโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและ

นวัตกรรม ซึ่งนำไปสู่การพัฒนา รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ประเด็นที่ศึกษา

ประเด็นที่ศึกษา คือ สภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของ โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (D₁)

การวิจัยระยะที่ 2 เป็นการพัฒนาและประเมินคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ การวัดประเมินฐานสมรรถนะของผู้เรียนเพื่อรวบรวมข้อมูล สํารวจและค้นหาปัจจัยหรือวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้ในห้องเรียนเชิงปฏิบัติภายใต้บริบทการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมกับหลักสูตรฐานสมรรถนะในบริบทการศึกษาไทย รวมถึงศึกษาผลที่ได้จากการสัมภาษณ์อาจารย์ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระยะที่ 1 มาสร้างรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยยึดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้งหมด 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามารวมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs)

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านอรรถประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้ และด้านความเหมาะสมของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 5 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน พร้อมแก้ไขรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นที่ศึกษา

ประเด็นที่ศึกษา ได้แก่ คุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (R₂)

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed method) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยโดยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งแบ่งเป็น แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติสำหรับกลุ่มควบคุม จากนั้นทดลองใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และการเก็บรวบรวมเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

ประชากร

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 10 แห่ง จำนวน 2,260 คน

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ และกลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในระยะที่ 3 มีดังนี้

- 1) ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย
 - 1.1) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
 - 1.2) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ
- 2) ตัวแปรตาม คือ สมรรถนะของผู้เรียน ประกอบด้วย
 - 2.1) ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 2.2) คุณลักษณะของผู้เรียน ได้แก่ ความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยืดหยุ่นของผู้เรียน
- 3) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมอุปกรณ์คัดแยกขนาด กิจกรรมกังหันผลิตไฟฟ้า และกิจกรรมเรือชูชีพ โดยแต่ละกิจกรรมใช้เวลา กิจกรรมละ 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คิดเป็นทั้งหมด 12 คาบ

ระยะที่ 4 การพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (D₂)

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการศึกษาระยะที่ 3 มาปรับปรุงรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แล้วจัดทำคู่มือสำหรับครูในการนำไปประยุกต์ใช้ในห้องเรียนจริง ซึ่งเป็นแนวทางการบูรณา

การการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่มีแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง พร้อมทั้งพัฒนานกระบวนการหรือผลผลิตใหม่ และการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎผ่านการปฏิบัติจริง ควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรม

2. การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) หมายถึง กระบวนการวัดประเมินการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นกระบวนการรู้คิดอภิปัญญาของผู้เรียน เพื่อสร้างความเข้าใจและกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดของตนเอง ประกอบไปด้วยวิธีการและเทคนิค ดังนี้

2.1 การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ หมายถึง การใช้คำถามของผู้สอนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดทบทวนและตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

2.2 การวัดประเมินตนเอง หมายถึง การกำหนดสถานการณ์และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนวัดประเมินการเรียนรู้ของตนเองเพื่อให้ผู้เรียนได้ข้อมูลย้อนกลับจากการพิจารณาคุณภาพของงานนั้นๆ

2.3 การวัดประเมินเพื่อน หมายถึง การกำหนดสถานการณ์และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนวัดประเมินการเรียนรู้ของเพื่อนเพื่อให้ผู้เรียนได้ข้อมูลย้อนกลับจากการพิจารณาคุณภาพของงานนั้นๆ

2.4 การเขียนข้อความสะท้อนการคิด หมายถึง การเขียนข้อความสั้นๆ เพื่อสะท้อนหรือทบทวนกระบวนการคิดและความรู้สึกของตนเองขณะเรียนรู้

2.5 การเขียนบันทึกการเรียนรู้ หมายถึง การบันทึกผลการเรียนรู้ของตนเองหลังเรียนหรือหลังทำกิจกรรม เพื่อสะท้อนและทบทวนการเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงเป็นการวัดประเมินการเรียนรู้ของตนเอง

3. รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีการวัดประเมินทั้งความรู้ คุณลักษณะ และทักษะ ซึ่งเป็นการวัดประเมินตามสภาพจริงจากการปฏิบัติของผู้เรียน และความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานจริง โดยใช้กระบวนการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมกระบวนการรู้คิดอภิปราย ความเข้าใจ การกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง และส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดของตนเองในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ซึ่งรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้

4. สมรรถนะของผู้เรียน (Competency) หมายถึง คุณลักษณะเชิงพฤติกรรมที่เป็นผลมาจากความรู้ คุณลักษณะ และทักษะ ที่ผู้เรียนสามารถบูรณาการร่วมกันระหว่างความสามารถพื้นฐานไปสู่ความสามารถขั้นสูงได้ สามารถสร้างผลงานได้อย่างโดดเด่น ซึ่งสมรรถนะของผู้เรียนมีองค์ประกอบ ดังนี้

4.1 ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง ความเข้าใจหรือความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทั้ง 3 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อตอบคำถามหรือแก้ไขปัญหาโดยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา สามารถวัดได้จากแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นแบบวัดสถานการณ์ โดยยึดตัวชี้วัดระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

4.2 คุณลักษณะของผู้เรียน หมายถึง อุปนิสัย ทักษะคิด และแรงจูงใจ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการแสดงออกที่เป็นไปตามเป้าหมายของบุคคลคนนั้น ซึ่งคุณลักษณะของผู้เรียน ประกอบด้วยตัวแปรดังนี้

4.2.1 ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการเรียนรู้รายบุคคลที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตัดสินใจและ

รับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงควบคุมการเรียนรู้ของตนเองทั้งทางด้านสังคม อารมณ์ และปัญญา โดยวัดจากแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนแบบมาตรฐานค่าแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ

4.2.2 ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) หมายถึง การแสดงออกถึงการมีส่วนร่วม สนใจ และมีความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงการพยายามสร้างการเรียนรู้โดยใช้ความคิดขั้นสูงในการแก้ปัญหาต่างๆ โดยวัดจากแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนแบบมาตรฐานค่าแบบลิเคิร์ท 4 ระดับ

4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการแก้ไขปัญหาแบบปลายเปิดที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้วิธีการที่สร้างสรรค์แปลกใหม่ ในการเข้าถึงปัญหา กำหนดปัญหา สร้าง ออกแบบ พัฒนา วิเคราะห์ ประเมิน เลือกลง และนำเสนอความคิดใหม่ที่หลากหลายไปใช้ในการหาคำตอบ แก้ไข พร้อมทั้งลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล โดยวัดจาก 1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นแบบวัดสถานการณ์ ซึ่งมีองค์ประกอบในการให้คะแนน ได้แก่ การระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหา การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินงานแก้ปัญหา และ 2) การวัดประเมินตามสภาพจริง จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพผลงาน ซึ่งมีองค์ประกอบในการให้คะแนน ได้แก่ 1) ด้านความแปลกใหม่ 2) ด้านการแก้ปัญหา และ 3) ด้านความประณีตและการสังเคราะห์

5. คุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หมายถึง ความถูกต้อง อรรถประโยชน์ ความเป็นไปได้และความเหมาะสมของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน โดยตรวจสอบและประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

5.1 ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาขึ้น มีการจัดการเรียนรู้ที่ถูกต้องตามหลักการการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีกระบวนการจัดการเรียนรู้และบทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนชัดเจนตามวัตถุประสงค์

5.2 อรรถประโยชน์ (Utility) หมายถึง รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาขึ้น สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนการจัดการเรียนรู้ และการพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ความเป็นไปได้ (Feasibility) หมายถึง รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาขึ้น มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง มีความประหยัด คุ่มค่า และสามารถพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้

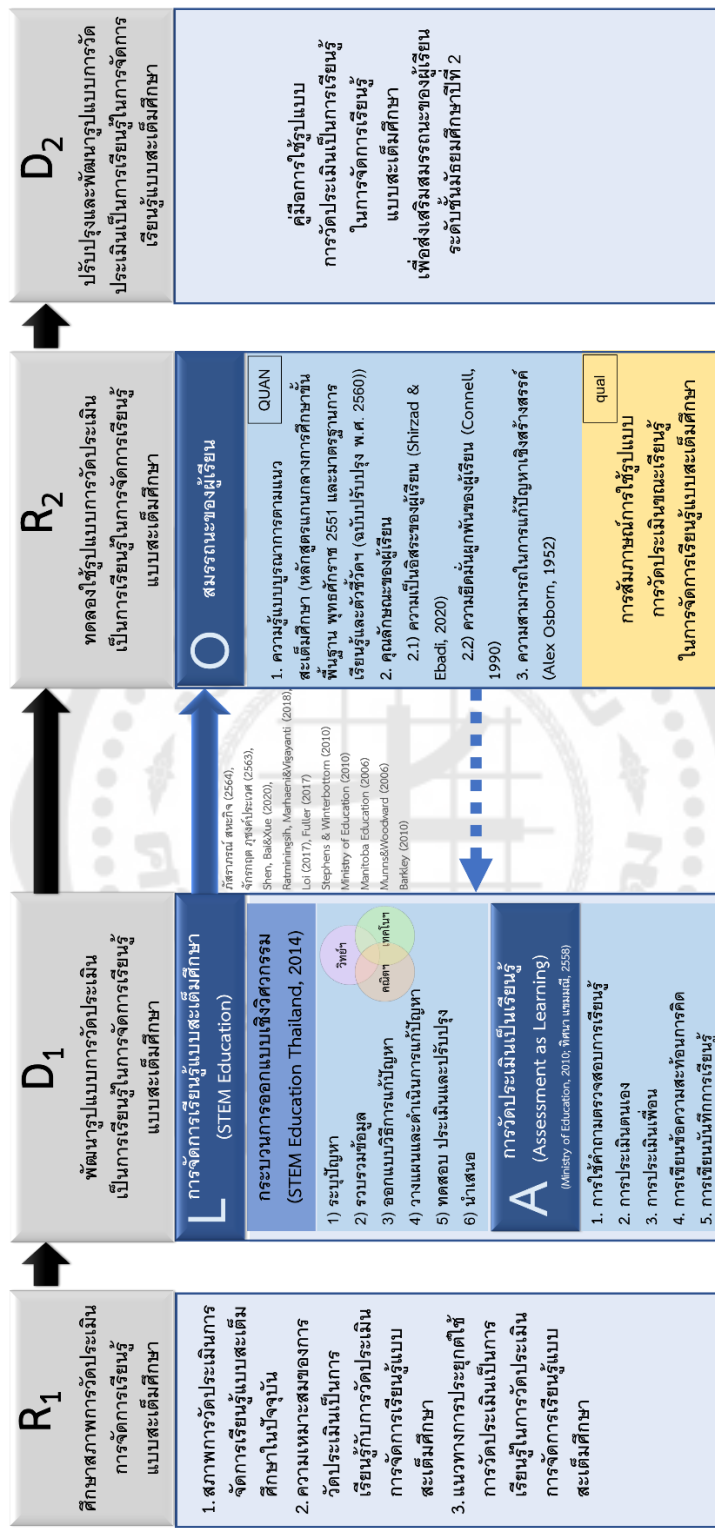
5.4 ความเหมาะสมชอบธรรม (Propriety) หมายถึง รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาขึ้น มีเนื้อหาสาระ กระบวนการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลา สื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์ เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รวมถึงมีความยุติธรรม และคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาซึ่งมีวงจรการวิจัยและพัฒนาเริ่มจากการศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (R_1) ทำให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการวัดประเมินผล การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในบริบทโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ซึ่งนำไปสู่การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (D_1) ซึ่งเป็นการบูรณาการเนื้อหาทั้ง 3 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาคณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (STEM Education Thailand, 2014) กับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ 5 วิธี ได้แก่ 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) (ทีศนา แคมมณี, 2558; Ministry of Education, 2010) โดยการพัฒนาารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการคำนึงถึงสมรรถนะของผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ (Knowledge) คุณลักษณะ (Attribute) และทักษะ (Skill) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (ภัสราภรณ์ สหะกิจ, 2564; จักรกฤต ภูวงศ์ประเวศ, 2563) และการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้อย่างส่งผลต่อกระบวนการรู้คิด (Metacognition) (Manitoba Education,

2006; Ministry of Education, 2010) คุณลักษณะของผู้เรียนทั้งด้านความเป็นอิสระของผู้เรียน (Shen, Bai & Xue, 2020; Ratminingsih, Marhaeni & Vigayanti, 2018; Loi, 2017; Stephens & Winterbottom, 2010; Ministry of Education, 2010; Manitoba Education, 2006) และ ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน (Fulle, 2017; Barkley, 2010; Munns & Woodward, 2006) ดังนั้น รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาน่าจะส่งผลต่อสมรรถนะของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ (Knowledge) คุณลักษณะ (Attribute) และทักษะ (Skill) ดัง ภาพประกอบ 1 จากนั้น นำรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษาที่ผู้วิจัยพัฒนาไปทดลองใช้ (R_2) และเก็บรวบรวมข้อมูลสมรรถนะของผู้เรียนและผลการใช้ รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อนำไปสู่การ ปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาต่อไป (D_2)





ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติมีคะแนนสมรรถนะฯ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีคะแนนสมรรถนะฯ หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ



บทที่ 2

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวัดประเมินการเรียนรู้ (Learning assessment)

ตอนที่ 2 การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ประกอบด้วย

- 2.1 ความหมายของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
- 2.2 ลักษณะของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
- 2.3 ความสำคัญของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
- 2.4 บทบาทหน้าที่ของผู้เรียนในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
- 2.5 บทบาทหน้าที่ของครูในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
- 2.6 การวางแผนการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
- 2.7 กลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในทางปฏิบัติ
- 2.8 ตัวอย่างการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

ตอนที่ 3 สะเต็มศึกษา (STEM Education) ประกอบด้วย

- 3.1 ความหมายสะเต็มศึกษา
- 3.2 ลักษณะของสะเต็มศึกษา
- 3.3 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- 3.4 การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 4 การวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ

- 4.1 แนวทางการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ
- 4.2 ตัวอย่างการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ
- 4.3 การจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะ (Competency-Based Instruction:

CBI) และการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ (Competency-Based Assessment: CBA) วิชาวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 5 สมรรถนะของผู้เรียน ประกอบด้วย

5.1 ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา

5.2 คุณลักษณะของผู้เรียน

5.2.1) ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) ประกอบด้วย

5.2.1.1) ความหมายของความเป็นอิสระของผู้เรียน

5.2.1.2) ความสำคัญของความเป็นอิสระของผู้เรียน

5.2.1.3) องค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียน

5.2.1.4) เครื่องมือที่ใช้วัดความเป็นอิสระของผู้เรียน

5.2.1.5) การพัฒนาและการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน

5.2.1.6) บทบาทครูและผู้บริหารในการส่งเสริมความเป็นอิสระของ

ผู้เรียน

5.2.1.7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน

5.2.2) ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement)

5.2.2.1) ความหมายของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

5.2.2.2) ความสำคัญของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

5.2.2.3) องค์ประกอบของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

5.2.2.4) เครื่องมือที่ใช้วัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

5.2.2.5) ปัจจัยที่ส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

5.2.2.6) การพัฒนาและการส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

5.2.2.7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

5.3.1) ความหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

5.3.2) ความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

5.3.3) องค์ประกอบของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

5.3.4) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

5.3.5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ตอนที่ 1 การวัดประเมินการเรียนรู้ (Learning assessment)

กระบวนการวัดประเมินในชั้นเรียน (Classroom assessment) ค่อนข้างมีความซับซ้อน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การวัดประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of Learning) เป็นการวัดประเมินแบบดั้งเดิมที่ส่วนใหญ่มักจะพบเจอ โดยเน้นที่การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามความจริงและใช้สำหรับการจัดกลุ่มผู้เรียนหรือรายงานการตัดสินผล 2) การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) เป็นการวัดประเมินเพื่อวินิจฉัยและให้ข้อเสนอแนะในแต่ละขั้นตอน และให้โอกาสผู้เรียนได้ปรับปรุงคะแนนหรือพัฒนาให้ดีขึ้น และ 3) การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการวัดประเมินอย่างเป็นระบบซึ่งแทบจะไม่พบกับการวัดประเมินในชั้นเรียนเลย ซึ่งการวัดประเมินควรเน้นย้ำไปที่การมีส่วนร่วมในการวัดประเมินดังเช่น การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) และการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ซึ่งเป็นการวัดประเมินที่ควรเกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน แต่การวัดประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of Learning) ก็ยังมีความสำคัญในชั้นเรียน ดังนั้น ครูจึงจำเป็นต้องเข้าใจการวัดประเมินทั้ง 3 ประเภท เพื่อจะนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด (Earl, 2003, pp.21,26) ซึ่งรายละเอียดลักษณะการวัดประเมินในชั้นเรียนทั้ง 3 ประเภท ดังตาราง 1

ตาราง 1 ลักษณะของกระบวนการวัดประเมินในชั้นเรียน

วิธีการวัดประเมิน	จุดประสงค์	ธรรมชาติของการวัดประเมิน	จุดอ้างอิง	ผู้ประเมินหลัก
การวัดประเมินผล การเรียนรู้ (Assessment of Learning)	1. การวัดประเมินที่บ่งบอกว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีมาก-น้อยเพียงใด 2. การตัดสินผลการเรียนเพื่อรับรอง 3. การจัดตำแหน่ง	การวัดประเมินเพื่อสรุปผล (Summative assessment) ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังเรียนจบหรือใกล้จบบทเรียน	นักเรียนคนอื่น	ครู

วิธีการวัดประเมิน	จุดประสงค์	ธรรมชาติของการวัดประเมิน	จุดอ้างอิง	ผู้ประเมินหลัก
การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning)	1. กระบวนการค้นหาหรือตีความข้อมูลเพื่อเป็นสารสนเทศสำหรับครูในการวางแผนจัดการเรียนการสอนอย่างไรเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย	1.การวัดประเมินเพื่อวินิจฉัย (Diagnostic assessment) เป็นการวัดประเมินความรู้ของผู้เรียนก่อนที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ และสามารถตรวจสอบความสนใจและความพึงพอใจในการเรียนรู้ได้ 2.การวัดประเมินระหว่างเรียน (Formative assessment) เป็นการวัดประเมินขณะที่ผู้เรียนกำลังเรียนรู้หรือกำลังฝึกทักษะต่างๆ	เกณฑ์ภายนอกหรือความคาดหวัง	ครู
การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)	1. ผู้เรียนเป็นผู้ประเมินตนเอง กำกับตนเอง ปรับปรุงตนเอง และพัฒนาตนเอง โดยมีคู่มือชี้แนะ เช่น การสร้างโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเอง การนำเสนอตัวอย่างที่ดี เป็นต้น	การวัดประเมินระหว่างเรียน (Formative assessment) เป็นการวัดประเมินขณะที่ผู้เรียนกำลังเรียนรู้หรือกำลังฝึกทักษะต่างๆ แต่ในระหว่างเรียนนั้นผู้เรียนจะได้รับคำแนะนำและการสนับสนุนจากผู้สอน	เป้าหมายของแต่ละบุคคลและเกณฑ์ภายนอก	นักเรียน

ที่มา: Earl (2003, p.26). Assessment as Learning: Using Classroom Assessment to Maximise Student Learning) และ Ministry of Education (2010, p.31). Growing Success: Assessment, Evaluation and Reporting in Ontario's Schools

ครูเป็นผู้มีส่วนร่วมและมีบทบาทสำคัญในการวัดประเมินที่หลากหลายซึ่งในแต่ละบทบาทก็จะตอบสนองกับจุดประสงค์การวัดประเมินที่แตกต่างกัน โดยปกติครูมีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนเป็นหลักแต่ต้องควบคู่ไปกับการวัดประเมินผลเพื่อสะท้อนถึงผลการเรียนรู้ของผู้เรียน กระบวนการวัดประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนจะถูกใช้ให้เกิดประโยชน์เมื่อครูนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียน ผู้ปกครอง และผู้บริหาร วินิจฉัยผู้เรียน รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความก้าวหน้าหรือพัฒนาการของผู้เรียน และใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนของตนเอง โดยบทบาทต่างๆ ของครูมีรายละเอียด ดังตาราง 2

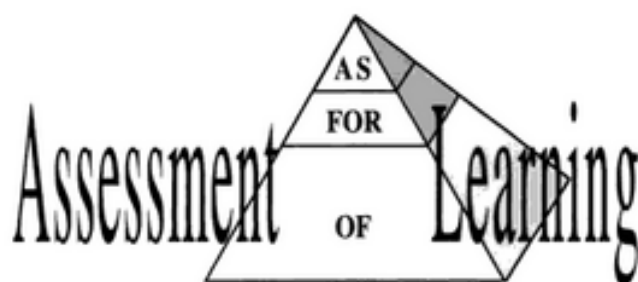
ตาราง 2 จุดประสงค์ของการวัดประเมินในบริบทที่บทบาทของครูแตกต่างกัน

บทบาท	จุดประสงค์
ครูพี่เลี้ยง	ให้ข้อมูลย้อนกลับและให้การสนับสนุนผู้เรียนแต่ละคน
ผู้แนะนำ	รวบรวมข้อมูลในการวินิจฉัยเพื่อให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการทำงานและการเรียน
นักบัญชี	เก็บบันทึกความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน
นักข่าว/ ผู้รายงาน	รายงานให้ผู้ปกครอง นักเรียน และผู้บริหารโรงเรียนทราบเกี่ยวกับความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน
ผู้อำนวยการ	ปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนการสอน

ที่มา: Wilson (1996 as cited in Earl, 2003, pp.22). Assessment Roles and Goals

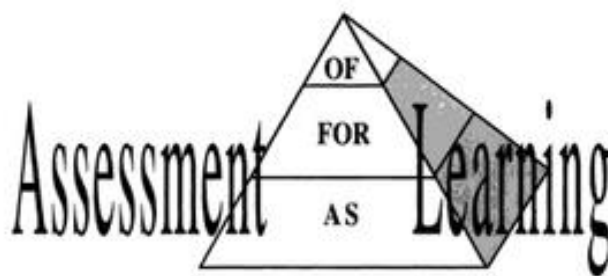
ในอดีตการวัดประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of Learning) ถูกนำไปใช้ค่อนข้างมากโดยการวัดประเมินนี้มุ่งเน้นข้อมูลเกี่ยวกับความสำเร็จของผู้เรียนในด้านผลลัพธ์ และมีการเปรียบเทียบความสามารถกับผู้เรียนคนอื่น ดังภาพประกอบ 2 แต่ต่อมามีแนวคิดที่เปลี่ยนแปลงไป พิจารณาการวัดประเมินแบบใหม่ให้ความสำคัญกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) และการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) โดยการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้จะช่วยให้ครูสามารถวินิจฉัยและจัดการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสมกับผู้เรียน ในขณะเดียวกันจะทำให้ผู้เรียนทราบความสามารถ จุดอ่อน จุดแข็งและจุดที่ควรพัฒนาของตนเอง และการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งการวัดประเมินผลการเรียนรู้

(Assessment of Learning) จะใช้ในการสรุปหรือเมื่อครูและผู้เรียนต้องการเห็นผลรวมหรือผลงานสะสม รวมถึงสรุปความรู้ ความสามารถของผู้เรียนตามมาตรฐานที่กำหนด แต่ในปัจจุบันจะเน้นการวัดประเมินผลการเรียนรู้ค่อนข้างน้อย แต่จะให้ความสำคัญกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นหลักซึ่งเป็นการวัดประเมินที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนในชั้นเรียน (Earl, 2003, p.26-27; ทิศนา ขัมมณี, 2558, น.157-158) ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 2 พีระมิดการวัดประเมินแบบดั้งเดิม

ที่มา: Earl (2003, pp.27). Assessment as Learning: Using Classroom Assessment to Maximise Student Learning



ภาพประกอบ 3 พีระมิดการวัดประเมินแบบใหม่

ที่มา: Earl (2003, pp.27). Assessment as Learning: Using Classroom Assessment to Maximise Student Learning

การปรับพีระมิดการวัดประเมินแบบใหม่นั้นจะทำให้มีความสมดุลมากยิ่งขึ้น เนื่องจากครูและผู้บริหารสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยปราศจากปัญหาจากผู้ปกครอง ซึ่งถ้าผู้ปกครองเห็นว่าการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) และการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

(Assessment as Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้และสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ (Earl, 2003, pp.28) นอกจากนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการวัดประเมินอย่างเป็นระบบซึ่งแทบจะไม่พบกับการวัดประเมินในชั้นเรียนเลยซึ่งการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ควรจะเป็นการวัดประเมินที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน (Earl, 2003, pp.21,26) กอปรกับการเรียนรู้ในปัจจุบันควรส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก คือ การตระหนักหรือเห็นความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้และการวัดประเมิน เพื่อเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีกระบวนการรู้คิดอภิปัญญา (metacognition) โดยกระบวนการรู้คิดอภิปัญญาเป็นเป้าหมายสูงสุดของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการการเรียนรู้ วางแผน ติดตาม พัฒนา ปรับปรุง ประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ของตนเอง และเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือปรับเปลี่ยนแนวความคิดเพื่อให้ตนเองมีพัฒนาการและความก้าวหน้าสู่ความสำเร็จ อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตเช่นกัน (lifelong learning) (Earl, 2003, pp.25-28; ทิศนา ขัมมณี, 2558, น.159)

ตอนที่ 2 การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีกระบวนการวัดประเมินตามหลักการและวิธีการของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ความหมายของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) หมายถึง กระบวนการวัดประเมินการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นไปที่ผู้เรียนและเน้นการวัดประเมินกระบวนการรู้คิด (metacognition) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดด้วยตนเอง เพื่อสร้างความเข้าใจของตนเองและมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ ติดตามสิ่งที่กำลังเรียนรู้ และใช้สิ่งที่ค้นพบในการติดตามตนเองเพื่อปรับเปลี่ยน ดัดแปลงและเปลี่ยนความคิดของตนเอง ผู้เรียนจะกลายเป็นผู้เรียนที่มีประสิทธิภาพได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนเห็นว่าผลของงานที่ทำเป็นส่วนหนึ่งในการคิดและตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณ (Manitoba Education, 2006, pp.41) นอกจากนี้ ทิศนา ขัมมณี (2558, น.160) ให้นิยาม การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ เป็นการวัดประเมินที่เน้นกระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้เป็นสำคัญ ซึ่งเป็นการตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยอาจจะเป็นการวัดประเมินการเรียนรู้ของ

ตนเองหรือของเพื่อน และนำผลที่ได้จากการวัดประเมินไปกำหนดเป้าหมาย วางแผนการเรียนรู้ต่อไป รวมทั้งกำกับติดตามการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนด

2.2 ลักษณะของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เกิดจากแนวคิดว่าการเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องเป็นการถ่ายทอดความรู้จากผู้รู้ไปยังผู้ไม่รู้ แต่การเรียนรู้ควรเป็นกระบวนการเชิงรุก นั่นคือ ผู้เรียนต้องเป็นคนมองเห็นความสำคัญและความสัมพันธ์ของการเรียนรู้และการวัดประเมิน และเป็นการเสริมสร้างและขยายบทบาทของการวัดประเมินระหว่างเรียน (Formative assessment) โดยเน้นบทบาทของผู้เรียนเป็นหลัก ผู้เรียนไม่เพียงแต่เป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการวัดประเมินและกระบวนการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังเป็นผู้ที่เชื่อมโยงการวัดประเมินและกระบวนการเรียนรู้เข้าด้วยกัน ผู้เรียนจะมีบทบาทในฐานะผู้ประเมินและผู้มีส่วนร่วมที่สามารถทำความเข้าใจกับความรู้ที่ได้รับเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และมีความเชี่ยวชาญในทักษะที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนั่นคือ กระบวนการรู้คิด (metacognition) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีการใช้ข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับจากครู ในการกำกับติดตาม พัฒนา ปรับปรุง และทำความเข้าใจกับการเรียนรู้ของตนเอง (Earl, 2003, pp.25) เป้าหมายสูงสุดในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ คือ การให้ผู้เรียนได้มีทักษะและกระบวนการรู้คิด (metacognition) อย่างมีอิสระ และส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนให้เป็นผู้ประเมินตนเองที่ดี (Earl, 2003, pp.25; Manitoba Education, 2006, pp.42-43)

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้สร้างแรงจูงใจหรือกระตุ้นตนเองและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการตัดสินใจหรือแก้ปัญหาต่างๆ โดยที่ไม่ต้องรอครูหรือผู้อื่นบอกว่สิ่งใดผิด สิ่งใดถูก หรือควรจะทำอะไร การวัดประเมินนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดคำถามเชิงสะท้อนตนเองและพิจารณาถึงกลยุทธ์ที่ใช้ในการเรียนรู้ และเมื่อผู้เรียนได้ฝึกฝนการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ จะทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้และสามารถสร้างองค์ความรู้ที่มีความหมาย รวมถึงมีทักษะการกำกับติดตามตนเองซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้เมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจในบางสิ่งบางอย่าง และยังสามารถตัดสินใจได้ว่าควรทำอย่างไรต่อไปกับการเรียนรู้ของตนเอง (Earl, 2003, pp.25)

การพัฒนาผู้เรียนเพื่อให้ไปถึงเป้าหมายสูงสุดของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ครูต้องเป็นผู้ริเริ่มในการสร้างโอกาสและฝึกให้ผู้เรียนประเมินตนเอง ครูต้องพยายามให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการติดตามคุณภาพของงานตนเองในระหว่างทาง และในทางกลับกัน การวัดประเมินนี้เป็นการวัดประเมินที่ขึ้นอยู่กับความเชื่อของผู้เรียนที่

สะท้อนให้เห็นความสามารถในการปรับตัว ความเป็นอิสระในการเรียนรู้ของตนเองและการตัดสินใจด้วยตนเอง ดังนั้น ผู้เรียนต้องมีความต้องการที่จะผลิตผลงานที่มีคุณภาพดีด้วย และต้องมีทักษะที่จำเป็นในการเปรียบเทียบผลงานที่ทำและมีมาตรฐานที่สูงขึ้น จากนั้นพัฒนาทวิวิธีหรือขับเคลื่อนไปหรือปรับเปลี่ยนไปในทางของตนเองได้ (Manitoba Education, 2006, pp.42) อีกทั้งครูและผู้เรียนต้องตัดสินใจร่วมกันเกี่ยวกับการบันทึกซึ่งเป็นหลักฐานสำคัญในการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องมีหน้าที่สะท้อนการเรียนรู้ของตนเองและตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้ โดยมีจุดอ้างอิงที่สำคัญ คือ ระดับของงานก่อนหน้า แรงบันดาลใจ และเป้าหมายของการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง โดยการเปรียบเทียบระหว่างผู้เรียนที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เลย (Earl, 2003, pp.25) ลักษณะของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 ลักษณะของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)

วัดประเมินทำไม	เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เรียนกำกับตนเองและได้ตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง
วัดประเมินอะไร	ผู้เรียนแต่ละคนต้องคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงกลยุทธ์ที่ใช้ในการเรียนรู้ กลไกที่ใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง
วิธีที่ใช้ในการวัดประเมิน	วิธีการหลากหลายที่ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนและเป็นกระบวนการรู้คิด (metacognition)
คุณภาพของการวัดประเมิน	1. ความถูกต้องและความสอดคล้องของการสะท้อนตนเอง การกำกับติดตามตนเอง และการปรับตัวของผู้เรียน 2. การมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการพิจารณาและตัดสินใจด้วยความคิดตนเอง 3. ผู้เรียนต้องบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง
การนำข้อมูลไปใช้	1. การให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียนจะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการเรียนรู้อย่างอิสระ 2. ผู้เรียนควรให้ความสำคัญกับงานที่ทำและการเรียนรู้ของตนเองมากกว่าสนใจกับคำตอบที่ถูกต้องหรือผิด 3. ผู้เรียนควรมีแนวคิดในการปรับเปลี่ยน การคิดใหม่ และการเชื่อมโยงความรู้ของตนเอง 4. ควรจัดให้มีการอภิปรายร่วมกันระหว่างครูและผู้เรียน 5. ผู้เรียนต้องรายงานการเรียนรู้ของตนเอง

ที่มา: Manitoba Education (2006, pp.54). Rethinking Classroom Assessment

with Purpose in Mind

2.3 ความสำคัญของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการวัดประเมินขณะดำเนินการเรียนรู้หรือเป็นการวัดประเมินระหว่างเรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการรู้คิด (Metacognition) คือ การพิจารณาหรือไตร่ตรองกระบวนการคิด กระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และกลยุทธ์ที่ใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งไปสู่การวางแผนและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเอง นอกจากนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ยังช่วยส่งเสริมความรับผิดชอบ ความสามารถในการประเมินตนเอง ความสามารถในการคิดสะท้อนตนเอง และความสามารถในการนำตนเองในการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนมีทักษะในการรู้คิดและสามารถประเมินตนเองได้ ก็จะทำให้ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนแผนการเรียนรู้ของตนเองและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ (ทิตินา แชมมณี, 2558, น.158, 173) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจกับความรู้ที่ได้รับเชื่อมโยงกับความรู้เดิม มีความเชี่ยวชาญในทักษะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ (Earl, 2003, pp.25) นอกจากนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ยังเป็นการส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้ของผู้เรียนและการตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองด้วย (Manitoba Education, 2006, pp.42; Ministry of Education, 2010, pp.28)

กระบวนการรู้คิด (Metacognition) เป็นเป้าหมายสูงสุดของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยกระบวนการรู้คิดมีบทบาทสำคัญทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ใน 3 ด้าน คือ 1) ด้านข้อมูล คือ การมีความรู้หรือรู้ข้อมูลเท็จจริง 2) ด้านกระบวนการ คือ การใช้กลยุทธ์ต่างๆ ในการทำงาน และ 3) ด้านเงื่อนไข คือการประยุกต์ใช้ความรู้ในการทำงานต่างๆ เพื่อให้งานนั้นประสบความสำเร็จ นอกจากนี้ ถ้าผู้เรียนมีทักษะกระบวนการรู้คิดจะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวางแผนการเรียนรู้ การกำกับติดตามเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมาย และการประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่เกิดขึ้นตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ รวมถึงสามารถประเมินกลยุทธ์หรือวิธีการที่ควรใช้ในการเรียนรู้ต่อไปได้ ซึ่งจากที่กล่าวมากระบวนการรู้คิดสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือปรับเปลี่ยนการคิด และพยายามเพื่อให้ตนเองมีพัฒนาการและความก้าวหน้าที่จะนำไปสู่ความสำเร็จต่อไป (ทิตินา แชมมณี, 2558, น.159)จากที่กล่าวมาข้างต้น การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีการใช้กลยุทธ์ที่หลากหลายในการทำให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง แต่ในขณะเดียวกัน การกำหนดเป้าหมายและเกณฑ์ร่วมกัน การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการพัฒนาการประเมินตนเอง สิ่งเหล่านี้เป็นวิธีการที่จะสร้างให้ผู้เรียนมีความมุ่งมั่นในการเรียนรู้ของตนเอง (Ministry of Education, 2010, pp.29)

2.4 บทบาทหน้าที่ของผู้เรียนในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นกระบวนการวัดประเมินที่เน้นผู้เรียนเป็นหลัก ดังนั้น ผู้เรียนต้องมีความคิด ความเชื่อในการพัฒนาตนเอง และมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงต้องสามารถสะท้อนความคิดของตนเองได้ด้วย โดยผู้เรียนในฐานะทั้งผู้มีส่วนร่วมและผู้ประเมิน มีบทบาทสำคัญ (ทิสนา แชมมณี, 2558, น.160) ดังนี้

1. เรียนรู้วิธีการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน รวมทั้งวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ในขณะที่เดียวกันต้องเป็นผู้ที่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วย
2. รวบรวมข้อมูลและประเมินการเรียนรู้ของตนเอง โดยใช้กลยุทธ์และเทคนิคต่างๆ ของตนเอง
3. นำผลการประเมินหรือข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับมาใช้ในการกำหนด ปรับเปลี่ยน เปลี่ยนแปลงเป้าหมายหรือเกณฑ์ในการเรียนรู้
4. วางแผน เลือกกลยุทธ์ และวิธีการเรียนรู้ของตนเอง
5. กำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองตามแผนและเป้าหมายที่กำหนด

2.5 บทบาทหน้าที่ของครูในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

แม้ว่าการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) จะเป็นการวัดประเมินการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นไปที่การมีส่วนร่วมของผู้เรียน แต่ครูก็ยังมีบทบาทในการเป็นผู้นำและออกแบบการสอนและการวัดประเมินที่ช่วยให้ผู้เรียนทุกคนคิดและติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้ รวมถึงเป็นผู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและมีความเป็นอิสระ เพื่อให้ผู้เรียนมีเครื่องมือในการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างชาญฉลาด นอกจากนี้ การพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการรู้คิด (Metacognitive skill) ต้องใช้เวลาในการพัฒนา ผูกฝน ตรวจสอบและประเมินตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นทักษะที่ยากและซับซ้อน ดังนั้น จะต้องอาศัยทั้งการสอนของครูและการฝึกฝนจากผู้เรียนเองในการพัฒนาความเป็นอิสระ ทักษะ ทักษะ ทักษะ และนิสัยการรู้คิด (Manitoba Education, 2006, p.42; Ministry of Education, 2010, p.30)

การส่งเสริมการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียนผ่านการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ส่วนหนึ่งต้องอาศัยการออกแบบการสอนและการประเมินโดยครู ครูอาจจะออกแบบการวัดประเมินโดยใช้เทคนิคที่หลากหลาย เช่น ให้ผู้เรียนวัดประเมินตนเอง (Self assessment) หรือวัดประเมินเพื่อน (Peer assessment) การตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเอง และการให้ข้อมูลย้อนกลับหรือใช้ผลการประเมินในการกำหนดเป้าหมายและวางแผนการเรียนรู้ต่อไป (ทิสนา แชมมณี, 2558, น.160) ผู้เรียนควรได้รับ

ประสบการณ์และความสำเร็จอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ควรมีประสบการณ์ที่ผิดพลาดหรือล้มเหลวบ้าง ผู้เรียนจะได้รับความรู้สึกสบายใจว่าสามารถทำสิ่งที่ท้าทายได้ แต่ก็ต้องเรียนรู้ในสิ่งที่ผิดพลาด หรือไม่ถูกต้องด้วยเพื่อนำไปสู่ประสบการณ์ที่สมบูรณ์แบบและความเข้าใจที่มากขึ้น โดยปกติ ผู้เรียนมักไม่ชอบแสดงความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเห็นหรือไม่ชอบเผชิญหน้ากับสิ่งที่ท้าทาย ดังนั้น จึงเป็นหน้าที่ครูในการรับผิดชอบสร้างสภาพแวดล้อมที่ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจ และสามารถประเมินตนเองได้ในภาวะที่มีอารมณ์คงที่ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม มีความเป็นอิสระ และรับผิดชอบได้อย่างแท้จริง ซึ่งครูมีบทบาทในการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน (Manitoba Education, 2006, pp.43; ทิศนา ขัมมณี, 2558, น.161) ดังนี้

1. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายของตนเอง และร่วมมือกับผู้เรียนในการพัฒนาเกณฑ์การวัดประเมินที่ชัดเจน เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติที่ดี
2. ออกแบบการเรียนการสอนให้ผู้เรียนวัดประเมินตนเองหรือวัดประเมินเพื่อนระหว่างเรียน
3. การสร้างแบบจำลองหรือสถานการณ์จำลอง และสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และทักษะในการวัดประเมินตนเองให้แก่ผู้เรียน
4. แนะนำแนวทางในการกำหนดเป้าหมายและการติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน
5. จัดหาตัวอย่างหรือแบบอย่างที่ดีในการปฏิบัติ รวมถึงงานที่มีคุณภาพสะท้อนให้เห็นผลลัพธ์ของหลักสูตร
6. กระตุ้นและกำกับติดตามหรือตรวจสอบกระบวนการรู้คิด (Metacognition) และการเรียนรู้ของผู้เรียน
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียนในการพัฒนาหรือแนะนำกลไกการกำกับตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบการคิดของตนเองและเพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ รวมถึงกระตุ้นให้ผู้เรียนนำผลที่ได้จากการวัดประเมินไปใช้ในการกำหนดปรับเปลี่ยน หรือเปลี่ยนแปลงเป้าหมาย และวางแผนการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองต่อไป
8. กระตุ้นและให้โอกาสผู้เรียนได้ฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอและฝึกทำในสิ่งที่ท้าทายความสามารถ เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวัดประเมินตนเองได้อย่างมั่นใจ
9. สร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน

2.6 การวางแผนการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Planning Assessment as Learning)

การวางแผนการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก (Manitoba Education, 2006, pp.44-49; Ministry of Education, 2010, pp.33-36) ดังนี้

1. ทำไมต้องวัดประเมิน (Why am I assessing?) ในการสนับสนุนความเป็นอิสระของผู้เรียนในการเรียนรู้ ครูควรใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เพื่อให้ได้ข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับความก้าวหน้าของผู้เรียนในการพัฒนาทัศนคติและทักษะ การกำกับติดตาม ความท้าทาย และการปรับการเรียนรู้ของผู้เรียน ส่วนผู้เรียนต้องเรียนรู้การกำกับติดตามความเข้าใจของตนเอง ทำนายผลลัพธ์ที่เกิดในระดับความเข้าใจของตนเอง มีเหตุผลในการตัดสินใจเกี่ยวกับความก้าวหน้าของตนเอง ตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองควรจะทำ จัดระเบียบความคิดใหม่ ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลต่างๆ เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น และกำหนดเป้าหมายของตนเองได้

2. วัดประเมินอะไร (What am I assessing?) ในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) จะมุ่งเน้นไปที่วิธีการที่นักเรียนใช้เพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหา และการใช้กระบวนการรู้คิด (metacognition) ในการปรับความเข้าใจของตนเองอย่างไร ครูจะกำกับติดตามตามเป้าหมายที่นักเรียนกำหนดไว้และกำกับติดตามความคิดของผู้เรียนเกี่ยวกับการเรียนรู้ รวมถึงกลยุทธ์ที่ผู้เรียนใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง ทั้งนี้ ครูและผู้เรียนต้องมีการพัฒนาเป้าหมายและมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ร่วมกันและมีความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ เพื่อที่จะสามารถอภิปรายและพูดคุยกันระหว่างการเรียนรู้ได้ถูกต้อง เป้าหมายการเรียนรู้ต้องระบุถึงสิ่งที่ผู้เรียนคาดหวังและต้องการทำรายบุคคล รวมถึงการมีความพร้อมที่จะเรียนรู้ได้ของผู้เรียน โดยต้องมีการพัฒนาการกำหนดเป้าหมายรายบุคคล ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาทักษะการประเมินตนเองซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถระบุการดำเนินการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาแผนการเรียนรู้ในขั้นตอนถัดไป ครูจะเป็นผู้นำ ให้ข้อเสนอแนะ และสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดเป้าหมายเฉพาะรายบุคคล เพื่อให้ผู้เรียนประเมินตนเองและกำกับติดตามตนเองได้ ซึ่งการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนรายบุคคลนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนที่มีอิสระในการเรียนรู้ของตนเองซึ่งถือเป็นเป้าหมายสูงสุดของการกำหนดเป้าหมายรายบุคคล ซึ่งครูสามารถพัฒนาเป้าหมายการเรียนรู้ของผู้เรียนรายบุคคลให้เป็นไปตามความคาดหวังของหลักสูตรได้และชี้แนวทางให้ใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ผู้เรียนกำหนดไว้

3. ควรใช้วิธีการวัดประเมินอะไร (What assessment method should I use?) ครูสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ได้ เช่น การใช้คำถาม การสังเกต การให้การบ้าน การสัมภาษณ์ การพูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การนำเสนองาน การทดสอบด้วยแบบทดสอบ การประเมินผลงาน ฯลฯ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะเอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนและเกี่ยวกับกระบวนการรู้คิด (Metacognition) ของผู้เรียน แต่ครูควรสอนผู้เรียนเกี่ยวกับวิธีการประเมินต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้ รวมถึงคิดและตัดสินใจเกี่ยวกับแผนการเรียนรู้ของตนเองได้ แม้ว่าวิธีการประเมินจะสามารถกระตุ้นให้เกิดการคิดพิจารณา ไตร่ตรองและทบทวนในสิ่งที่เรียนรู้ แต่สิ่งที่สำคัญในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ คือวิธีการการช่วยให้ผู้เรียนพิจารณาการเรียนรู้ของตนเองที่มีความสัมพันธ์กับแบบจำลอง ตัวอย่าง เกณฑ์ ระบุрик กรอบงาน และรายการตรวจสอบที่นำมาสู่การเรียนรู้ที่ประสบความสำเร็จ

4. มั่นใจคุณภาพกระบวนการวัดประเมินได้อย่างไร (How can I ensure quality in this assessment process?) การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ที่มีคุณภาพขึ้นอยู่กับว่าการวัดประเมินนั้นส่งเสริมให้ผู้เรียนพิจารณาความคิดของตนเองอย่างไร และสามารถใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับมุมมองหรือความเข้าใจในการเรียนรู้นั้นๆ ซึ่งครูสามารถทำให้การวัดประเมินนี้มีคุณภาพได้ ถ้าผู้เรียนได้รับการกระตุ้นจากเครื่องมือที่เหมาะสมและสามารถรวบรวมข้อมูลในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลหรือเครื่องมือเหล่านั้นทำให้ผู้เรียนทราบว่าต้องทำอะไรเพื่อให้มีความเข้าใจในการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น คุณภาพของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สามารถพิจารณาได้จากประเด็นต่างๆ ต่อไปนี้

4.1 ความเชื่อมั่น (Reliability) ความเชื่อมั่นในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นความสอดคล้องหรือความสม่ำเสมอในการสะท้อนตนเอง การตรวจสอบตนเอง และการปรับตัวของผู้เรียน การฝึกติดตามการเรียนรู้ของตนเองและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับสิ่งที่คาดหวัง จะทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะในการตีความหมายการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างสอดคล้องกันและน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ ครูมีหน้าที่ในการส่งเสริมกระบวนการรู้คิด (Metacognition) โดยการสร้างความเข้าใจกับผู้เรียน และพยายามจัดหาเกณฑ์ แบบอย่าง และทรัพยากรที่ช่วยให้ผู้เรียนวิเคราะห์งานของตนเอง รวมถึงสอนทักษะที่จำเป็นในการคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองโดยต้องเชื่อมโยงเข้ากับความเข้าใจเดิมของผู้เรียนและผลการเรียนรู้ตามหลักสูตร และครูจะต้องรวบรวมข้อมูลและหลักฐานที่แสดงว่าผู้เรียนมีการเรียนรู้ได้ดีมากแค่ไหน

4.2 จุดอ้างอิง (Reference Points) การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการผสมผสานระหว่างความคาดหวังของหลักสูตรและความเข้าใจของผู้เรียน

แต่ละคน ดังนั้น ผู้เรียนจะเปรียบเทียบการเรียนรู้ของตนเองที่มีมาก่อนหน้าและเมื่อเวลาผ่านไป ด้วยการอธิบายและยกตัวอย่างการเรียนรู้ที่คาดหวัง นอกจากนี้ Ministry of Education (2010, pp.33) ได้เสนอว่าควรมีการกำหนดเกณฑ์ความสำเร็จ เกณฑ์จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าการบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้และประสบความสำเร็จควรเป็นอย่างไร สามารถตรวจสอบการเรียนรู้ด้วยหลักฐานอะไรบ้าง และหลักฐานการเรียนรู้แต่ละอย่างสามารถบ่งบอกได้ถึงความรู้หรือทักษะใดบ้าง ซึ่งการกำหนดเกณฑ์อาจจะเป็นการพัฒนาเครื่องมือในการวัดประเมิน เช่น แบบตรวจสอบรายการ เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ทิศนา ขัมมณี (2558, น.163) เสนอว่า ควรมีการสร้างและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric score) โดยให้ผู้เรียนและครู ร่วมกันสร้างเกณฑ์การวัดประเมินที่ชัดเจน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนทราบและเข้าใจเป้าหมายมากยิ่งขึ้น และสามารถไตร่ตรองได้ว่าต้องทำอะไรเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์ที่กำหนด

4.3 ความเที่ยงตรง (Validity) นักเรียนสามารถวัดประเมินตนเองได้ก็ต่อเมื่อ ผู้เรียนมองเห็นภาพความชัดเจนของการเรียนรู้และขั้นตอนต่างๆ ที่ต้องดำเนินการ ดังนั้น ผู้เรียน ต้องการเกณฑ์ที่ชัดเจน ตัวอย่างผลงานที่ดีและหลากหลาย และมีโอกาสได้เปรียบเทียบผลงาน ตนเองกับผลงานที่ดีกว่า จะทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ไตร่ตรองงานของตนเองและของผู้อื่น ประกอบกับการให้ข้อมูลย้อนกลับของครูและคำแนะนำเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องดำเนินการต่อไป

4.4 การบันทึก (Record-Keeping) ผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการบันทึก การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ของตนเอง เนื่องจากผู้เรียนจะมีความ เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้และวิธีที่ใช้ในการเรียนรู้ของตนเองโดยตรง ผู้เรียนต้องพัฒนา ทักษะและทัศนคติในการบันทึกข้อมูลการเรียนรู้ของตนเองอย่างเป็นระบบ ซึ่งบันทึกเหล่านี้ต้อง ผ่านการไตร่ตรองและเข้าใจอย่างถ่องแท้ และการบันทึกจะกลายเป็นหลักฐานสำคัญในการบ่ง บอความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนและกลายเป็นผู้เรียนที่มีความเป็นอิสระในการเรียนรู้

นอกจากนี้ ครูควรรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยและควรใช้กลยุทธ์การ วัดประเมินที่หลากหลายเพื่อดึงข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบ แบบสามเส้า (Triangulation) ประกอบด้วย การสังเกต การสนทนาระหว่างครูและผู้เรียน และ ผลงานของผู้เรียน โดยครูสามารถออกแบบการรวบรวมข้อมูลของผู้เรียนได้ ดังนี้

1. ครูออกแบบงานที่แตกต่างกันที่สะท้อนถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. การสังเกตผู้เรียนในระหว่างเรียน
3. การตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความคิดผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดีขึ้น
4. การสนทนากลุ่มย่อยเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

เมื่อครูรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนแล้ว ควรให้ข้อมูลย้อนกลับหรือข้อเสนอแนะ นอกจากนี้การบ้านก็สามารถช่วยให้ผู้เรียนฝึกฝนและทบทวนการเรียนรู้ใหม่ที่ได้รับ และเป็นการวัดประเมินที่สะท้อนถึงการเรียนรู้และครูสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนได้

นอกจากนี้ คุณภาพของกระบวนการวัดประเมินควรมีความต่อเนื่องของการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนอย่างมีอาชีพ การดำเนินการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นสิ่งที่ท้าทายและต้องมีการเปลี่ยนแปลงในบทบาทของครูและผู้เรียนค่อนข้างมาก ตลอดจนการเรียนรู้กลยุทธ์ใหม่ๆ การกำหนดเป้าหมายและเกณฑ์ความสำเร็จ ดังนั้น ครูควรวางแผนสำหรับให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติและส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อนอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ ผู้บริหารหรือผู้มีอำนาจควรให้การสนับสนุนการประเมินที่เน้นการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นหลัก

5. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดประเมินไปใช้อย่างไร (How can I use the information from this assessment?) การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับความก้าวหน้า ความสำเร็จ การปรับเปลี่ยนเป้าหมาย การตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการเรียนรู้และพัฒนาไปข้างหน้า ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สามารถนำไปต่อยอดเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ดังนี้

5.1 การให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียน (Feedback to Students) การให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียนในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก การเรียนรู้จะพัฒนาขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เห็นผลของการกระทำของตนเอง และสามารถนึกภาพกลยุทธ์ที่จะใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ ดังนั้น การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นการส่งเสริมและเพิ่มความเข้าใจให้กับผู้เรียน และเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้อย่างอิสระทางหนึ่ง นอกจากนี้ การให้ข้อมูลย้อนกลับมักจะทำให้ผู้เรียนมีความพยายามและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของตนเองมากยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่าการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) จะส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนแต่ผู้เรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ถ้าปราศจากการได้รับคำแนะนำหรือแนวทางในการพัฒนาอย่างละเอียด การได้รับข้อมูลย้อนกลับและการฝึกทักษะต่างๆ อย่างสม่ำเสมอจะทำให้ทักษะที่ซับซ้อนกลายเป็นกิจวัตรได้ เช่น การกำกับติดตามตนเอง และการควบคุมตนเอง เป็นต้น โดยข้อเสนอแนะที่ดีควรสร้างความท้าทายในการคิด แนะนำข้อมูลเพิ่มเติม เสนอแนวทางในการเลือก และสร้างเงื่อนไขให้ผู้เรียนพิจารณาไตร่ตรองตนเอง รวมถึงทบทวนแนวความคิดของตนเองเกี่ยวกับความสามารถของตนเองที่แสดง

ออกมาทางผลงานต่างๆ และข้อเสนอแนะควรเป็นข้อมูลที่ทำให้ผู้เรียนสามารถสรุปการเรียนรู้ของตนเองได้

การให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเป็นการลดช่องว่างระหว่างระดับความรู้และทักษะของผู้เรียนในปัจจุบันกับเป้าหมายการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนทราบแนวทางในการปฏิบัติเพื่อจะเรียนรู้สิ่งที่ยังไม่รู้ ยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ถูกต้องแม่นยำ สิ่งที่ได้ดี สิ่งที่ต้องปรับปรุง และวิธีการที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองต่อไปได้ และเป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจไปทำงานมากกว่าการได้คำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการปรับเปลี่ยน คิดใหม่ และทำความเข้าใจกับสิ่งนั้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มพูนทักษะการเรียนรู้ให้ผู้เรียนอีกด้วย ในทางกลับกัน ถ้าครูไม่ได้ให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนควรจะปฏิบัติจะทำให้ผู้เรียนเกิดคำถามขึ้นมากมาย เช่น ทำถูกไหมหรือต้องทำอะไร เป็นต้น แม้ว่าครูจะเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นหลัก แต่การให้ข้อมูลย้อนกลับควรมีบุคคลอื่นด้วย เช่น เพื่อน ครอบครัว หรือสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลใหม่ที่มีมากขึ้นที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นความคิดของผู้คนรอบตัว (Manitoba Education, 2006, pp.47; Ministry of Education, 2010, pp.34)

การให้ข้อมูลย้อนกลับต้องสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้และเกณฑ์การวัดประเมินหรือเครื่องมือที่ใช้ในการวัดประเมิน นอกจากนี้ การให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงการพัฒนารับรู้ของตนเองและปรับปรุงการเรียนรู้และผลงานให้ดีขึ้นก่อนการประเมินสรุปผล ในขณะเดียวกันผู้สอนจะได้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้เรียนเพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนด้วยเช่นกัน (Ministry of Education, 2010, pp.34) นอกจากนี้ ทิศนา ขัมมณี (2558, น.164) เสนอว่า ควรใช้การประเมินตนเองโดยใช้เทคนิคการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบแซนด์วิช (Feedback sandwich) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงบวกก่อนเพื่อเป็นการทำให้ผู้เรียนรู้สึกดีและมีกำลังในการเรียนรู้ต่อไป แล้วจึงให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงลบตาม

5.2 การเรียนรู้ที่แตกต่างกัน (Differentiating Learning) ผู้เรียนต้องได้รับการฝึกทักษะที่จะนำไปสู่กระบวนการรู้คิด (metacognition) นั่นคือ การสะท้อนตนเอง การวิเคราะห์ตนเอง การตีความ และการจัดการองค์ความรู้ ซึ่งเมื่อทักษะนี้ได้ถูกพัฒนาจะทำให้ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ พร้อมทั้งเรียนรู้ที่จะถามเพื่อขอความช่วยเหลือ การค้นหาข้อมูลใหม่ๆ และการตัดสินใจโดยการอภิปรายและพูดคุยกับคน

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการวัดประเมินที่ครูและนักเรียนต้องให้ความร่วมมือร่วมกัน และการวัดประเมินนี้จะทำให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าใน

การเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงการไปให้ถึงเป้าหมายของตนเอง และการกำหนดเป้าหมายที่มีความท้าทายมากยิ่งขึ้น

5.3 การรายงาน (Reporting) การรายงานการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นความรับผิดชอบของผู้เรียน ผู้เรียนต้องทำการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง จุดแข็งในการเรียนรู้ของตนเอง และสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไป

กล่าวโดยสรุป ในการวางแผนการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ครูควรมีการวางแผนเกี่ยวกับข้อมูลหรือรายละเอียดที่ต้องต้องทราบเพื่อพัฒนาทัศนคติและทักษะการกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง และควรมีการพัฒนาเป้าหมายการเรียนรู้ระหว่างครูและผู้เรียนร่วมกัน โดยครูสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มากที่สุด แต่ครูควรสอนให้ผู้เรียนทราบถึงวิธีการวัดประเมินต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้ นอกจากนี้ ครูควรมีการตรวจสอบคุณภาพของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ได้แก่ ตรวจสอบความสอดคล้องหรือความสม่ำเสมอในการสะท้อนตนเองและการปรับตัวของผู้เรียน เปรียบเทียบการเรียนรู้ของตนเองก่อนหน้าและเมื่อเวลาผ่านไป และการบันทึกข้อมูลการเรียนรู้เพื่อป้องกันความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียน และประการที่สำคัญ คือ ครูต้องนำข้อมูลที่ได้จากการวัดประเมินไปใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนถึงการเรียนรู้ของตนเอง เช่น จุดแข็ง จุดอ่อน และสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไปในการเรียนรู้ของตนเอง

2.7 กลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ในทางปฏิบัติ

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ต้องอาศัยกลยุทธ์ วิธีการและเทคนิคที่หลากหลายเพื่อช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนและก่อให้เกิดกระบวนการรู้คิด (Metacognition) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดด้วยตนเองและสามารถกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้ (Earl, 2003, pp.25) ซึ่งกลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (ทิสนา แหมมณี, 2558, น.162, Ministry of Education, 2010, pp.33-36) มีรายละเอียดดังนี้

1. การใช้คำถามในการตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้คิดทบทวนเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง ตัวอย่างคำถามเช่น

1.1 การเรียนรู้เรื่องนี้มีจุดประสงค์อะไร

1.2 หลังจากเรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับเรื่องนี้ ไม่รู้สิ่งใดบ้าง และมีสิ่งใดที่ต้องการรู้เพิ่มเติม

1.3 ใช้กลยุทธ์หรือวิธีการใดบ้างในการเรียนรู้เรื่องนี้ หรือจำนำกลยุทธ์และวิธีการต่างๆ มาใช้ในการเรียนรู้เรื่องนี้อย่างไร

1.4 มีปัญหาใดบ้างและแก้ปัญหานั้นอย่างไร หรือถ้ายังแก้ปัญหานั้นไม่ได้ควรจะทำอย่างไร

2. การประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน ครูควรช่วยและมุ่งเน้นให้ผู้เรียนประเมินตนเองโดยรับผิดชอบกับการเรียนรู้ของตนเองโดยมีครูคอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนควรเรียนรู้ที่จะอธิบาย และประยุกต์ใช้เกณฑ์การประเมินเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ ดังนั้น ครูต้องส่งเสริมและให้โอกาสผู้เรียนในการพัฒนาทักษะนี้โดยการสร้างหรือกำหนดสถานการณ์การประเมินตนเองหรือการประเมินเพื่อน และให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับคุณภาพของงานนั้นๆ จะเห็นได้ว่า การทำงานเป็นกลุ่มก็เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อนด้วยเช่นกัน

3. การเขียนข้อความสั้นๆ เพื่อสะท้อนการคิดและความรู้สึกของผู้เรียน เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้ทบทวนความคิดและความรู้สึกของตนเองขณะเรียน ตัวอย่างเช่น

- 3.1 เมื่อทำงานเสร็จแล้วรู้สึก...
- 3.2 ฉันควรศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่อง...
- 3.3 ฉันต้องการความช่วยเหลือด้าน...
- 3.4 ฉันรู้สึกหนักใจเรื่อง...
- 3.5 ฉันจะสามารถทำงานสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อ...

4. การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ผู้เรียนต้องบันทึกผลการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อทบทวนการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งผู้เรียนควรจะเขียนบันทึกการเรียนรู้หลังเรียน หรือหลังการทำงานหรือกิจกรรมสำเร็จเพื่อสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ และวิเคราะห์สิ่งที่เรียนรู้ รวมถึงประเมินการเรียนรู้ของตนเอง การเขียนบันทึกการเรียนรู้จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงแผนการเรียนรู้เดิม และการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองต่อไป

5. การวัดประเมินจากแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) ผู้เรียนต้องสะสมผลงานของตนเองเพื่อทบทวนและวิเคราะห์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งครูสามารถกำหนดคำถามเพื่อให้ผู้เรียนประเมินตนเอง ได้ดังนี้

- 5.1 ทำไมถึงเลือกชิ้นงานเหล่านี้

5.2 กระบวนการทำงานเหล่านี้เป็นอย่างไร

5.3 มีอุปสรรคในการทำงานเหล่านี้หรือไม่

5.4 แก้ไขปัญหาระหว่างการทำงานเหล่านี้ได้อย่างไร

6. การคิด 1 นาที การให้ผู้เรียนหยุดทำกิจกรรมหรืองานแล้วคิดทบทวนสิ่งที่กำลังเรียนรู้อยู่ รวมถึงประเมินการทำงานของตนเองและของเพื่อน เพื่อนำผลการพิจารณานั้นมาปรับปรุงและพัฒนางานให้ดีขึ้น

7. การถามเอง-ตอบเอง เป็นการให้ผู้เรียนตั้งคำถามแล้วตอบด้วยตนเอง เช่น กำลังทำอะไรอยู่ ทำอย่างไร และประเมินตนเองว่าประสบความสำเร็จเพียงใด

8. เทคนิคสัญญาณไฟจราจร เป็นการให้ผู้เรียนหยุดทำกิจกรรมหรืองานแล้วทบทวนการเรียนรู้ของตนเองว่า ณ ขณะนี้การเรียนรู้ถึงจุดใด โดยการใช้สัญญาณไฟช่วยสื่อความหมาย เช่น สัญญาณไฟสีแดง หมายถึง ไม่เข้าใจและไม่สามารทำกิจกรรมหรือทำงานต่อได้ สัญญาณไฟสีเหลือง หมายถึง พอเข้าใจแต่ยังมีข้อสงสัยอยู่บ้าง ส่วนสัญญาณไฟสีเขียว หมายถึง เข้าใจอย่างชัดเจน สามารถทำกิจกรรมหรือทำงานต่อได้

9. เทคนิค ICE เป็นการให้ผู้เรียนถามตนเองใน 3 ประเด็น ได้แก่ Idea คือ แนวคิดและหลักการของสิ่งที่กำลังเรียนรู้คืออะไร, Connections คือ มีความเชื่อมโยงของสิ่งที่กำลังเรียนรู้หรือไม่ และ Extensions คือ จะสามารถปรับปรุงหรือประยุกต์ใช้การเรียนรู้ที่ได้รับอย่างไร ทั้ง 3 ประเด็นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด และไม่ออกนอกเป้าหมาย

10. การใช้ผังกราฟฟิก (Graphic organizers) เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนทบทวนการเรียนรู้ของตนเองโดยแสดงออกมาเป็นผังกราฟฟิกในรูปแบบต่างๆ ตัวอย่างเช่น

10.1 ผัง Venn Diagram ผู้เรียนต้องเขียนเรื่องที่เข้าใจ ไม่เข้าใจ และเรื่องที่ยังสับสน

10.2 ผัง SWOT Analysis ผู้เรียนต้องพิจารณาจุดอ่อน จุดแข็ง และอุปสรรคต่างๆ

10.3 ตาราง PMI ผู้เรียนต้องพิจารณาสิ่งที่ทำได้ดี (Plus) สิ่งที่ต้องปรับปรุง (Minus) และสิ่งที่ควรจะทำ (Interesting)

10.4 ตาราง KWHL ผู้เรียนต้องพิจารณาว่ารู้อะไร (Know) ต้องการทำอะไร (Want) จะทำอย่างไร (How) และได้เรียนรู้อะไร (Learn)

กลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีหลากหลายวิธีที่ช่วยในการวัดประเมินการเรียนรู้และกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน แต่มีบางวิธีที่มีวิธีการที่คล้ายคลึงกันหรือซ้ำซ้อนกัน เช่น การคิด 1 นาที การถามเอง-ตอบเอง เทคนิคสัญญาณไฟจราจร เทคนิค ICE เป็นหนึ่งในวิธีการที่ให้ผู้เรียนทบทวนและวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองในขณะที่เรียนรู้ ซึ่งมีจุดประสงค์เดียวกับการใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ และการเขียนข้อความสะท้อนการคิด ส่วนการวัดประเมินจากแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) และการใช้ผังกราฟฟิก (Graphic organizers) เป็นวิธีการที่ให้ผู้เรียนทบทวนและวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองหลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับ โดยผู้เรียนจะได้ใช้เวลาในการพิจารณาตนเองและวิเคราะห์เส้นทางการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีจุดประสงค์คล้ายคลึงกับการวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินเพื่อน และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs)

2.8 ตัวอย่างการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีวิธีการวัดประเมินและกลยุทธ์ที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในการประเมินการเรียนรู้ของตนเองขณะเรียนรู้ รู้ว่าตนเองยังไม่รู้อะไร และจะหาความรู้ นั้นได้อย่างไร Manitoba Education (2006) ได้กล่าวถึงตัวอย่างของวิธีการและสถานการณ์ในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ตัวอย่างของการสะท้อนตนเองและการตัดสินใจ

นักเรียนระดับชั้นมัธยมได้รับมอบหมายให้ทำโครงการเกี่ยวกับหลักการหรือวัฒนธรรมดั้งเดิมของชาวเอสกีโมที่นูนาวุต ประเทศแคนาดา เช่น การรักษาสีงแวดล้อม การอนุรักษ์พลังงาน ทักษะการเอาชีวิตรอด เป็นต้น โดยนักเรียนจะได้รับการเรียนจากชาวเอสกีโม โครงการนี้นักเรียนจะต้องมีส่วนร่วมในการเลือกกิจกรรมต่างๆ ที่แสดงถึงความเข้าใจของตนเอง นักเรียนจะต้องลงสำรวจชุมชนและเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการต่างๆ และแนวคิดหรือแนวทางในการพัฒนาเพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น รวมถึงการดูแลรักษาสีงแวดล้อมต่างๆ

ในการเลือกโครงการในชั้นเรียน นักเรียนจะต้องหารือและตัดสินใจร่วมกันในการเลือกเรื่องของตนเองเพื่อการนำเสนอที่สะท้อนถึงความเข้าใจของตนเอง ซึ่งขั้นตอนนี้แสดงถึงการตัดสินใจโดยที่ต้องเป็นไปตามขั้นตอนในการประชุมร่วมกัน หลังจากกิจกรรมนักเรียนจะได้รับ

คำแนะนำให้สะท้อนความคิดเกี่ยวกับสังคม และแง่มุมต่างๆ ที่กำลังเรียนรู้เป็นรายบุคคล ทั้งนี้ การทำกิจกรรมเป็นรายบุคคลจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละคนประเมินการเรียนรู้และบทบาทหน้าที่ในการเรียนรู้ของตนเอง

2. ตัวอย่างการเขียนจดหมายเกี่ยวกับแฟ้มสะสมผลงานวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics Portfolio Letter)

ในตอนทอม นักเรียนจะต้องเขียนจดหมายถึงครูเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเรียนคณิตศาสตร์ ความคาดหวัง วิธีการเรียนรู้ที่ดีที่สุดวิชาคณิตศาสตร์ที่ให้ประสบผลสำเร็จ และครูสามารถช่วยเหลือได้อย่างไร การเขียนจดหมายนี้จะทำให้ครูเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียน การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และความสามารถในการวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเอง จากนั้นในระหว่างทอมผู้เรียนจะต้องเขียนจดหมายอีกฉบับเกี่ยวกับความคาดหวัง ข้อเสนอแนะและสิ่งที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียนนี้ ซึ่งมีรายละเอียดการเขียนจดหมาย ดังนี้

2.1 สิ่งที่นักเรียนต้องเขียนตอนต้นทอม

1) ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์

1.1) วิธีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ดีที่สุด เช่น ทำงานคนเดียว ทำงานร่วมกับผู้อื่น การอ่านวิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น

1.2) สิ่งที่ชอบและไม่ชอบเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

2) ความคาดหวังในการเรียนรู้

2.1) สิ่งที่ต้องการเรียนรู้

2.2) สิ่งที่ต้องการจากครูเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้

2.2 สิ่งที่นักเรียนต้องเขียนระหว่างทอม

1) ความคาดหวังของพวกเขาสำหรับการเรียนรู้ ณ ตอนนี้

2) ข้อเสนอแนะหรือข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับวิธีการสอนและแหล่งข้อมูลที่จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้

3) สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้

3. ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลของนักเรียน เรื่อง โภชนาการ

ในการเรียนเรื่องการดำรงชีวิตให้มีสุขภาพดีของนักเรียนเกรด 9 นักเรียนจะต้องทำการบันทึกข้อมูลประจำวันเกี่ยวกับสมมติฐาน ข้อสรุป เป้าหมายในการปรับปรุงตนเอง คำถามเพิ่มเติม และแนวคิดต่างๆ ที่เกิดจากการอภิปรายในชั้นเรียน นักเรียนต้องจดบันทึกการกินในแต่ละวันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และใช้ตารางโภชนาการเพื่อดูจำนวนแคลอรีที่บริโภค โดยในการเรียน

ครั้งถัดไปนักเรียนต้องพิจารณาข้อมูลและสิ่งที่เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการควบคุมอาหารซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของตนเอง ซึ่งจากการอภิปรายในชั้นเรียน นักเรียนมีความเห็นตรงกันว่า การออกกำลังกายเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณอาหารและประเภทของอาหารที่ต้องการบริโภค นักเรียนจึงตัดสินใจว่าจะบันทึกการออกกำลังกายของตนเองว่าใช้พลังงานไปทั้งหมดเท่าไรใน 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นมีการอภิปรายตอนท้ายเทอม นักเรียนจะรวบรวมข้อมูลของตนเองมาเพื่อคาดการณ์ ตั้งสมมติฐาน หรือมีประเด็นที่น่าสนใจในการอภิปรายในห้องเรียน และสุดท้ายนักเรียนแต่ละคนต้องรวบรวมข้อมูลที่ตนเองบันทึกมาออกแบบโปสเตอร์ คลิปวิดีโอ หรือการนำเสนอสั้นๆ เพื่อแสดงถึงความสำคัญในการใช้ชีวิตให้สุขภาพดี และนักเรียนต้องสร้างเป้าหมายเกี่ยวกับสุขภาพของตนเองเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับนักเรียนในการไปให้ถึงเป้าหมายของตนเอง อีกทั้งยังได้เรียนรู้เกี่ยวกับตนเองด้วย

4. การมองหาเบาะแสทางภาษา (Looking for Language Clues)

ในชั้นเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 2 ครูได้ออกแบบโปรแกรมการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องสืบสวนปริศนาความลึกซึ้งของภาษาอังกฤษ โดยครูได้จัดเตรียมเบาะแสในแต่ละวันซึ่งเป็นรายการตรวจสอบ (Checklist) และรูบริก (Rubrics) โดยนักเรียนจะเป็นผู้ตรวจสอบเบาะแส ในทุกเช้าของชั้นเรียนครูจะให้เล่นเกมชื่อว่า Looking for Language Clues โดยนักเรียนแต่ละคนจะได้รับ “กล่องภาษา” เป็นกล่องพลาสติกขนาดเล็กโดยในแต่ละกล่องที่ผู้เรียนได้รับจะมีการมอบหมายงานในแต่ละวัน โดยเมื่อนักเรียนมาถึงโรงเรียนในตอนเช้า นักเรียนจะต้องไปหากกล่องภาษาของตนเองและใช้ข้อมูลที่ได้รับเชื่อมโยงกับงานก่อนหน้าที่ได้ทำ วิเคราะห์งานของตนเอง รวมถึงวางแผนในการสืบสวนเพื่อหาเบาะแสทางภาษา กลยุทธ์ที่ครูใช้ขึ้นเป็นการประเมินเฉพาะบุคคล และครูจะให้เบาะแสเปรียบเสมือนการให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียนแต่ละคน

5. การคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบ (Thinking about Composition)

ในขณะที่นักเรียนเรียนวิชาศิลปะเกี่ยวกับหลักการจัดองค์ประกอบของภาพโดยใช้เทคนิคการวาดภาพต่างๆ ซึ่งเมื่อนักเรียนวาดภาพเสร็จนักเรียนต้องพิจารณาคำถามสะท้อนให้คิดดังนี้

1. สีและเทคนิค: สีที่ฉันใช้สอดคล้องกับอารมณ์ที่ต้องการสร้างหรือไม่
 2. จุดเน้นของสีหรือจุดโฟกัสอยู่ที่ใดในภาพนี้ สีที่เข้มที่สุดอยู่ตำแหน่งไหน
- เทคนิคนี้ส่งผลต่ออารมณ์อย่างไร?

3. ความกลมกลืน ความเด่น และความขัดแย้ง: นักเรียนต้องการแสดงอารมณ์ใด จุดโฟกัสคืออะไร ควรมียุติตำแหน่งไหน

4. การทำซ้ำ ความสมดุล และความกลมกลืน: ภาพวาดนี้ต้องการความสมมาตรหรือไม่ ให้ความรู้สึกที่สมบูรณ์หรือไม่

6. การประชุมเพื่อการเรียนรู้

ในชั้นเรียนของชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ครูได้จัดการประชุมเพื่อสื่อสารกับผู้ปกครองซึ่งนักเรียนจำเป็นผู้ดำเนินการประชุมนี้ โดยการอภิปรายนี้จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ในการประชุมมีการเตรียมพร้อมและการประชุมในประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. การเปลี่ยนจุดเน้นจากความสำเร็จของนักเรียนเพียงอย่างเดียวเป็นการเน้นการผสมผสานกันระหว่างความสำเร็จและความก้าวหน้าของนักเรียน ซึ่งจุดประสงค์ของการจัดการประชุมคือการทบทวนหลักฐาน พิจารณานับที่ความก้าวหน้าของนักเรียน และกระบวนการตัดสินใจของนักเรียนที่ตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง

2. ผู้ปกครองขอข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้ปฏิบัติในชั้นเรียนและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินงานหรือกิจกรรม

3. นักเรียนต้องข้อมก่อนถึงการประชุมจริง โดยต้องข้อมการนำเสนอให้เพื่อนและครูฟังก่อนเพื่อปรับปรุงการนำเสนอ

4. หลังจากการนำเสนอเสร็จสิ้น ครูจะพบผู้ปกครองรายบุคคลเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในโรงเรียนและที่บ้านซึ่งเป็นการรายงานผลความสำเร็จตลอดภาคการศึกษา

7. ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาซับซ้อน

ครูได้พิจารณาปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน นั่นคือ ความพยายาม ครูจึงออกแบบการเรียนการสอนให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาของตนเองและพยายามคิดถึงสิ่งที่เป็นไปได้ โดยครูใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และมีกระบวนการในการดำเนินการ ดังนี้

7.1 ทำไมต้องวัดประเมิน (Why am I assessing?) เพื่อพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาของนักเรียนและเพิ่มระดับความพยายามเพื่อให้นักเรียนพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองในบริบทที่หลากหลาย ซึ่งการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนนักเรียนต้องพยายามคิดและสำรวจวิธีการในการ

เผชิญหน้ากับปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และต้องสามารถพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาของตนเองได้

7.2 วัดประเมินอะไร (What am I assessing?) วัดประเมินความสามารถของนักเรียนในการกำกับกระบวนการคิดของตนเองและกลยุทธ์ในความพยายามแก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยครูต้องช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจวิธีการของปัญหา และวิธีการคิดก่อนที่จะค้นหาวิธีการแก้ปัญหา ถ้านักเรียนมีความสามารถในการตระหนักรู้ความสามารถตนเองเพิ่มขึ้น จะทำให้นักเรียนสามารถคิดค้นกลยุทธ์ในการทำให้การเรียนรู้ดีขึ้นและมีความเป็นอิสระในการแก้ปัญหาของตนเอง

7.3 ควรใช้วิธีการวัดประเมินอะไร (What assessment method should I use?) นักเรียนต้องกำกับติดตามระดับความพยายามของตนเองเมื่อตั้งเผชิญกับปัญหาที่ซับซ้อนและยาก วิธีการที่จะวัดประเมินกระบวนการรู้คิด (metacognition) จะต้องสังเกตการทำงานและการแสดงความคิดของนักเรียน และครูจะต้องพูดคุยกับนักเรียนเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเริ่มจากการคุยกับนักเรียนเกี่ยวกับความคาดหวังในการแก้ปัญหาต่างๆ โดยครูต้องเตรียมตัวอย่างการแก้ปัญหาให้นักเรียนเรียนรู้ และจากนั้นครูได้ออกแบบการวัดประเมินให้มีการสนทนาแบบเปิด และการวัดประเมินตนเอง (Self-assessment) โดยครูให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ของตนเองเพื่อสะท้อนการเรียนรู้ และครูทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสนทนาและการสังเกตการทำงาน of นักเรียน โดยตัวอย่างการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ของนักเรียนคนหนึ่งในชั้นเรียนมีรายละเอียดดังนี้

ฉันพยายามจะหาสิ่งเหล่านี้...

1. ถ้าฉันไม่รู้จะเริ่มแก้ปัญหายังไง ฉันจะอ่านคำถามซ้ำอีกครั้งและพยายามมองหาสิ่งที่ฉันรู้

2. ฉันพยายามค้นหาสิ่งที่ฉันสามารถแก้ปัญหาก็ได้

3. ฉันพยายามหาข้อมูลต่างๆ เพื่อหาปัญหาที่คล้ายคลึงกัน

4. ฉันอ่านหนังสือที่อธิบายการแก้ปัญหาลักษณะคล้ายกัน

5. ฉันขอให้ครูช่วยฉันหาค้นหาวิธีการที่ฉันรู้และจะแก้ปัญหาก็ได้

6. ฉันขอให้ครูช่วยแนะนำว่าฉันควรจะทำอย่างไรต่อไป

7. ฉันคิดถึงความแตกต่างของสิ่งต่างๆ ของปัญหาที่ฉันเคยแก้

8. ถ้าฉันรู้สึกว่าคุณไม่พยายามที่จะแก้ปัญหาก็ได้ ฉันจะถามตัวเองว่าทำไมถึง

คิดแบบนั้น

7.4 มั่นใจคุณภาพกระบวนการวัดประเมินได้อย่างไร (How can I ensure quality in this assessment process?) ครูต้องมั่นใจว่านักเรียนตระหนักถึงความพยายามในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและนักเรียนมีการใช้วิจารณญาณที่สมเหตุสมผลในการแก้ปัญหา รวมทั้งต้องมั่นใจว่านักเรียนได้บันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินตนเองเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับตัวนักเรียน โดยครูและนักเรียนมีการกำหนดเกณฑ์สำหรับความพยายามในการแก้ปัญหาร่วมกัน ดังนี้

เกณฑ์สำหรับความพยายามในการแก้ปัญหา

1. ฉันอ่านปัญหาช้าอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อให้เข้าใจอย่างถ่องแท้
2. ฉันแบ่งปัญหาค่อยๆ เป็นส่วนๆ เพื่อตรวจสอบว่าฉันรู้อะไรและต้องการข้อมูลเพิ่มเติม
3. ฉันตรวจสอบบันทึก หนังสือ และแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อหาแนวทางที่อาจเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา
4. ฉันถามคำถามคนอื่น ๆ เพื่อพยายามหาคำตอบและแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา (ไม่ได้ถามวิธีการแก้ปัญหา)
5. ฉันวาดแผนภาพหรือใช้วัตถุจำลองเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ อย่างหลากหลายวิธี

นักเรียนจะใช้เกณฑ์นี้เป็นตัวชี้้นำในการแก้ปัญหาและสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหของตนเอง และขณะเดียวกันครูก็ใช้เกณฑ์นี้ในการสังเกตการแก้ปัญหานักเรียนเพื่อเป็นข้อมูลอีกช่องทางที่สะท้อนให้ผู้เรียนได้รับความสามารถในการแก้ปัญหของตนเอง แต่ถ้านักเรียนต้องการความช่วยเหลือจากครู ครูจะมีคำถามในการสนทนาสั้นๆ ดังนี้

1. นักเรียนทราบได้อย่างไรว่านักเรียนกำลังใช้ความพยายามในการแก้ปัญหานี้อยู่
2. นักเรียนคิดอย่างไรขณะที่กำลังหาวิธีการแก้ปัญหา
3. นักเรียนตัดสินใจอะไรไปแล้วบ้าง
4. นักเรียนสามารถระบุการตัดสินใจอื่นๆ เพิ่มเติมได้หรือไม่
5. การคิดและการตัดสินใจของนักเรียนมีความเหมาะสมกับเป้าหมายที่ได้พยายามอย่างไร ครูจะมุ่งเน้นไปที่การตัดสินใจของนักเรียนเองซึ่งกลยุทธ์ที่ทำให้ผู้เรียนมีระดับความพยายามที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา

7.5 นำข้อมูลที่ได้จากการวัดประเมินไปใช้อย่างไร (How can I use the information from this assessment?) ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปกำหนดการพัฒนาและส่งเสริมระดับความพยายามในการเรียนรู้ในสถานการณ์ต่างๆ นักเรียนจะทราบเบื้องต้นว่าความพยายามแก้ปัญหาของตนเองเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดร่วมกัน แต่ข้อมูลได้นั้นจะได้มาจากการวัดประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนเองและจากครู

จากการศึกษาตัวอย่างการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่หลากหลายวิธีการในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน พบว่า การทำโครงการหรือการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาซับซ้อนจะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาของตนเองและพยายามสะท้อนคิดถึงสิ่งที่เป็นไปได้ โดยวิธีการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการเป็นผู้ประเมินการเรียนรู้ของตนเอง คือ การสนทนาแบบเปิด การวัดประเมินตนเอง (Self-assessment) และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) โดยการเขียนบันทึกการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของตนเอง และสามารถวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองได้ นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาตนเอง ดังนั้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนพยายามแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันอย่างเป็นระบบ นั่นคือ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยบูรณาการกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ทั้งการใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ขณะเรียน การวัดประเมินตนเอง (Self-assessment) และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) เพื่อสะท้อนถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน และเป็นข้อมูลสำหรับครูในการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเพื่อพัฒนาผู้เรียนต่อไป

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning)

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
ผลกระทบ ของการ ประเมินโดย เพื่อนต่อ ความเป็น อิสระของ ผู้เรียน: การศึกษาเชิง ประจักษ์ใน ชั้นเรียนการ เขียน ภาษาอังกฤษ ของวิทยาลัย จีน	Shen, Bai & Xue	2020	China	นักศึกษาชั้น ปีที่ 2 แบ่งเป็นกลุ่ม ทดลองและ กลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่ม ละ 35 คน	การวิจัย เชิง ทดลอง	หลังจากกลุ่มทดลองได้รับการ การประเมินโดยเพื่อน และกลุ่มควบคุมได้รับการ ประเมินแบบดั้งเดิมโดยครู พบว่า การประเมินโดย เพื่อนช่วยส่งเสริมความ เป็นอิสระของผู้เรียน และ ช่วยเพิ่มความเป็นอิสระ จากครู และความมั่นใจใน ความสามารถในการ เรียนรู้ของตนเอง อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่การประเมิน โดยเพื่อนไม่ส่งผลต่อ ความคาดหวังในบทบาท หน้าที่ของครู ความสามารถในการ ประเมินของผู้เรียน และ การใช้กลยุทธ์ในการ เรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05
การประเมิน การเรียนรู้ เกี่ยวกับการ เขียนระดับ ประถมศึกษา: การศึกษาเชิง สำรวจ	Lee, Mak & Yuan	2019	Hong Kong	ครู จำนวน 2 คน นักเรียน ระดับชั้น ประถมศึกษา จำนวน 6 คน	การวิจัย ทดลอง	ครูพยายามใช้การวัด ประเมินเป็นการเรียนรู้ เพราะเป็นการประเมินที่มี ประสิทธิภาพและจำเป็น ต่อการสอนวิชา ภาษาต่างประเทศ โดยจะ เป็นประโยชน์ทั้งต่อตนเอง และนักเรียน และจากการ สัมภาษณ์พบว่าการใช้ การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้เป็นงานที่หนัก

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
						สำหรับครู แต่จะเป็นประโยชน์ในการเสริมสร้างความรู้ในการประเมินของตนเองและทำให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ของตนเองมากขึ้น แต่งานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะว่า ควรมีการวิจัยในระยะยาวเพื่อยืนยันผลของการใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การวิจัยที่มุ่งเน้นไปที่บทบาทของนักเรียน เช่น วิธีการกำหนด ตรวจสอบ และประเมินเป้าหมายการเรียนรู้ส่วนบุคคล และพัฒนากระบวนการคิด (Metacognition) ผ่านการประเมินตนเองและเพื่อน รวมถึงกลยุทธ์อื่นๆ ในการพัฒนาความสามารถในการประเมินของผู้เรียน
การประเมินตนเองซึ่งมีผลต่อความเป็นอิสระของนักเรียนและการรับรู้ความสามารถในการเขียน	Ratminingsih, Marhaeni & Vigayanti	2018	Indonesia	นักเรียนเกรด 7 แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละ 34 คน	การวิจัยเชิงทดลอง	การประเมินตนเองส่งผลต่อความเป็นอิสระของนักเรียนและความสามารถในการเขียน ดังนั้น ครูจึงควรส่งเสริมการประเมินตนเองเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความเป็นอิสระและมีความสามารถในการเขียนเพิ่มขึ้น

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
การรับรู้ของ นักเรียนและ ครูเกี่ยวกับการ ประเมินตนเอง ของนักเรียนใน ระหว่างเรียน	Shati & Zabeli	2018	Kosovo	นักเรียน ระดับชั้น มัธยมศึกษา ตอนต้น จำนวน 325 คน และ นักเรียน ระดับชั้น มัธยมศึกษา ตอนปลาย จำนวน 400 คน	การวิจัย เชิง ปริมาณ	การประเมินตนเองมี ประสิทธิภาพในการกระตุ้น การเรียนรู้ของนักเรียนผ่าน การตระหนักรู้ของตนเอง และช่วยพัฒนาระบบการ รู้คิด (Metacognition) นอกจากนี้ การรับรู้ของครู และนักเรียน ในปัจจุบันมี การใช้การประเมินตนเองใน ห้องเรียนอยู่จริง แต่ยังอยู่ ในระดับที่ไม่น่าพอใจ ซึ่ง กิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียน ประเมินตนเองมากขึ้น คือ กิจกรรมที่มีการแข่งขันกับ เพื่อนร่วมชั้น หรือการให้ เกรดจากครู จะเป็น แรงผลักดันให้นักเรียนมีการ เรียนรู้เพิ่มเติม แต่นักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลายมีความเห็นว่าการ ประเมินตนเองจะมากขึ้น เมื่อมีการแข่งขันกัน ในห้องเรียนและได้รับการ ประเมินจากครูประจำวิชา โดยครูและนักเรียนมี ความเห็นตรงกันว่า วิธีที่ ง่ายและเหมาะสมกับการ ประเมินตนเอง คือ การ ทำงานเดี่ยว รองลงมา คือ การทำงานกลุ่ม การประเมิน จากครู และการทำงานเป็น คู่ ตามลำดับ

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
การส่งเสริม ความเป็น อิสระของ ผู้เรียน: บทเรียนจาก การใช้งาน โครงงานเป็น ส่วนเสริมใน การเรียนรู้ ทักษะ ภาษาอังกฤษ	Loi	2017	Vietnam	นักศึกษาปี 2 ในโปรแกรม การศึกษา สอน ภาษาอังกฤษ	การวิจัย เชิงทดลอง	หลังจากนักศึกษาได้รับ มอบหมายงานและมีการ กำหนดเกณฑ์การประเมิน ร่วมกันระหว่างผู้สอนและ นักศึกษา และมีการวาง แผนการทำงานต่างๆ ภายใต้การดูแลของครู โดย จะได้รับข้อเสนอแนะหรือ ข้อมูลย้อนกลับจากครู เมื่อ งานสำเร็จจะได้รับการ ประเมินจากเพื่อนและครู โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด ข้างต้น ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการที่นักศึกษามี ส่วนร่วมในการทำโครงงาน นี้ นักศึกษามีความเป็น อิสระมากขึ้น อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในองค์ประกอบ ความ มั่นใจในตนเอง พฤติกรรม การควบคุมตนเอง ทักษะคิด ต่อความรับผิดชอบต่อ ตนเอง และทักษะคิดต่อ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม แต่ใน องค์ประกอบการตัดสินใจ ด้วยตนเอง นักศึกษามี ความเป็นอิสระไม่แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
การใช้การ บันทึกการ เรียนรู้มา สนับสนุน การเรียนรู้ของ นักเรียนในวิชา ชีววิทยา	Stephens & Winterbottom	2010	United Kingdom	นักเรียน ระดับชั้น มัธยมศึกษา ตอนต้นและ ตอนปลาย จำนวน 30 คน	การวิจัย เชิงทดลอง	การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) เป็นเครื่องมือการสอนที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการรับรู้และการวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ไตร่ตรองการเรียนรู้ของตนเองและสะท้อนความเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และส่งเสริมให้เป็นการเรียนรู้อย่างมีอิสระ ดังนั้นการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) เป็นกลยุทธ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ แต่มีข้อเสนอนะในการนำไปใช้ดังนี้ 1. การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) อาจจะเป็นการให้ข้อมูลอย่างจำกัดกับนักเรียนซึ่งในทางตรงข้ามกัน การแทรกแซง (Intervention) อาจจะช่วยกระตุ้นกระบวนการรู้คิด (Metacognition) ได้ดีกว่า 2. การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ทำให้นักเรียนมีกรอบในการ

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
						คิด แต่ในทางตรงข้าม นักเรียนอาจจะสามารถ เรียนรู้ได้จากจากการมีส่วนร่วม ร่วมผ่านการสนทนาได้ ดีกว่า 3. การเขียนบันทึกการ เรียนรู้ (Learning Logs) จะ ส่งผลต่อการรับรู้การเรียนรู้ ของตนเองแม้ว่าจะให้ นักเรียนเขียนในระยะเวลา อันสั้น 4. การให้ข้อมูลย้อนกลับ ด้วยวาจาในภาพรวม เกี่ยวกับการเขียนบันทึก การเรียนรู้ (Learning Logs) จะทำให้นักเรียน นักเรียนบางคนได้รับข้อมูล ย้อนกลับไม่สอดคล้องกับ การเรียนรู้ของตนเองและ ทำให้ประสิทธิภาพของการ สื่อสารระหว่างครูและ นักเรียนลดลง
การ ประเมินผล การเรียนรู้ การ วัดประเมิน เพื่อการเรียนรู้ และการวัด ประเมินเป็น การเรียนรู้: กรณีศึกษา ของนิวซีแลนด์	Hume & Coll	2009	New Zealand	โรงเรียนระดับ มัธยมศึกษา จำนวน 2 โรงเรียน	การวิจัย กรณีศึกษา	หลักสูตรการศึกษาของ ประเทศนิวซีแลนด์เป็น หลักสูตรที่มีบริบทของการ สืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์และส่งเสริมให้ นักเรียนมีประสบการณ์จริง ซึ่งจากการวัดประเมินเป็น การเรียนรู้ในเชิงปฏิบัติ พบว่า หลักสูตรที่นักเรียน ได้ศึกษาอยู่มีความไม่ สอดคล้องกับหลักสูตร วิทยาศาสตร์ของประเทศ

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
						นิวซีแลนด์ ดังนั้น ผู้กำหนด นโยบายควรให้ความสำคัญ กับความสอดคล้องระหว่าง นโยบายและหลักสูตร เช่น ควรส่งเสริมการเรียนรู้ของ นักเรียนในด้านการสืบค้น ทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริง และให้เป็นอิสระของ ครูในการออกแบบการ จัดการเรียนการสอนมาก ขึ้นเพื่อตอบสนองความ ต้องการและความสนใจใน การเรียนรู้ของนักเรียน และ ข้อกำหนดต่างๆ ในด้านการ บริหารอาจส่งผลเสียต่อการ สอนและการเรียนรู้ของ นักเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ พบว่า การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นการประเมินที่มีประสิทธิภาพ เสริมสร้างความรู้ในการประเมินของตนเองและทำให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ของตนเองมากขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการวัดประเมินที่ควรนำไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนจริง นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับใช้กลยุทธ์เทคนิคหรือวิธีการของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้นำไปใช้ในห้องเรียนจริง เช่น การประเมินโดยเพื่อน (Peer assessment) การประเมินตนเอง (Self-assessment) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) และการมอบหมายงานที่มีมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินร่วมกันระหว่างผู้สอนและนักศึกษา และมีการวางแผนการทำงานต่างๆ ภายใต้การดูแลของครู ซึ่งวิธีการและกิจกรรมเหล่านี้ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียน และสามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีกระบวนการรู้คิด (Metacognition) ได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะของผู้เรียนด้านความเป็นอิสระของผู้เรียนด้วยเช่นกัน

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้น พบว่า การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมคุณลักษณะ และพัฒนากระบวนการรู้คิด (Metacognition) ของผู้เรียน ทำให้นักเรียนมีบทบาทใน

การประเมินการเรียนรู้ของตนเอง สามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ และทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงการเรียนรู้ที่ยั่งยืนและการเรียนรู้ตลอดชีวิตซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้ของมนุษย์ อีกทั้ง การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มุ่งเน้นการวัดประเมินระหว่างเรียนตามสภาพจริง (Authentic assessment) จากการปฏิบัติของผู้เรียน ดังนั้น การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้จึงเหมาะสมกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งพัฒนาความสามารถในการบูรณาการองค์ความรู้เดิมไปใช้ในชีวิตประจำวันผ่านการลงมือปฏิบัติ โดยจะสามารถวัดประเมินได้ทั้งด้านความรู้ที่ผู้เรียนนำมาใช้ในการบูรณาการการแก้ปัญหา ด้านคุณลักษณะผ่านการประเมินตนเองและสะท้อนคิด และทักษะผ่านการประเมินผลงานที่ผู้เรียนสร้างสรรค์

ตอนที่ 3 สะเต็มศึกษา (STEM Education)

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีกระบวนการจัดการเรียนการสอนตามหลักการสะเต็มศึกษาและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สะเต็ม มาจากภาษาอังกฤษ STEM ซึ่งมาจากอักษรย่อของคำว่า Science (วิทยาศาสตร์) Technology (เทคโนโลยี) Engineering (วิศวกรรมศาสตร์) และ Mathematics (คณิตศาสตร์) หมายถึง การบูรณาการของศาสตร์วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน (วารินทร์ พันธ์เพ็ญ, 2559, น.199) ดังนั้น สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง พร้อมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ และการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎผ่านการปฏิบัติจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน การจัดการศึกษาแบบนี้ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ และสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะ และความคิดสร้างสรรค์ สามารถนำข้อค้นพบนั้น

ไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในอนาคตได้ (Bybee, 2010, pp.996; STEM Education Thailand, 2014)

3.2 ลักษณะของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกและพฤติกรรมของสิ่งต่างๆ อย่างเป็นระบบ โดยอาศัยการทดลอง และการวัดเพื่ออธิบายข้อเท็จจริงเหล่านั้น เทคโนโลยีเป็นการสร้างและการใช้เทคนิคในการในการนำไปสู่ผลิตภัณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหา วิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง กระบวนการออกแบบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ต่างๆ และคณิตศาสตร์ คือ การคำนวณตัวเลข รูปร่าง และปริมาณที่เกี่ยวข้อง (EducationWeek, 2021; White, 2014, pp.4) โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มมักจะคล้ายกับการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์และการทดลองวิทยาศาสตร์แต่จะบูรณาการนำวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้นั้นมาลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 6 ประการ (EducationWeek, 2021; STEM Education Thailand, 2014) ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้นประเด็นปัญหาของโลกแห่งความจริงหรือชีวิตประจำวัน ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้การจัดการกับปัญหาทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม รวมถึงแสวงหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งประเด็นที่ศึกษาจะต้องสร้างความท้าทายทางความคิดแก่ผู้เรียน
2. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีกระบวนการที่ยืดหยุ่น กระตุ้นให้ผู้เรียนระบุปัญหา ดำเนินการวิจัยและออกแบบทางวิศวกรรม รวมไปถึงการสร้างและพัฒนาการแก้ปัญหา จากนั้นจะทดสอบ ประเมิน และออกแบบใหม่ ซึ่งเป็นการเรียนรู้จากความผิดพลาด ยอมรับ และพัฒนาอีกครั้งเพื่อแก้ปัญหานั้นๆ
3. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งเน้นให้ผู้เรียนสืบเสาะและเรียนรู้อย่างอิสระ ซึ่งผลงานของผู้เรียนจะมีความสมจริงที่เกิดจากความร่วมมือกันและตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่เกิดจากการบูรณาการทั้ง 4 ศาสตร์ โดยผู้เรียนจะมีโอกาสสื่อสารและแบ่งปันความคิดและการออกแบบของตนเองโดยใช้กระบวนการสืบเสาะ

4. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการทำงานเป็นทีมอย่างมีประสิทธิภาพ และมุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

5. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีการบูรณาการทั้งคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างครูวิทยาศาสตร์และครูคณิตศาสตร์เพื่อระบுவัตถุประสงค์ที่มีการบูรณาการร่วมกันและทำให้ผู้เรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไม่ใช่วิชาที่แยกออกจากกัน อีกทั้งสามารถบูรณาการร่วมกันเพื่อแก้ปัญหา นอกจากนี้ ยังมีการบูรณาการการใช้เทคโนโลยีเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งก็ต้องอาศัยความร่วมมือกับครูศิลปะด้วยเช่นกัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความดึงดูด น่าสนใจ และนำไปสู่การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม (STEAM)

6. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะช่วยให้ผู้เรียนแสวงหาคำตอบที่ถูกได้หลากหลายวิธีและอาจเกิดความล้มเหลว ซึ่งเป็นประสบการณ์ส่วนหนึ่งของการเรียนรู้

ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้หาคำตอบที่ต้องจากหลากหลายวิธีการที่เป็นไปได้เพื่อแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งอาจจะเกิดความล้มเหลวขึ้นระหว่างนั้น ผู้เรียนก็จะได้เรียนรู้จากความล้มเหลวนั้นและเกิดการเรียนรู้ใหม่อีกครั้ง ซึ่งการเกิดความล้มเหลวขึ้นนั้นถือว่าเป็นกระบวนการเชิงบวกในการค้นหาและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) (อ้างถึงใน วัชรภรณ์ อมรศักดิ์, 2563, น.18) และ STEM Education Thailand (2014) ได้ตระหนักถึงการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 รวมถึงความท้าทายความคิดของผู้เรียน และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่เกิดจากการบูรณาการทั้ง 4 ศาสตร์เข้าด้วยกัน

3.3 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การบูรณาการสะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอนมีหลากหลายรูปแบบ ตามลักษณะของผู้เรียน สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรม และการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีทางการศึกษา ซึ่งจะเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เนื่องจากเป็นการพัฒนาความเข้าใจและทักษะผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ และเน้นการเรียนรู้แบบการลงมือปฏิบัติ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริงอย่างกระตือรือร้น รวมทั้งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active learning) ผ่านการสืบเสาะ คิดวิเคราะห์ เชื่อมโยง และบูรณาการความรู้เพื่อหาคำตอบหรือแก้ปัญหาในชีวิต

จริง พร้อมทั้งผลิตนวัตกรรมใหม่ๆ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาต้องอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีหลากหลายแนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยจะนำเสนอ 3 แนวคิด ซึ่งเป็นแนวคิดในอดีตจนถึงปัจจุบัน โดย Khandanai (2005, pp.5-24) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สะเต็มไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดปัญหา (Define the problem) การเริ่มต้นการแก้ปัญหาควรเริ่มจากการระบุปัญหาที่ชัดเจน และให้คำจำกัดความของปัญหานั้นๆ รวมถึงการทำความเข้าใจกับปัญหา
2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Gather pertinent information) การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาก่อนการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งควรมีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา หรือความผิดพลาดของความพยายามแก้ปัญหาก่อนหน้านี้ เพื่อเรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่พบและนำไปสู่การเริ่มแก้ปัญหาใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. สร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (Generate multiple solutions) การออกแบบการแก้ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ใหม่ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ และมุ่งเน้นการใช้ข้อมูลนั้นเพื่อปรับปรุงจุดอ่อนที่เคยเกิดขึ้นจากความพยายามแก้ไขปัญหามาก่อน รวมถึงการใช้แนวคิด เครื่องมือ และวิธีการใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ในการสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่ซ้ำเดิม
4. วิเคราะห์และเลือกวิธีการแก้ปัญหา (Analyze and select a solution) หลังจากคิดวิธีการแก้ปัญหาแล้วจะต้องวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาทั้งหมดแล้วตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปใช้ รวมถึงประเมินความเป็นไปได้ในด้านต่างๆ โดยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญหรือมีประสบการณ์สูง
5. ทดสอบและนำไปใช้แก้ปัญหา (Test and implement the solution) เป็นขั้นตอนการนำวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกไปใช้ในการแก้ปัญหานั้นจริง โดยการทดสอบต้องพิจารณาการใช้งานในหลายๆ ด้าน เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงต่อไป



ภาพประกอบ 4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: Khandanai. (2005, pp.6). Engineering Design Process: Education transfer plan.

นอกจากนี้ อีกแนวคิดหนึ่งเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มี 6 ขั้นตอน ซึ่งเพิ่มขั้นตอนการนำเสนอผลงานเพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารและแบ่งปันความคิด และการออกแบบของตนเองโดยใช้กระบวนการสืบเสาะซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (วัชรภรณ์ อมรศักดิ์, 2563, น.18-19; STEM Education Thailand, 2014) ดังนี้

1. ระบุปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันและต้องการการแก้ไขหรือพัฒนา (Problem Identification) ผู้เรียนต้องตระหนักถึงประเด็นที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อแก้ไขปัญหา ดังกล่าว ซึ่งผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหา คำนึงถึงปัญหาย่อยที่เกิดขึ้นและนำไปสู่ปัญหาหลักด้วย

2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาหรือนำไปสู่การพัฒนา (Related Information Search) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการแก้ปัญหาดังกล่าวว่ามีการศึกษาหรือเสนอวิธีแก้ปัญหาอย่างไร มีข้อเสนอแนะอย่างไร และการค้นหาแนวคิด เป็นการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ หลังจากการรวบรวมข้อมูลควรมีการสังเคราะห์และประเมินแนวคิดต่างๆ เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี จุดอ่อน และเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการแก้ปัญหามากที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ที่รวบรวมข้อมูลได้ เพื่อออกแบบวิธีการหรือองค์ประกอบที่นำไปสู่การกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการวางแผนและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) โดยต้องดำเนินการตามเป้าหมายที่กำหนด และกรอบระยะเวลาในการดำเนินการอย่างชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรม (Testing, Evaluation and Design Improvement) หลังจากพัฒนาต้นแบบ (Prototype) จะต้องมีการทดสอบและประเมินต้นแบบที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินนี้จะนำไปสู่การแก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาต่อไปให้ต้นแบบมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากยิ่งขึ้น โดยการทดสอบและการประเมินสามารถทำได้หลายครั้งจนการจะได้ต้นแบบที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหอย่างแท้จริง

6. นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนา (Presentation) การนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชนอย่างเข้าใจง่ายและน่าสนใจ



ภาพประกอบ 5 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: STEM Education Thailand. (2014). รู้จักซะเต็ม

นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์ (University of Colorado at Boulder) (2022) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ตั้งคำถาม (Ask) เพื่อระบุความต้องการและข้อจำกัดที่เกิดขึ้น เช่น การตั้งคำถามเกี่ยวกับประเด็นที่เป็นปัญหาและต้องการการแก้ไข
2. ค้นหาปัญหา (Research the Problem) การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการจะแก้ปัญหาเกี่ยวกับการศึกษาหรือการพยายามแก้ปัญหาผ่านมา
3. จินตนาการการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (Imagine Possible Solutions) เป็นการสร้างแนวคิดจากการระดมความคิด หรือแนวทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด
4. วางแผน (Plan) วิเคราะห์และเลือกแนวคิดที่มีความเป็นไปได้และเหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
5. สร้างต้นแบบ (Create a prototype) เป็นการสร้างต้นแบบออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวคิด โดยการสร้างต้นแบบจะเป็นแบบจำลองก่อนการผลิตผลิตภัณฑ์จริงออกมา
6. ทดสอบและประเมินต้นแบบ (Test and Evaluate the prototype) ต้องมีการทดสอบและประเมินความสามารถในการนำไปใช้แก้ปัญหาตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

7. ปรับปรุง (Improve) เป็นการปรับปรุงหรือพัฒนาเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการ ซึ่งอาจจะมีการทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงหลายครั้งก่อนที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามความต้องการ แต่ถ้ามีเงื่อนไขเวลาที่จำกัดอาจจะทำการระบุข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและแก้ไขต่อไป



ภาพประกอบ 6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: University of Colorado at Boulder. (2022). TeachEngineering

ศูนย์สะเต็มแห่งชาติ (2561) (อ้างถึงใน วัชรภรณ์ อมรศักดิ์, 2563, น.19) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยการจัดกิจกรรมสะเต็มแทรกไปในเนื้อหาวิชาเรียนแต่ละวิชา ซึ่งอาจจะเป็นวิชาพื้นฐานหรือรายวิชาเลือกเสรี หรืออาจจะจัดกิจกรรมกลุ่มนอกห้องเรียน เช่น ค่าย ชุมนุม หรือชมรม เป็นต้น

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาต้องคำนึงถึงหลักการสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในเชิงปฏิบัติ 5 ประการ คือ การบูรณาการเนื้อหา การเรียนรู้แบบเน้นปัญหา การเรียนรู้แบบเน้นการสอบถาม การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ และการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Thibaut et al, 2018, pp.5-7) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การบูรณาการเนื้อหา การเชื่อมโยงความรู้ระหว่างทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยผู้เรียนต้องเชื่อมโยงความรู้ด้วยตนเอง และควรมุ่งเน้นเนื้อหาและทักษะแบบสหวิทยาการ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา มากกว่าเนื้อหาและทักษะเฉพาะ นอกจากนี้ การบูรณาการเนื้อหาเข้ากับกิจกรรมเน้น “แนวคิดใหญ่ (Big ideas)”

2. การเรียนรู้แบบเน้นปัญหา ควรเป็นปัญหาที่เกี่ยวกับโลกความเป็นจริง ซึ่งการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาจะเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) การประยุกต์และถ่ายทอดความรู้ไปสู่บริบทที่เป็นจริง ดังนั้น การสอนควรเริ่มต้นด้วยการนำเสนอสถานการณ์ที่เป็นปัญหาแก่ผู้เรียน เช่น การเรียนรู้ผ่านการทำโครงการ (Project-based learning) โดยครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้การทำงานนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นและบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ แต่ไม่ได้ให้คำแนะนำที่เฉพาะเจาะจง แต่จะเป็นการแนะนำแหล่งข้อมูลที่มีความเป็นไปได้ ส่วนผู้เรียนจะต้องระบุและกำหนดปัญหาด้วยตนเอง และสามารถเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่จะเรียนรู้กับประสบการณ์และความรู้เดิม ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาโดยผ่านกระบวนการแก้ปัญหาด้วยตนเองตามความเป็นจริง

3. การเรียนรู้แบบเน้นการสอบถาม การตั้งคำถามเป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้การสอบถาม เพราะแสดงถึงการเริ่มสร้างความรู้ โดยผู้เรียนจะถูกกระตุ้นให้ตั้งคำถามเกี่ยวกับความรู้ที่มีกับหัวข้อที่กำหนด จากนั้น ผู้เรียนจะใช้ความรู้เดิมเพื่อสร้างแนวความคิดใหม่ ออกแบบและดำเนินการตรวจสอบเพื่อค้นพบแนวคิดใหม่ ส่วนครูควรให้คำแนะนำโดยการตั้งคำถามกับผู้เรียนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนค้นพบข้อบกพร่องในการให้เหตุผลหรือการออกแบบวิจัยซึ่งนำไปสู่การหาคำตอบในที่สุด

4. การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ การใช้การออกแบบทางเทคโนโลยีหรือวิศวกรรมศาสตร์ การออกแบบทางวิศวกรรมสามารถเสริมสร้างความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ รวมทั้ง ส่งเสริมความรู้เชิงนามธรรมไปสู่การประยุกต์ใช้ความรู้จริง การออกแบบที่มีประสิทธิภาพควรเป็นการออกแบบอย่างอิสระ พร้อมการลงมือปฏิบัติจริง ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการพิจารณาข้อจำกัด ความปลอดภัย ความเสี่ยง ความไม่แน่นอน และทางเลือกในการแก้ปัญหา

5. การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เป็นการส่งเสริมการทำงานเป็นทีมและการทำงานร่วมกับผู้อื่น รวมถึงทักษะการสื่อสาร โดยเฉพาะการสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์

และวิศวกรรม ผ่านการเขียน การฟัง และการพูด นอกจากนี้ การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมยังกระตุ้น การฟังพากันและกันด้วย ตัวอย่างการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เช่น การจัดกิจกรรมที่ใช้ทรัพยากร ร่วมกัน หรือการให้งานที่ยาก ความซับซ้อนและไม่สามารถทำเป็นรายบุคคลได้

ตาราง 5 การวิเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม	Khandanai (2005)	STEM Education Thailand (2014)	วิศวกรรม อมรศักดิ์ (2563)	University of Colorado at Boulder (2022)
1. ระบุปัญหา	✓	✓	✓	✓
2. รวบรวมข้อมูล	✓	✓	✓	✓
3. ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา	✓	✓	✓	✓
4. วางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหา		✓	✓	✓
5. ร่างแบบ				✓
6. เลือกวิธีแก้ปัญหาที่ ดีที่สุด	✓			
7. ทดสอบและประเมิน	✓	✓	✓	✓
8. ปรับปรุง				✓
9. นำเสนอ		✓	✓	

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม มีหลากหลายแนวคิด แต่ส่วนใหญ่จะมีแนวคิดและขั้นตอนที่คล้ายกัน ซึ่งในงานวิจัย นี้จะใช้แนวคิดของ วิศวกรรม อมรศักดิ์ (2563, น.18-19) และ STEM Education Thailand (2014) ที่มีจำนวน 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันและต้องการการแก้ไขหรือ พัฒนา (Problem Identification) 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาหรือนำไปสู่การ พัฒนา (Related Information Search) 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Planning and

Development) 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรม (Testing, Evaluation and Design Improvement) และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนา (Presentation) เนื่องจากเป็นแนวคิดที่มีความครอบคลุมและสอดคล้องกับทุกแนวคิด แต่มีการเพิ่มขั้นการนำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาเป็นขั้นสุดท้าย ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสนำเสนอ แสดงความคิดเห็น แบ่งปันความคิดและการออกแบบของตนเองโดยใช้กระบวนการสืบเสาะทั้ง 5 ขั้น ก่อนหน้า ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาการสื่อสารตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และวิศวกรรม ผ่านการเขียน การฟัง และการพูด และกระตุ้นการฟังพากันและกันเพื่อนำไปสู่ความร่วมมือและตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาร่วมกัน อีกทั้ง ยังเป็นการแสดงออกถึงความเข้าใจของผู้เรียนในการบูรณาการทั้ง 4 ศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา (EducationWeek, 2021; STEM Education Thailand, 2014)

3.4 การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การวัดประเมินความรู้ด้านเนื้อหา เจตคติ และทักษะกระบวนการ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือการประเมินสมรรถนะของผู้เรียน และอีกส่วนคือ การวัดประเมินการบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อการสร้างผลงาน (Project assessment) ซึ่งมุ่งเน้นการประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) และเป็นการวัดประเมินทั้งด้านความรู้ ความสามารถ (Performance assessment) และภาคปฏิบัติ (Practical assessment) (Vasquez, 2013 อ้างถึงใน วัชรภรณ์ อมรศักดิ์, 2563, น. 22) โดยให้ผู้เรียนนำเสนอผลงานที่สร้างขึ้น จากเชื่อมโยงแนวคิดจากทั้ง 4 ศาสตร์วิชา และมีการประเมินตามเกณฑ์ในการให้คะแนน (Scoring rubric) ที่กำหนดไว้ (Thibaut et al, 2018, pp.7) การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มเป็นการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกมุ่งพัฒนาความเข้าใจและทักษะผ่านการลงมือปฏิบัติทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริง โดยเฉพาะประเด็นปัญหาของโลกแห่งความจริงหรือชีวิตประจำวัน จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นทักษะการบูรณาการ ทักษะการทำงานอย่างเป็นระบบ และทักษะด้านสะเต็ม (ดุสิต ทองสุขนอก และณัฐกานต์ ศาสตร์สูงเนิน, 2565, น.128; ณพัชร บัวฉวน, 2564, น.52; วัชรภรณ์ จันทพรรษา, ปิยะนารถ จันทร์เล็ก และภัก พงศ์ ปวงสุข, 2563, น.33; วรรณธนะ ปัดชา และสืบสกุล อยู่เย็นง, 2559, น.830) ดังนั้น การวัด

ประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ควรวัดประเมินผลสมรรถนะของผู้เรียน ทั้งด้านความรู้ ลักษณะ และทักษะ เพื่อให้การวัดประเมินผลสะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการ การคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ รวมทั้งการบูรณาการ ข้อค้นพบต่างๆ ไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษามุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้ง คำถาม การแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาหรือ ประยุกต์ใช้ความรู้นั้นในชีวิตประจำวัน (Bybee, 2010, pp.996; STEM EDUCATION THAILAND, 2014) ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทรงด้านความรู้ ความสามารถและทักษะการ ปฏิบัติ รวมทั้งคุณลักษณะและเจตคติต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป็นวิสัยทัศน์ของการพัฒนาหลักสูตรฐาน สมรรถนะในประเทศไทย ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีการวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียนทั้งด้าน ความรู้ ได้แก่ ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ด้านคุณลักษณะ ได้แก่ ความเป็นอิสระ ของผู้เรียน และความยืดหยุ่นของผู้เรียน และทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์ อีกทั้งยังมีการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) จากการประเมินผล การปฏิบัติงาน (Performance-based assessments) ซึ่งเป็นการวัดประเมินการบูรณาการและ การประยุกต์ใช้ความรู้ ความสามารถในการปฏิบัติหรือสร้างผลงานตามหลักการวัดประเมินผล ฐานสมรรถนะ

ตอนที่ 4 การวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ (Competency-Based Pathways Assessment)

คำว่า “สมรรถนะ” คือ ความรู้ ความสามารถ หรือทักษะที่บุคคลพึงมี อาจจะเป็นความรู้ หรือทักษะทางวิชาการ ความรู้ความเข้าใจ ความคิด ทักษะการรู้คิด (Metacognitive) หรือทักษะที่ ไม่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางปัญญา (Non-cognitive) ก็ได้ โดยผู้เรียนจะสามารถเกิดการบูร ณาการร่วมกันระหว่างความสามารถพื้นฐานไปสู่ความสามารถขั้นสูงได้ ดังนั้น การวัดประเมินผล ฐานสมรรถนะจะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสดงความเชี่ยวชาญในความรู้และทักษะที่จำเป็น ซึ่งจะทำให้ ผู้เรียนมีความพร้อมในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคต นอกจากนี้ การประเมิน หลักสูตรฐานสมรรถนะยังเป็นแนวทางที่สนับสนุนการเรียนรู้รายบุคคล ซึ่งผู้เรียนอาจจะแสดง ความเชี่ยวชาญของตนเองในรูปแบบที่แตกต่างกันไป โดยหลักการสำคัญของการประเมินฐาน สมรรถนะ คือ ต้องมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ เป็นประโยชน์ และควรเป็นการประเมินประสิทธิภาพ การเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ไปถึงเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งการวัด

ประเมินผลฐานสมรรถนะควรมีลักษณะ (Domaleski et al, 2015, pp.2; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา คณะกรรมการอิสระเพื่อการปฏิรูปการศึกษา, 2564, น.26; อัจศรา ประเสริฐสิน และคณะ, 2564, น.19) ดังนี้

1. ผู้เรียนแสดงออกถึงการเรียนรู้และความสามารถตามเป้าหมาย เมื่อมีความสามารถเพียงพอตามเป้าหมายนั้นหรือเมื่อผู้เรียนมีความพร้อม โดยเป็นการประเมินที่เน้นความท้าทายในการปฏิบัติที่จะช่วยให้ผู้เรียนแสดงความเชี่ยวชาญของตนเองออกมา
2. มุ่งวัดสมรรถนะอันเป็นองค์รวมของความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ไม่ใช่เวลามากกับการสอบวัดตามตัวชี้วัดจำนวนมาก
3. วัดจากพฤติกรรม/การกระทำ/การปฏิบัติ ที่แสดงออกถึงความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะเจตคติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ตามเกณฑ์การปฏิบัติ (Performance Criteria) ที่กำหนดเป็นการวัดอิงเกณฑ์มีใช้องค์กลุ่มและมีหลักฐานการปฏิบัติ (Evidence) ใช้ตรวจสอบได้
4. ใช้การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) จากสิ่งที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง และความก้าวหน้าในการปฏิบัติงาน เช่น การประเมินจากการปฏิบัติ (Performance Assessment) หรือการประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio Assessment) รวมถึงการประเมินตนเอง (Student Selfassessment) และการประเมินโดยเพื่อน (Peer Assessment)
5. ใช้สถานการณ์เป็นฐาน เพื่อให้บริบทการวัดและประเมินเป็นสภาพจริงมากขึ้น เช่น อาจเตรียมบริบทเป็นข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์จำลอง หรือสถานการณ์เสมือนจริงในคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถประเมินได้หลายประเด็นในสถานการณ์เดียวกัน
6. การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของผู้เรียนจะส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้และเพิ่มพูนความรู้ของตนเอง
7. ผู้เรียนจะแสดงการเรียนรู้ ความสามารถ หรือความเชี่ยวชาญที่แท้จริงออกมา และเน้นการนำความรู้ไปใช้จริง
8. การแสดงความรู้และความสามารถของผู้เรียนมีความยืดหยุ่น เช่น การนำเสนอ การวิจัย หรือวิดีโอ
9. สมรรถนะ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจน สามารถวัดผลได้ สามารถเกิดการถ่ายทอดการเรียนรู้และส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน
10. การประเมินต้องมีความหมายและเป็นประสบการณ์เชิงบวกสำหรับผู้เรียน
11. ผู้เรียนจะได้รับการส่งเสริมแตกต่างกันตามความต้องการในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล

12. ผลการเรียนรู้เน้นสมรรถนะที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง
13. กระบวนการที่จะไปถึงผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จในการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพ และการเป็นพลเมืองที่ดี
14. กำหนดความคาดหวังไว้สูงและคาดหวังกับนักเรียนทุกคน
15. ผู้เรียนได้รับการประเมินไปตามลำดับขั้นของสมรรถนะที่กำหนด หากไม่ผ่านจะต้องได้รับการซ่อมเสริมจนกระทั่งผ่านจึงจะก้าวไปสู่ลำดับขั้นต่อไป
16. การรายงานผล เป็นการให้ข้อมูลพัฒนาการและความสามารถของผู้เรียนตามลำดับขั้นที่ผู้เรียนทำได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

4.1 แนวทางการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ

แนวทางการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-Based Pathways) เน้นการเรียนรู้เชิงลึกและการบูรณาการหรือประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะหลายๆ ด้านเพื่อสร้างผลงานหรือแสดงความสามารถ โดยจะมุ่งเน้น “แนวคิดที่ยิ่งใหญ่ (big ideas)” หรือ “ความเข้าใจอย่างยั่งยืน (enduring understandings)” ดังนั้น การออกแบบการเรียนรู้และการประเมินผลขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และการนำผลการประเมินไปใช้ ซึ่งการวัดประเมินฐานสมรรถนะมีความคล้ายคลึงกับการประเมินตามตัวชี้วัดมาตรฐาน แต่อาจจะมีวัตถุประสงค์การประเมินที่น้อยกว่าและเจาะจงความรู้และทักษะมากขึ้น ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนอาจจะต้องแบ่งให้เป็นกิจกรรมย่อยเพื่อให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนมีความสามารถในการแต่ละขั้นก่อนที่จะไปขั้นถัดไปหรือไม่ ทั้งนี้ การวัดประเมินผลฐานสมรรถนะเป็นการประเมินทั้งความรู้และทักษะที่ไม่ใช่เพียงด้านวิชาการเพียงอย่างเดียว เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนสามารถบรรลุตามมาตรฐานและมีความพร้อมสำหรับการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคต เช่น การแสดงความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการทำงานที่ซับซ้อนให้สำเร็จลุล่วงภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานใน “โลกแห่งความเป็นจริง” ซึ่งจะกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะและทัศนคติที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จในการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการเป็นพลเมืองที่ดี ดังนั้นการออกแบบการเรียนรู้และการประเมินต้องขึ้นอยู่กับมาตรฐานการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือสมรรถนะที่ต้องการให้เกิดขึ้น และการบูรณาการเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริงด้วยแนวทางการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-Based Pathways) แสดงถึงแนวทางที่มีแนวโน้มในการพัฒนาความเท่าเทียมและความเป็นเลิศในการเตรียมความพร้อมสู่การศึกษาต่อและการประกอบอาชีพ ซึ่งต้องมีการประเมินที่ถูกต้องและเป็นประโยชน์ แนวคิดฐานสมรรถนะเป็นการ

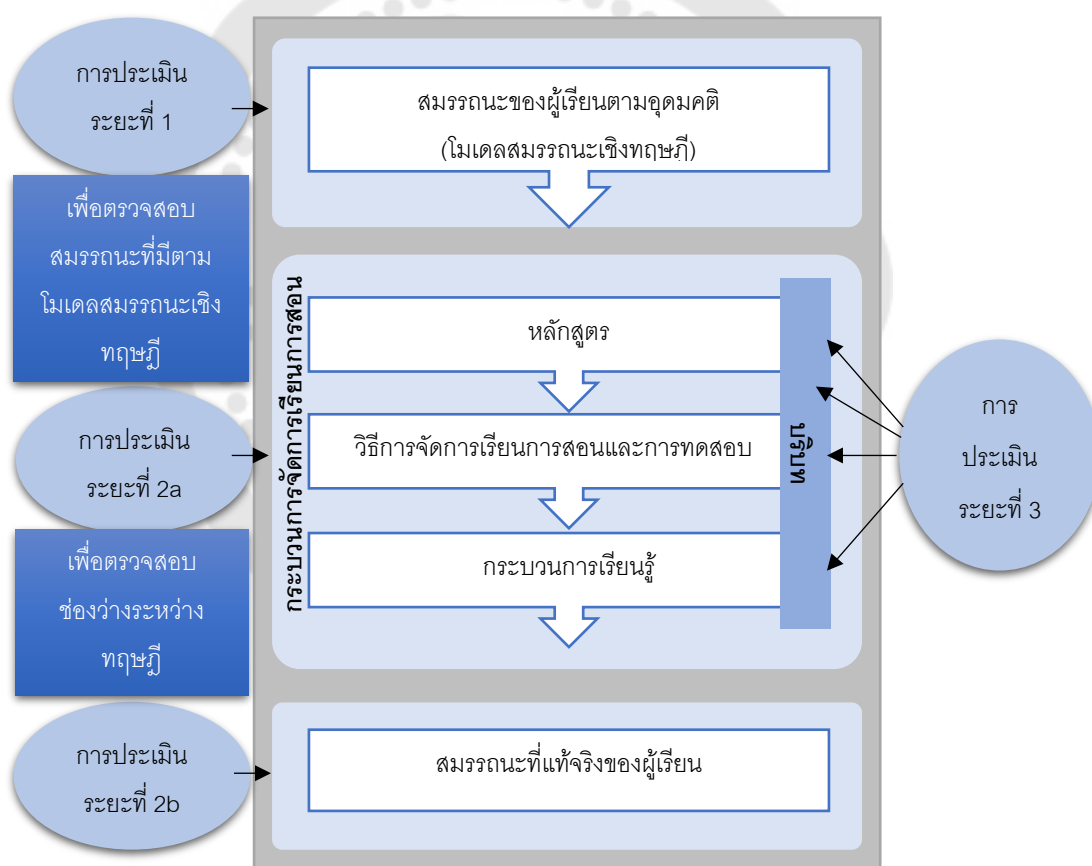
เชื่อมโยงระหว่างเป้าหมายการเรียนรู้และการประเมินผล ดังนั้น การออกแบบการประเมินต้องใช้การพิจารณาอย่างรอบคอบถึงคุณลักษณะต่างๆ เช่น ผลลัพธ์ ลำดับการเรียนรู้ การรวบรวมข้อมูล และตัดสินใจ และผลที่จะตามมา (Domaleski et al, 2015, pp.3)

การวัดประเมินผลฐานสมรรถนะใช้กระบวนการการวัดประเมินในชั้นเรียน ได้แก่ 1) การวัดประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of Learning) เป็นการวัดประเมินแบบดั้งเดิมที่ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการวัดประเมินผล ซึ่งเป็นการประเมินสรุปผล (Summative assessment) ส่วนใหญ่มักจะพบเจอ โดยเน้นที่การวัดประเมินผลการเรียนรู้ตามความจริงและใช้สำหรับการจัดกลุ่มผู้เรียนหรือรายงานการตัดสินผล 2) การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) เป็นการวัดประเมินเพื่อวินิจฉัยและให้ข้อเสนอแนะในแต่ละขั้นตอนของผู้เรียนรายบุคคล เป็นการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน (Formative assessment) และให้โอกาสผู้เรียนได้ปรับปรุงคะแนนหรือพัฒนาให้ดีขึ้น และ 3) การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการวัดประเมินที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักรู้ถึงการเรียนรู้ของตนเอง โดยผู้เรียนจะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการประเมินความรู้ตนเอง และนำไปพัฒนาเพื่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ ซึ่งจัดเป็นการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน (Formative assessment) (Earl, 2003, pp.21,26; อัจศรา ประเสริฐสิน และคณะ, 2564, น.25) มุ่งเน้นการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) จากการปฏิบัติของผู้เรียน และความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานจริง เช่น การประเมินจากการปฏิบัติหรือผลงาน (Performance Assessment) การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio assessment) การประเมินตนเอง (self-assessment) การประเมินโดยเพื่อน (peer assessment) และการวัดและประเมินผลในรูปแบบสถานการณ์จำลอง โดยต้องมีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน ดังนั้น จึงเป็นการประเมินแบบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced) (Bergsmann et al, 2015, pp.8; ทิศนา ขัมมณี, 2562; อัจศรา ประเสริฐสิน และคณะ, 2564, น. 25) โดยมุ่งเน้นการประเมินองค์รวมของความรู้ ทักษะ เจตคติและคุณลักษณะ จากพฤติกรรม การกระทำและการปฏิบัติ และจำเป็นต้องมีหลักฐานปรากฏและสามารถตรวจสอบได้

การวัดประเมินผลฐานสมรรถนะจะมุ่งเน้นไปยังการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เพื่อส่งเสริมกระบวนการรู้คิดหรืออภิปัญญา (Metacognition) และช่วยให้ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ นอกจากนี้ ยังมุ่งเน้นที่การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning) เพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งในด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย อีกทั้ง การเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การทดสอบด้วยข้อสอบ การสอบปากเปล่า การทำโครงการ การใช้แฟ้ม

สะสมผลงาน หรือการประเมินโดยใช้คอมพิวเตอร์ เป็นต้น (Suresh Kumar & Aithal, 2019, pp.130; ทิศนา ขัมมณี, 2562; อัจศรา ประเสริฐสิน และคณะ, 2564, น.27)

Bergsmann et al (2015, pp.4-6) เสนอแนวทางการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การประเมินผลฐานสมรรถนะตามทฤษฎี (Evaluation of theoretical competence model) ระยะที่ 2 การประเมินผลกระบวนการจัดการเรียนการสอนและคัดกรองผู้เรียนตามสมรรถนะจริง (Evaluation of the teaching process and of the real student competencies through a screening) และระยะที่ 3 การประเมินผลรายละเอียดของกระบวนการสอนที่เป็นรูปธรรม (Detailed evaluation of concrete aspects of the teaching process) ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 โมเดลการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ

ที่มา: Bergsmann, E., Schultes, M., Winter, P., Schober, B., & Spiel, C. (2015).

Evaluation of competence-based teaching in higher education: From theory to practice.

Evaluation and Program Planning,

4.2 ตัวอย่างการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ

ตัวอย่างการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะจะทำให้มีความชัดเจนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และการประเมินตามแนวทางการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-Based Pathways) ซึ่งทำให้แนวคิดที่เป็นนามธรรมมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Domaleski et al, 2015, pp.4-15) มีรายละเอียด ดังนี้

1. Illustration 1: Flexible-Pacing Model: A Standardized Assessment Solution

โมเดลนี้มีมาตรฐานที่สูงและต้องใช้เวลาลงทุนจำนวนมาก แต่แสดงให้เห็นถึงการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งมีรายละเอียดในการวัดประเมิน ดังนี้

ปัญหา

นักเรียนหลายคนไม่ประสบความสำเร็จในการประเมินผลรวมในเกรด 10 เรื่องพีชคณิตและเรขาคณิต

แนวทางจัดการเรียนการสอน

เขตการศึกษาสร้างชุดหลักสูตร 8 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พีชคณิตและเรขาคณิต นักเรียนแต่ละคนจะได้รับการพัฒนาพร้อมกับการทำงานของครู และเมื่อครูเห็นว่านักเรียนมีความสามารถเหมาะสมแล้ว นักเรียนจะต้องทำแบบประเมินเพื่อพิจารณาว่านักเรียนมีความสามารถและมีความพร้อมที่จะไปเรียนในหน่วยถัดไปหรือไม่ หลักสูตรนี้ค่อนข้างมีความยืดหยุ่นในการกำหนดขอบเขตและลำดับของหลักสูตร และที่สำคัญจะไม่มีเงื่อนไขในการกำหนดเวลา และนักเรียนที่เรียนครบทั้ง 8 หน่วยการเรียนรู้ควรประสบความสำเร็จในการสอนประเมินสรุปผลเกรด 10

แนวทางการวัดประเมิน

เริ่มต้นด้วยการรวบรวมคณะกรรมการนักการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชี่ยวชาญ ซึ่งกำหนดเนื้อหาสำหรับแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ตามความเหมาะสมจากนั้นจึงระบุเป้าหมายการเรียนรู้ที่สำคัญและองค์ประกอบพื้นฐานสำหรับการบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้สำหรับแต่ละหน่วย พร้อมระบุความรู้และทักษะเฉพาะที่ควรเน้นในหน่วยการเรียนรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนหน่วยถัดไป

วัตถุประสงค์หลักของการประเมินแต่ละหน่วยคือการระบุระดับประสิทธิภาพของผู้เรียนว่ามีเพียงพอที่จะเลื่อนไปยังหน่วยถัดไปหรือไม่ เช่น ผ่าน/ไม่ผ่าน ผลลัพธ์สามารถเปรียบเทียบกันได้หรือไม่ นั่นคือ ทุกครั้งที่ผู้เรียนทำการทดสอบปลายหน่วยที่แตกต่างกัน ระดับประสิทธิภาพต้องผ่านควรเท่ากัน เนื่องจากนักเรียนจะทำการทดสอบในเวลาที่แตกต่างกันและอนุญาตให้ทำการทดสอบซ้ำได้ ระบบจะต้องใช้แบบฟอร์มที่เทียบเท่ากันหลายแบบสำหรับการทดสอบแต่ละหน่วย

การออกแบบการจัดการเรียนรู้ในเชิงปฏิบัติและการประเมินแนวทางการเรียนรู้ฐานสมรรถนะสำหรับการนำไปใช้จริง ควรมีลักษณะดังนี้

1. การพัฒนาพิมพ์เขียวสำหรับการทดสอบแต่ละครั้ง โดยการกำหนดสมรรถนะและงานที่สามารถวัดความสามารถได้
2. การพัฒนาข้อกำหนดเฉพาะของการทดสอบแต่ละครั้งเพื่อรองรับว่าผู้เรียนผ่านและสามารถไปหน่วยการเรียนรู้ถัดไปได้
3. การจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop) เกี่ยวกับการเขียนข้อสอบกับครู เพื่อให้มั่นใจว่าข้อสอบมีคุณภาพเพียงพอสำหรับการพัฒนานักเรียนในแต่ละหน่วย
4. การดำเนินการตามแผนเพื่อกำหนดจุดตัดคะแนนที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ
5. การจัดทำคะแนนที่เทียบเท่ากันเพื่อให้แน่ใจว่าจะเปรียบเทียบความสามารถกันได้ในประเมินที่หลากหลายรูปแบบ
6. การพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนและกระบวนการที่เป็นมาตรฐานเพื่อประเมินผลงานและความสามารถของผู้เรียน
7. ความสะดวกในการส่งคะแนนและรายงานโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก

แนวทางการวัดประเมินเพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็นหรือไม่ ควรคำนึงถึงหลักการสำคัญ 4 ประการ ดังนี้

1. เนื้อหาเป็นตัวแทนที่ดีในการประเมิน

ครูต้องดำเนินการร่วมกับนักเรียนเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการกำหนดลำดับเนื้อหาที่เป็นไปได้ เนื่องจากนักเรียนมีการเรียนรู้ได้เร็วช้าต่างกัน และใช้เวลาต่างกัน โดยต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าการประเมินนั้นสอดคล้องกับมาตรฐานและหลักสูตรแกนกลาง และกำหนดความสามารถหรือสมรรถนะของหลักสูตรตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และกำหนดโครงสร้างการ

ประเมินแต่ละรายการตามวัตถุประสงค์และการออกแบบที่ตั้งใจไว้ โดยเน้น "แนวคิดใหญ่" และ "ความเข้าใจที่ยั่งยืน" การประเมินสามารถแสดงถึงการจัดกลุ่มเนื้อหาที่ไม่ต่อเนื่องซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อสอนและทดสอบตามลำดับที่กำหนดหรือตามลำดับที่ครูและ/หรือนักเรียนเลือก อีกวิธีหนึ่งคือการประเมินสามารถจัดระเบียบตามเนื้อหาที่วนเวียนไปมา ซึ่งแต่ละโมดูลต้องมีการแสดงความสามารถที่ซับซ้อนมากขึ้นของงานที่คล้ายคลึงกัน

การกำหนดลักษณะและลำดับของการประเมิน ควรได้รับการออกแบบเพื่อแสดงรูปแบบการเรียนรู้ที่ระบุเส้นทางสำหรับวิธีที่นักเรียนจะสร้างความเชี่ยวชาญหรือความสามารถหรือสมรรถนะที่จะเกิดขึ้น อีกแนวทางหนึ่งคือการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจัดกลุ่มเป้าหมายการเรียนรู้ตามลักษณะที่คล้ายคลึงกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่แตกต่างกันได้ ในลักษณะนี้ ครูและนักเรียนอาจเลือกทั้งลำดับและความเร็วของเนื้อหาและการประเมิน ด้วยวิธีการใดแนวทางหนึ่ง

การประเมินอาจจะใช้การประเมินแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการประเมินเชิงลึกและเป็นการประเมินที่ไม่ใช่ข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก โดยเป็นการประเมินที่ใช้ในการพิจารณาว่านักเรียนมีความสามารถและความเชี่ยวชาญหรือไม่ ต้องมีข้อสอบและงานที่สามารถดึงหลักฐานเพื่อสนับสนุนประสิทธิภาพของผู้เรียนตามที่ต้องการได้

2. การบริหารการประเมิน

ผู้เรียนและนักการศึกษาเป็นผู้กำหนดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน ดังนั้น เวลาและความถี่ของการประเมินจึงแตกต่างกันเพื่อให้สามารถบริหารจัดการได้หลังจากที่นักเรียนเรียนจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้ การประเมินควรจะค่อนข้างแข็งแกร่งกับการใช้ข้อสอบหลากหลายประเภท เช่น การประเมินแบบแยกส่วน 4-6 แบบต่อหลักสูตร โดยแต่ละโมดูลจะมีคะแนน 30 คะแนน หรือมากกว่านี้ ซึ่งมาจากรายการหรืองานประเภทต่างๆ ซึ่งการประเมินดังกล่าวคล้ายกับการประเมินผลสรุป (summative) แต่เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานของการประเมินควรมีการทดสอบซ้ำหลายครั้ง

การประเมินแนวทางการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-Based Pathways) อาจจะแตกต่างกันไป ซึ่งอาจจะเป็นวิธีการประเมินที่สามารถปรับเทียบคะแนนได้ ซึ่งอาจจะใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่จะเป็นวิธีที่มีมาตรฐานในการประเมินสูง อีกหนึ่งวิธีอาจจะมีมาตรฐานน้อยกว่า นั่นคือ การสร้างการประเมินระดับเขตหรือโรงเรียน โดยการให้ทีมนักการศึกษาพัฒนาการประเมินสำหรับหลักสูตรที่ต้องการให้เป็นมาตรฐานโดยมีการกำหนด

เกณฑ์สำหรับการพัฒนาและนำไปปฏิบัติที่ชัดเจน จากนั้นจึงทบทวนและติดตามการประเมินอย่างเป็นระบบตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งแนวทางนี้น่าจะมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า

การให้คะแนนโดยใช้มาตรฐานภายนอกทำให้มีความน่าเชื่อถือแต่ค่อนข้างใช้เวลานาน ดังนั้น ควรใช้การให้คะแนนแบบการกระจาย ซึ่งผู้ประเมินภายนอกที่ผ่านการฝึกอบรมจะประเมินงานของผู้เรียนทางอิเล็กทรอนิกส์ และในทางกลับกัน การคะแนนโดยอาจารย์ผู้สอนจะเป็นการประเมินที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า และจะช่วยให้ผลการประเมินมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น เช่น การปรับปรุงการเรียนการสอนและการเรียนรู้สำหรับนักเรียน แต่ต้องมีการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนและขั้นตอนการให้คะแนน การฝึกอบรม การดำเนินการตรวจสอบการประเมิน

อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์หลักของการวัด คือ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความสามารถที่ซับซ้อน ดังนั้น การบริหารการประเมินอาจจะแตกต่างจากการทดสอบทางวิชาการแบบเดิมค่อนข้างมาก เช่น วิชาชีววิทยานักเรียนต้องแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพและการบำรุงรักษาระบบนิเวศ โดยการกำหนดปัญหาในระบบนิเวศในท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องและมีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบการประเมิน การพัฒนา และนำเสนอการแก้ปัญหา นักเรียนมีโอกาสแสดงความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทั้งในด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ นอกจากนี้ นักเรียนอาจจะได้ทราบเกณฑ์ในการประเมินผลการเรียน/ผลงานที่คาดหวัง และเป้าหมายความสำเร็จ และนักเรียนอาจจะสามารถเลือกวิธีการประเมินเองได้ เช่น การฝึกงาน การนำเสนอในการประชุม การแข่งขันทางวิทยาศาสตร์ โครงการบริการต่างๆ เป็นต้น

3. การวัดประเมินคุณภาพการประเมินและความยั่งยืน

การวัดประเมินคุณภาพการประเมินและความยั่งยืนสามารถวัดได้ ดังนี้

1. การนำเสนอเนื้อหา: ข้อสอบควรแสดงถึงสิ่งที่ครูควรสอนและนักเรียนควรเรียนรู้โดยคำนึงถึงความกว้างและความลึก การพัฒนาข้อสอบ/งานควรสอดคล้องกับมาตรฐาน มีแนวปฏิบัติที่ดี และมีการตรวจสอบเนื้อหาและตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

2. ความแม่นยำ: เมื่อวัตถุประสงค์หลัก คือ การจำแนกผู้เรียนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การประเมินควรให้ข้อมูลที่แม่นยำที่สุดใกล้เคียงกับความสามารถจริง ให้ข้อมูลเชิงลึกตามซึ่งอาจเป็นประโยชน์สำหรับข้อมูลการวินิจฉัยหรือการพัฒนา

3. การบริหาร/การให้คะแนน: การทดสอบและการให้คะแนนควรมีการดำเนินงานที่ดี และมีการประกันคุณภาพ เช่น การฝึกอบรมและการตรวจสอบ

4. ความเป็นธรรม/การเข้าถึงได้: พยายามลดอุปสรรคเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแสดงความรู้และความสามารถที่เกิดจากความไม่เป็นธรรมที่เกิดจากการวัดประเมิน โดยพื้นฐานแล้วระบบทั้งหมดให้โอกาสและรูปแบบที่หลากหลายแก่ผู้เรียนเพื่อแสดงความเชี่ยวชาญ/ความสามารถ วิธีการดังกล่าวช่วยลดความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการประเมินเพียงครั้งเดียว ดังนั้นจึงควรทำการประเมินหลายครั้งเพื่อสะท้อนความรู้และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน

4. การรายงานและนำผลไปใช้

ผลการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนและการเรียนรู้สำหรับนักเรียนได้ แต่ต้องมีการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนและขั้นตอนการให้คะแนน การฝึกอบรม และการดำเนินการตรวจสอบการประเมิน

2. Illustration 2: K–12 Competency Education Model

โมเดลนี้เน้นการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะที่ลึกซึ้งเพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนมีความพร้อมสำหรับการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพ

ปัญหา

นักเรียนกำลังจะขึ้นชั้นประถมศึกษาในปีถัดไปและสำเร็จการศึกษาโดยปราศจากทักษะที่จำเป็นต่อการประสบความสำเร็จในระดับต่อไป

แนวทางจัดการเรียนการสอน

การจัดการเรียนการสอนและการประเมินเน้นความสามารถที่แสดงให้เห็นถึง “big ideas” ความสามารถที่ซับซ้อนและมีความเกี่ยวข้องกับการศึกษาต่อ และทักษะที่แสดงให้เห็นถึงความพร้อมในการทำงาน เช่น การเขียน การสื่อสาร การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการแก้ปัญหา

แนวทางการวัดประเมิน

การวัดประเมินใช้การประเมินผลการปฏิบัติงาน (performance-based assessments) ในการประเมินการเรียนรู้และความสามารถของผู้เรียน ซึ่งมักเป็นการประเมินทำหน่วยการเรียนรู้ แต่ใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายในการประเมินและปรับปรุงการเรียนการสอน

ตลอดหลักสูตร การประเมินจะเชื่อมโยงกับความสามารถหรือองค์ประกอบของความสามารถ และผู้เรียนจะได้รับการประเมินเพื่อสรุปผลก็ต่อเมื่อผู้เรียนพร้อมที่จะแสดงความสามารถ หรือในกรณีที่ผู้เรียนไม่แสดงความสามารถ ผู้เรียนอาจจะต้องได้รับการพัฒนา การสอนซ้ำหรือการประเมินใหม่ต่อไป การกำหนดระดับความสามารถสำหรับแต่ละระดับชั้นและแต่ละหลักสูตรจะเชื่อมโยงกับระดับประสิทธิภาพของผลงานในแต่ละระดับ ซึ่งจะนำไปสู่การแสดงให้เห็นถึงความพร้อมในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคต

การประเมินแนวทางการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-Based Pathways) ต้องคำนึงถึงการประเมินรายบุคคลโดยใช้การวัดหลายรูปแบบ เพื่อตัดสินเกี่ยวกับผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งมีแนวทางในการปฏิบัติ ดังนี้

1. การรวบรวมการทดสอบหลายแบบเข้าด้วยกัน เพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนบรรลุผลการปฏิบัติงานตามเป้าหมายหรือไม่ การประเมินในทุกครั้งจะถูกใช้ในการตัดสินว่าผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของระดับความสามารถหรือไม่ ผู้เรียนจะต้องผ่านการประเมินในแต่ละครั้งเพื่อไปในการเรียนต่อไป ซึ่งการทดสอบแต่ละครั้งต้องมีความแม่นยำเพียงพอที่จะวัด ถ้าผู้เรียนไม่มีความรู้ความสามารถ และทักษะที่เกี่ยวข้องมากพอ ผู้เรียนจะไม่สามารถผ่านหน่วยการเรียนนั้นได้
2. การรวบรวมผลงานจากการทดสอบแต่ละครั้งเป็นคะแนนที่ใช้ในการสรุป
3. การทดสอบปลายภาค เช่น การประเมินผลรวมทั่วทั้งรัฐ ซึ่งจุดประสงค์ของการประเมินระหว่างเรียน 2 วิธีข้างต้น คือการบ่งบอกให้ผู้เรียนทราบถึงความพร้อมที่จะทำแบบทดสอบสรุปนี้หรือไม่

ข้อกำหนดในการสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย คือการรวบรวม "เอกสารหลักฐาน (body of evidence)" ตลอดหลักสูตรซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของผู้เรียนที่ตรงตามความสามารถที่คาดหวังในการสำเร็จการศึกษา ซึ่งจะรวมถึงทักษะที่แสดงให้เห็นถึงการมีความพร้อมในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพด้วย โดยใช้เป็นระบบแฟ้มผลงานอิเล็กทรอนิกส์ (electronic portfolio) ซึ่งช่วยให้สามารถติดตามงานของผู้เรียนพร้อมกับคะแนนความสามารถได้และผู้เรียนจะสำเร็จการศึกษาได้ก็ต่อเมื่อมีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่กำหนด ทั้งนี้หลักฐานทั้งหมดของพวกเขาจะได้รับการตรวจสอบโดยคณะกรรมการการสำเร็จการศึกษาระดับภาค นอกจากนี้ ยังให้ความสำคัญกับการตรวจสอบการประเมิน เพื่อทำให้หลักฐานการเรียนรู้ที่แสดงระดับความสามารถของผู้เรียนตรงกับคุณสมบัติที่ผู้เรียนมีและตรงตามเป้าหมายที่ต้องการ

การพิจารณาความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงเป็นเกณฑ์ที่สำคัญในการตัดสินคุณภาพของการประเมินคุณภาพของการทดสอบ ทำให้คะแนนที่ได้สามารถอ้างอิงถึงไปยังความรู้และความสามารถของผู้เรียนได้ โดยการวัดประเมินควรคำนึงถึงหลักฐานที่แสดงถึงความเที่ยงตรง ดังต่อไปนี้

1. เนื้อหาสำหรับการทดสอบ คือ ระดับเนื้อหาและทักษะที่จำเป็นสำหรับการสอบต้องแสดงให้เห็นถึงความรู้และทักษะที่เป็นไปตามมาตรฐานเป้าหมายการเรียนรู้
2. กระบวนการตอบสนอง คือ วิธีที่ผู้เรียนตอบสนองต่อข้อสอบและงานซึ่งเป็นหลักฐานของความรู้และทักษะ
3. โครงสร้างภายใน คือ ขอบเขตที่ผู้เรียนตอบสนองต่อข้อสอบและงานที่จะใช้ในการประเมิน
4. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอื่นๆ เช่น ข้อสอบ งาน และการประเมินที่คิดไว้สามารถวัดได้ตรงตามเป้าหมาย
5. ผลที่ตามมาจากการทดสอบ คือ การใช้คะแนนการทดสอบเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งจุดมุ่งหมายของแผนงานหรือเป้าหมายของสังคม

3. Illustration 3: Graduation Distinction by Exhibition

ปัญหา

ผลการเรียนของนักเรียนที่วัดผลการทดสอบระดับรัฐและระดับประเทศนั้นมักจะเป็นที่น่าพอใจอย่างมาก แต่ผู้เรียนจำนวนมากที่ไปศึกษาต่อและประกอบอาชีพมีอุปสรรคในการนำความรู้ไปใช้ในบริบทใหม่

แนวทางจัดการเรียนการสอน

การพัฒนาโครงการระดับสูงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมปลาย โดยการจัดนิทรรศการตามประสบการณ์ของผู้เรียน จุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนมีโอกาสฝึกฝนทักษะต่างๆ เช่น การแก้ปัญหาประยุกต์หรือการคิดเชิงนวัตกรรมในบริบททางวิชาการ ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการเลือกและทำโครงการให้เสร็จ ซึ่งควรเป็นโครงการที่น่าสนใจและสอดคล้องกับการประกอบอาชีพและ/หรือการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยมีเป้าหมาย คือ ความสำเร็จที่เป็นไป

ตามเกณฑ์มาตรฐานและคุณภาพมากพอที่จะตัดสินว่ามีสมรรถนะหลักเพียงพอที่ประสบความสำเร็จหลังจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา

แนวทางการวัดประเมิน

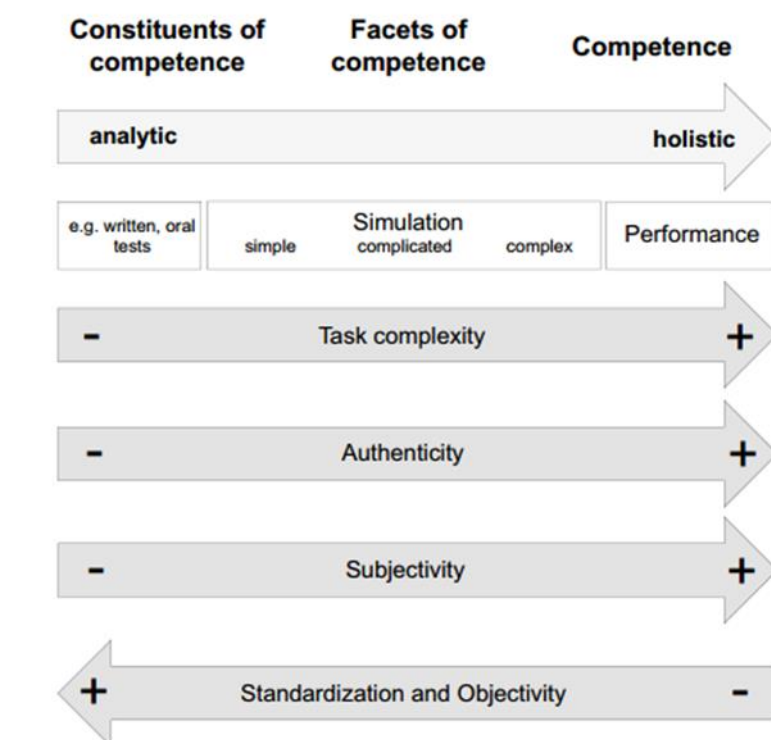
การประเมินการจัดนิเทศการตามประสบการณ์ของผู้เรียน และมีการสร้างเกณฑ์สำหรับนิเทศการเพื่อสะท้อนกระบวนการรู้คิด (Metacognitive) ซึ่งเป็นความสามารถระดับสูง และมีการวางระบบติดตามผลงานเป็นระยะๆ เพื่อประเมินความสำเร็จและทบทวนปรับปรุงต่อไป การให้คะแนนเกิดจากการรวบรวมข้อมูลหลายแหล่ง เช่น การทดสอบเนื้อหา การตอบสนองและการมีส่วนร่วม และอื่นๆ หลักฐานต่างๆ มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินคุณภาพ ซึ่งจะเน้นไปที่การประเมินผลงานที่แสดงถึงความรู้และทักษะ การใช้การประเมินผลงานมาใช้ในการประเมินสมรรถนะมีความเหมาะสมอย่างมากและเป็นหลักฐานในการวัดที่มีความเชื่อมั่นและสามารถสรุปอ้างอิงไปยังคะแนนจริง หรือคะแนนเอกภพได้ แต่อาจมีจุดที่ต้องพิจารณา คือ ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากผู้ตรวจและเงื่อนไขในการวัด ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการตรวจสอบความถูกต้องและความคงเส้นคงวาของผู้ประเมิน นอกจากนี้ ผู้ประเมินควรให้ความสำคัญกับผลที่จะตามในการตัดสินใจ โดยคะแนนจากการทดสอบต้องชัดเจนและผลการตัดสินก็ควรถูกประเมินด้วยเช่นกัน

จากการศึกษาตัวอย่างแนวทางการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ พบว่า การกำหนดสมรรถนะหรืองานที่จะใช้ในการวัดประเมินควรคำนึงถึงความสอดคล้องระหว่างการวัดประเมินกับมาตรฐานหรือหลักสูตรแกนกลาง โดยต้องมีการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละขั้นตอน นอกจากนี้ การวัดประเมินผลฐานสมรรถนะควรใช้การประเมินผลการปฏิบัติงาน (Performance-based assessments) เป็นการวัดประเมินตามสภาพจริง ซึ่งจะสามารถวัดประเมินได้ทั้งความรู้ ทักษะ และการบูรณาการความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้การวัดประเมินผลการปฏิบัติงานควรมีวิธีการประเมินที่หลากหลาย เพื่อรวบรวมข้อมูลและใช้ข้อมูลในการพิจารณาผู้เรียนแต่ละคน ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ กำหนดเนื้อหา สมรรถนะ และงาน โดยคำนึงถึงความรู้เดิมของผู้เรียนและยึดตามตัวชี้วัดระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อให้การวัดประเมินมีความสอดคล้องกับมาตรฐานหรือหลักสูตรแกนกลาง โดยมีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และมีการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ การประเมินผลการปฏิบัติงาน

(performance-based assessments) จะทำให้สามารถวัดประเมินผู้เรียนตามสภาพจริงได้ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และการบูรณาการความรู้ในการนำไปใช้

4.3 การจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะ (Competency-Based Instruction: CBI) และการวัดประเมินผลฐานสมรรถนะ (Competency-Based Assessment: CBA) วิชาวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรฐานสมรรถนะ (Competency-Based Curriculum: CBC) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หรือความรู้ ความสามารถและทักษะทางวิทยาศาสตร์ ควรเน้นไปที่กระบวนการสืบเสาะ (Inquiry) เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้จากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวและสืบเสาะเพื่อไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นฐานในการคิดและต่อยอด ดังนั้น กระบวนการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการคิดวิเคราะห์มากกว่าการจำ เช่น การเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาเป็นฐาน (Problem Base Learning) การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project Base Learning) และสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นต้น ซึ่งเป็นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการปฏิบัติจริง และสามารถแสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจและความถนัดของตนเอง พร้อมทั้งบูรณาการความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ส่วนการวัดประเมินผลไม่ควรเน้นที่เนื้อหาวิชาและองค์ความรู้เป็นหลัก แต่ควรเน้นการวัดผลสมรรถนะที่เกิดขึ้นจากการสังเกตพฤติกรรมหรือการปฏิบัติงานตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นโดยการประเมินระหว่างเรียน (Formative assessment) และให้ผลย้อนกลับแก่ผู้เรียน (ภัสราภรณ์ สหะกิจ, 2564, น.129-130) การประเมินฐานสมรรถนะมี 2 แนวทาง คือ แนวทางแบบองค์รวมหรือภาพรวม (Holistic approach) มุ่งเน้นการประเมินความสามารถอย่างครอบคลุมในสถานการณ์จริงที่ซับซ้อนเพื่อสะท้อนถึงประสิทธิภาพแท้จริง และแนวทางแบบแยกส่วน (Analytic approach) มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดความสามารถในแต่ละองค์ประกอบหรือแต่ละแง่มุมของผลงานหรือกระบวนการ การเลือกแนวทางการประเมินขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการประเมิน ระดับของผู้เรียน ความซับซ้อนของงาน การทดสอบ และทฤษฎีการเรียนรู้ (Rotthoff et al, 2021, p.1660) โดยงานวิจัยของ Rotthoff et al. (2021, p.1559) ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความสามารถทางการแพทย์ควรใช้แนวทางการประเมินแบบองค์รวมหรือภาพรวม (Holistic approach) เนื่องจากเป็นการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานหรือผลงาน เหมาะสมกับการประเมินสมรรถนะและงานที่ค่อนข้างซับซ้อน ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แนวทางการประเมินสมรรถนะอย่างต่อเนื่อง

ที่มา: Rotthoff, T., Kadmon, M. & Harendza, S. It does not have to be either or!

Assessing competence in medicine should be a continuum between an analytic and a holistic approach

แนวทางการประเมินสมรรถนะเป็นการพัฒนาจากการประเมินองค์ประกอบของสมรรถนะไปสู่การประเมินสมรรถนะ ดังนั้น การประเมินสมรรถนะถูกมองว่าเป็นการต่อยอดจากแนวทางแบบแยกส่วน (Analytic approach) ไปสู่แนวทางแบบองค์รวมหรือภาพรวม (Holistic approach) วิธีการประเมินแบบแยกส่วน (Analytic assessment) ใช้สำหรับการประเมินองค์ประกอบของสมรรถนะ (Constituents of competence) เป็นการวัดตัวแปรแฝงโดยการทดสอบ เช่น การทดสอบโดยใช้ข้อคำถามแบบเลือกตอบ ส่วนการประเมิน facets ของสมรรถนะ (Facets of competence) สามารถทดสอบได้โดยการใช้สถานการณ์จำลองที่มีความซับซ้อนที่แตกต่างกันและสามารถประเมินได้โดยการสังเกตความสามารถจริงซึ่งจะทำให้การวัดตรงกับความสามารถที่แท้จริงมากขึ้น งานที่ซับซ้อนในบริบทที่เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ผลการปฏิบัติงาน

มีมาตรฐาน (Subjectivity) ลดลงและความเป็นปรนัย (Objectivity) ลดลง ดังนั้น การประเมินสมรรถนะควรเป็นการประเมินแบบองค์รวมหรือภาพรวม (Holistic assessment) ซึ่งความซับซ้อนของงานจะเป็นตัวกำหนดแนวทางในการประเมินสมรรถนะ (Rotthoff et al., 2021, p.1661) อีกทั้ง การประเมินแบบนี้ยังสามารถช่วยให้ผู้สอนประเมินความเข้าใจของผู้เรียนตามที่คุณเรียนแสดงออกได้ดีที่สุด (O'Grady, 2014, p.12)

การประเมินแบบองค์รวมหรือภาพรวม (Holistic assessment) อาจถูกวิพากษ์วิจารณ์ว่าไม่มีความเป็นปรนัยเพราะผู้สอนตัดสินผู้เรียนแต่ละคนต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ในอีกแง่มุมหนึ่งการตัดสินที่แตกต่างกันนี้ก็มีความเป็นรูปธรรมและยุติธรรมกับผู้เรียน โดยผู้เรียนยังถูกตัดสินตามเกณฑ์ทั่วไปตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน แต่การวัดและประเมินผลแบบนี้จะส่งเสริมการประเมินที่เป็นไปตามเอกลักษณ์ของผู้เรียนด้วย นอกจากนี้ การประเมินแบบองค์รวมหรือภาพรวมไม่ได้ขัดขวางการประเมินระหว่างเรียน (Formative assessment) และการประเมินแบบสรุปผล (Summative assessment) แต่จะช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสในการแสดงความสามารถและได้รับข้อมูลย้อนกลับในการพัฒนาตนเอง อีกทั้ง ผู้สอนยังสามารถสร้างสรรคงานที่มีความซับซ้อนเพื่อให้ผู้เรียนมีการตอบสนองที่แสดงถึงความสามารถได้หลากหลายมิติมากยิ่งขึ้น (O'Grady, 2014, p.12-13)

จากการศึกษาการวัดประเมินฐานสมรรถนะทั้งการประเมินแบบองค์รวมหรือภาพรวม (Holistic approach) และแนวทางการประเมินแบบแยกส่วน (Analytic approach) ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของผู้เรียน ความซับซ้อนของงาน การทดสอบ และทฤษฎีการเรียนรู้ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้แนวทางการประเมินแบบแยกส่วน (Analytic approach) เพื่อให้เกิดความเป็นปรนัยในการวัดประเมิน โดยเป็นการประเมินแยกส่วนในแต่ละองค์ประกอบของสมรรถนะผู้เรียน ได้แก่ ด้านความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา คุณลักษณะของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ตอนที่ 5 สมรรถนะของผู้เรียน

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จึงมีการวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ได้แก่ ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ด้านคุณลักษณะ ได้แก่ ความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และด้านทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับความรู้แบบบูรณา

การตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา

ความรู้เป็นสิ่งที่บุคคลรู้ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความรู้เฉพาะศาสตร์เฉพาะวิชา (Disciplinary knowledge) ความรู้แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary knowledge) ความรู้ด้านการปฏิบัติใน และนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ (Practical knowledge) (คณะกรรมการอำนวยการพัฒนาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ ... (ฐานสมรรถนะ), 2564) เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้เฉพาะวิชา หมายถึง องค์ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ที่ได้จากวิธีการหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (The Science Process) และต้องได้รับการทดสอบหรือพิสูจน์หลายครั้งเพื่อยืนยันความถูกต้อง ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลลัพธ์ของการกระทำของนักวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งความรู้ได้เป็น 6 ระดับ คือ ข้อเท็จจริง (Fact) ความคิดรวบยอด (Concept) หลักการ (Principle) สมมติฐาน (Hypothesis) ทฤษฎี (Theory) และกฎ (Law) (เชษฐา พวงหัตถ์, 2559, น.94; ศศิกันต์ ลาจันทร์, 2557; อภรณ์ ล้อสังวาล, 2545; สธน เสนาสวัสดิ์, ม.ป.ป.) ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นความรู้แบบสหวิทยาการ ซึ่งเป็นการบูรณาการเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยอาศัยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนั้น ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science literacy) การรู้เทคโนโลยี (Technology Literacy) และความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และสามารถนำความรู้ทั้ง 3 ศาสตร์ไปบูรณาการกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เพื่อตอบคำถามหรือแก้ไขปัญหา ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) ได้กล่าวถึงความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science literacy) การรู้เทคโนโลยี (Technology Literacy) การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) และความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) ดังนี้

1. ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science literacy) คือ ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในศาสตร์ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์ เช่น ข้อเท็จจริง (Fact) ความคิดรวบยอด (Concept) หลักการ (Principle) สมมติฐาน (Hypothesis) ทฤษฎี (Theory) และกฎ (Law) ประกอบกับการมีทักษะในการปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะ

การคิดอย่างมีเหตุผล ความสามารถในการค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ
ความสามารถในการตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายเชิงประจักษ์ที่สามารถตรวจสอบได้

2. การรู้เทคโนโลยี (Technology Literacy) คือ ความเข้าใจและความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี นำไปสู่กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์

3. การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) คือ ความเข้าใจในการพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เพื่อสร้างเครื่องมือหรือวิธีการใช้การแก้ปัญหาและพัฒนาคุณภาพชีวิต

4. ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) คือ ความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ รวมถึงการใช้คณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจอย่างเหมาะสมและถูกต้อง

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึง ความเข้าใจหรือความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทั้ง 3 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อตอบคำถามหรือแก้ไขปัญหาโดยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถวัดได้จากแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบและกิจกรรมการเรียนรู้ขึ้นโดยยึดตัวชี้วัดระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งมีรายละเอียดตัวชี้วัดของแต่ละวิชา ดังนี้

1. วิชาวิทยาศาสตร์

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ
2. อธิบายกลไกการหายใจเข้าและออก โดยใช้แบบจำลอง รวมทั้งอธิบายกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส
3. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหายใจโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหายใจให้ทำงานเป็นปกติ
4. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต
5. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต โดยการบอกแนวทางในการปฏิบัติตนที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างปกติ
6. บรรยายโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจหลอดเลือด และเลือด
7. อธิบายการทำงานของระบบหมุนเวียนเลือดโดยใช้แบบจำลอง
8. ออกแบบการทดลองและทดลอง ในการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะปกติ และหลังทำกิจกรรม
9. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหมุนเวียนเลือดโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหมุนเวียนเลือดให้ทำงานเป็นปกติ
10. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของร่างกาย
11. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบประสาทโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษา รวมถึงการป้องกันการกระทบกระเทือนและอันตรายต่อสมองและไขสันหลัง
12. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของเพศชายและเพศหญิงโดยใช้แบบจำลอง
13. อธิบายผลของฮอร์โมนเพศชายและเพศหญิงที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว
14. ตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาว โดยการดูแลรักษาร่างกายและจิตใจของตนเองในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง
15. อธิบายการตกไข่การมีประจำเดือนการปฏิสนธิและการพัฒนาของไซโกตจนคลอดเป็นทารก
16. เลือกวิธีการคุมกำเนิดที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนด

17. ตระหนักถึงผลกระทบของการตั้งครุภัก่อนวัยอันควร โดยการประพฤติตนให้เหมาะสม

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. อธิบายการแยกสารผสมโดยการระเหยแห้ง การตกผลึก การกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยให้หลักฐานเชิงประจักษ์
2. แยกสารโดยการระเหยแห้ง การตกผลึก การกลั่นอย่างง่าย โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การสกัดด้วยตัวทำละลาย
3. นำวิธีการแยกสารไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยบูรณาการวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์
4. ออกแบบการทดลองและทดลองในการอธิบายผลของชนิดตัวละลาย ชนิดตัวทำละลายอุณหภูมิที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร รวมทั้งอธิบายผลของความดันที่มีต่อสภาพละลายได้ของสาร โดยใช้สารสนเทศ
5. ระบุปริมาณตัวละลายในสารละลาย ในหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ ปริมาตรต่อปริมาตร มวลต่อมวล และมวลต่อปริมาตร
6. ตระหนักถึงความสำคัญของการนำความรู้เรื่อง ความเข้มข้นของสารไปใช้โดยยกตัวอย่างการใช้สารละลายในชีวิตประจำวันอย่างถูกต้องและปลอดภัย

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1. พยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกันจากหลักฐานเชิงประจักษ์
2. เขียนแผนภาพแสดงแรงและแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน
3. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อความดันของของเหลว

4. วิเคราะห์แรงพุงและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์

5. เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลว

6. อธิบายแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์จากหลักฐานเชิงประจักษ์

7. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน

8. เขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงอื่นๆ ที่กระทำต่อวัตถุ

9. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องแรงเสียดทานโดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะวิธีการลดหรือเพิ่มแรงเสียดทานที่เป็นประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

10. ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายโมเมนต์ของแรง เมื่อวัตถุอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน และคำนวณโดยใช้สมการ $M = FI$

11. เปรียบเทียบแหล่งของสนามแม่เหล็กสนามไฟฟ้า และสนามโน้มถ่วง และทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแต่ละสนามจากข้อมูลที่รวบรวมได้

12. เขียนแผนภาพแสดงแรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ

13. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้า และแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามนั้น ๆ กับระยะห่างจากแหล่งของสนามถึงวัตถุจากข้อมูลที่รวบรวมได้ อธิบายและคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ

14. เขียนแผนภาพแสดงการกระจัดและความเร็ว

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1. วิเคราะห์สถานการณ์และคำนวณเกี่ยวกับงานและกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยใช้สมการ $W = Fs$ และ $P = W/t$ จากข้อมูลที่รวบรวมได้

2. วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้

3. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ออกแบบและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง
5. แปลความหมายข้อมูลและอธิบายการเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุโดยพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัวจากข้อมูลที่รวบรวมได้
6. วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายการเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1. เปรียบเทียบกระบวนการเกิด สมบัติและการใช้ประโยชน์รวมทั้งอธิบายผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้
2. แสดงความตระหนักถึงผลจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์โดยนำเสนอแนวทางการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์
3. เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของพลังงานทดแทนแต่ละประเภทจากการรวบรวมข้อมูลและนำเสนอแนวทางการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในท้องถิ่น
4. สร้างแบบจำลองที่อธิบายโครงสร้างภายในโลกตามองค์ประกอบทางเคมีจากข้อมูลที่รวบรวมได้
5. อธิบายกระบวนการผู้พังอยู่กับที่การกร่อนและการสะสมตัวของตะกอนจากแบบจำลองรวมทั้งยกตัวอย่างผลของกระบวนการดังกล่าวที่ทำให้ผิวโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง
6. อธิบายลักษณะของชั้นหน้าตัดดินและกระบวนการเกิดดิน จากแบบจำลอง รวมทั้งระบุปัจจัยที่ทำให้ดินมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน
7. ตรวจวัดสมบัติบางประการของดิน โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและนำเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์ดินจากข้อมูลสมบัติของดิน
8. อธิบายปัจจัยและกระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน จากแบบจำลอง
9. สร้างแบบจำลองที่อธิบายการใช้น้ำ และนำเสนอแนวทางการใช้น้ำอย่างยั่งยืนในท้องถิ่นของตนเอง

10. สร้างแบบจำลองที่อธิบายกระบวนการเกิดและผลกระทบของน้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่งดินถล่ม หลุมยุบ แผ่นดินทรุด

2. วิชาเทคโนโลยี

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

1. คาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้นโดยพิจารณาจากสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และวิเคราะห์ เปรียบเทียบ ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่น สรุป กรอบของปัญหารวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิด ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นไปได้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจวางแผน ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

4. ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

5. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1. ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหา หรือการทำงานที่พบในชีวิตจริง

2. ออกแบบและเขียนโปรแกรมที่ใช้ตรรกะและฟังก์ชันในการแก้ปัญหา

3. อภิปรายองค์ประกอบและหลักการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสารเพื่อประยุกต์ใช้งานหรือแก้ปัญหาเบื้องต้น

4. ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย มีความรับผิดชอบ สร้างและแสดงสิทธิในการเผยแพร่ผลงาน

3. วิชาคณิตศาสตร์

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

1. เข้าใจและใช้สมบัติของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

2. เข้าใจจำนวนจริงและความสัมพันธ์ของจำนวนจริงและใช้สมบัติของจำนวนจริงในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

1. ใช้ความรู้ทางเรขาคณิตและเครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่นๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิต ตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

2. นำความรู้เกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนานและรูปสามเหลี่ยมไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

3. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิตในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

4. เข้าใจและใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

5. เข้าใจและใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่าแบบทดสอบที่นิยมใช้วัดความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งข้อสอบไม่ได้วัดประเมินความรู้ตามตัวชี้วัดในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้โดยตรง แต่จะเป็นแบบทดสอบบูรณาการความรู้ต่างๆ มาใช้ในการตอบคำถามโดยผ่านการคิดวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆ ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน (จักรกฤต ภูงศ์ประเวศ, 2563, น.102; ศันสนีย์ ยอดดำเนิน, 2563; น.65)

5.2 คุณลักษณะของผู้เรียน

จากวิสัยทัศน์ของหลักสูตรฐานสมรรถนะในประเทศไทย คือ ผู้เรียนมีสมรรถนะหลัก ความรู้ ทักษะ และเจตคติ เพื่อการเป็นผู้เรียนรู้ ผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรม และเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง ประกอบกับหลักการในการสร้างหลักสูตรฐานสมรรถนะ คือ มุ่งพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนที่เหมาะสมตามช่วงวัย และเน้นการพัฒนาผู้เรียนรายบุคคล (Personalization) อย่างเป็นองค์รวม (Holistic Development) เพื่อการเป็นเจ้าของการเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง (Life-Long Learning) รวมทั้งผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างสมรรถนะหลักและสมรรถนะเฉพาะในการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcome) เพื่อการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตและการทำงาน (CBE Thailand, 2564) ซึ่งความเป็นอิสระของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญของการพัฒนาการเรียนรู้รายบุคคล การเรียนรู้อย่างยั่งยืน และการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Benson, 2011 as cited in Jing & Benson, 2013) ดังนั้น ความเป็นอิสระของผู้เรียนจึงเป็นคุณลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะนำผู้เรียนไปสู่การควบคุมชีวิตตนเอง กำหนดตนเองให้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนรับรู้ความสามารถของตนเอง มีความยืดหยุ่นผูกพันกับการเรียน และนำไปสู่ความสำเร็จได้ (Barkley, 2010, pp.85-86)

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาคุณลักษณะของผู้เรียน 2 ด้าน คือ ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) และความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

5.2.1 ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy)

ความเป็นอิสระมาจากคำว่า “auto” ซึ่งแปลว่า ตนเอง” และ “nomos” ซึ่งแปลว่า กฎ” ดังนั้น ความเป็นอิสระ คือ การใช้ชีวิตภายใต้กฎเกณฑ์ของตนเอง (Sereti & Giossos, 2018, pp.95) เป็นแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรายบุคคล ซึ่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีการใช้คำที่

หลากหลายในตัวแปรความเป็นอิสระของผู้เรียนเช่น “Learner independence” (Smith, 2008, pp.396) “Learner’s freedom” (Little, 2007) และ Student’s Autonomy (Muhammad, 2020, pp.320) เป็นการจัดการการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตโดยปราศจากการควบคุมจากครูและเป็นการเข้าถึงการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (Smith, 2008, pp.395)

5.2.1.1) ความหมายของความเป็นอิสระของผู้เรียน

ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) ถูกใช้นิยามในบริบทของความรับผิดชอบ ซึ่งมีนักการศึกษาจำนวนมากมาให้ความสำคัญหรือความหมายของความเป็นอิสระของผู้เรียน ซึ่งผู้วิจัยสังเคราะห์ความหมายออกเป็น 2 กลุ่ม โดยนักวิชาการกลุ่มแรก กล่าวว่า ความเป็นอิสระของผู้เรียนเป็นแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการเรียนรายบุคคลหรือการเข้าถึงการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นความสามารถในการรับผิดชอบ จัดการตนเอง ควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง ทางด้านสังคม อารมณ์และปัญญา (Smith, 2008, pp.396; Dem et al, 1990 as cited in Smith, 2008, p.396; Little, 1995, pp.175, Little, n.d., pp.1) โดยผู้เรียนที่มีความอิสระมักจะประสบความสำเร็จและมีทัศนคติทางบวกต่อการเรียนและการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้โดยผ่านการควบคุมตนเองอย่างมีสติ (Little, 1995, pp.175)

นอกจากนี้ ยังมีนักวิชาการที่ให้นิยามความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยกล่าวถึงกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องตัดสินใจและรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเองซึ่งระบุว่า ความเป็นอิสระของผู้เรียนเป็นความสามารถในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเองอย่างตั้งใจและเป็นระบบ โดยผู้เรียนต้องรับผิดชอบในการตัดสินใจด้านต่างๆ เกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง ได้แก่ วัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการเรียนรู้ ข้อกำหนดต่างๆ การวางแผนการเรียนรู้ เนื้อหา กระบวนการเรียนรู้ การควบคุม กำกับติดตาม และการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง (Holec, 1979, 1981 as cited in Shirzad & Ebadi, 2020, pp.281; Tsai, 2019, pp.2; Smith, 2008, pp.395; Dafei, 2007, pp.5; Oxford, 2008 as cited in Shirzad & Ebadi, 2020, pp.281 Jacobs, Renandya & Power, 2016 as cited in Firat, 2016; Little, n.d., pp.1) รวมถึงการตัดสินใจเกี่ยวกับเวลาและสถานที่ในการเรียนรู้ (Oxford, 2008 as cited in Shirzad & Ebadi, 2020, pp.281) โดยความเป็นอิสระของผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะต่างๆ กับบริบทภายนอกห้องเรียนได้ (Little, n.d., pp.1)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงสรุปได้ว่า ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการเรียนรู้รายบุคคลที่ทำให้ผู้เรียน

สามารถเข้าถึงการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตัดสินใจและรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงควบคุมการเรียนรู้ของตนเองทั้งทางด้านสังคม อารมณ์ และปัญญา

5.2.1.2 ความสำคัญของความเป็นอิสระของผู้เรียน

ความเป็นอิสระของผู้เรียนเป็นความสามารถในการจัดการหรือควบคุมกับการเรียนรู้ของตนเองได้โดยมีอิสระทางความคิด ซึ่งความเป็นอิสระเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้ที่ยั่งยืนหรือการเรียนรู้ตลอดชีวิต และในชีวิตจริงผู้เรียนจะต้องมีการแสดงความคิดเห็นหรือตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ด้วยตนเองอีกด้วย (Benson, 2011 as cited in Jing & Benson, 2013) ดังนั้นผู้เรียนที่มีความอิสระมักจะประสบความสำเร็จซึ่งเป็นผู้เรียนที่มีความรับผิดชอบและมีทัศนคติทางบวกต่อการเรียนรู้ในอนาคตและการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้โดยผ่านการควบคุมตนเองอย่างมีสติ ผู้เรียนที่มีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเองจะมีการพัฒนาความเป็นอิสระของตนเองและมีความยืดหยุ่นในการบรรลุเป้าหมาย ในทางตรงข้ามกัน ครูที่มีความเป็นอิสระในการรับผิดชอบต่อการสอนของตนเองก็มักจะเป็นครูที่ประสบความสำเร็จในการสะท้อนความคิด การวิเคราะห์และสามารถควบคุมสติปัญญาและอารมณ์ของตนเองในกระบวนการจัดการเรียนการสอนได้ ทั้งนี้ ผู้เรียนที่มีความเป็นอิสระและครูที่มีความเป็นอิสระเป็นปัจจัยที่สนับสนุนกันและกัน ความเป็นอิสระจะส่งเสริมทางด้านกลยุทธ์ในการเรียนและการฝึกฝนของผู้เรียน รวมถึงการสอนและหน้าที่ของครูด้วย ความเป็นอิสระของผู้เรียนกลายเป็นสิ่งที่ครูต้องศึกษา และผู้เรียนก็ควรได้รับการพัฒนาความเป็นอิสระโดยการสร้างประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ (Little, 1995, pp.175,179) นอกจากนี้ ความเป็นอิสระของผู้เรียนจะส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตโดยปราศจากการควบคุมของครู ซึ่งจากงานวิจัยของหน่วยงาน Centre de Recherches et d'Applications Pédagogiques en Langues (CRAPEL) ใน University of Nancy ประเทศฝรั่งเศส พบว่า บุคคลที่เรียนภาษาโดยปราศจากการควบคุมดูแลจากครูมีความสามารถในการรับผิดชอบและตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้ดี (Smith, 2008, pp.395) ในทางตรงข้ามกัน การควบคุมดูแลของครูหรือการที่ครูวางกรอบให้นักเรียนจะทำให้นักเรียนขาดความสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และยิ่งการแทรกแซงของครูน้อยเท่าไร จะยิ่งทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการทำงานร่วมกับผู้อื่น การสร้างสรรค์งาน และมีประสบการณ์ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน (Muhammad, 2020, pp.320-321)

จากทฤษฎีการกำหนดตนเอง (Self-Determination Theory) เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงแรงจูงใจภายในที่จะนำไปสู่การแสดงออกภายนอก นั่นคือ การมีชีวิตที่ดีและการพัฒนา

มนุษย์ไปในทางที่ถูกต้อง ระบุว่า มนุษย์มีความต้องการทางจิตพื้นฐานอยู่ 3 ประเด็น ได้แก่ ความเชื่อมั่นในสมรรถภาพของตนเอง (Competence) การได้รับสัมพันธภาพดีจากผู้เกี่ยวข้อง (Relatedness) และความเป็นอิสระ (Autonomy) หรือการกำหนดตนเอง (Self-Determination) (Deci & Ryan, 2000, pp.228) โดยถ้าเปรียบเทียบภายใต้บริบทโรงเรียน ความสามารถ (Competence) เป็นความจำเป็นที่นักเรียนต้องเข้าใจกิจกรรมการเรียนรู้ที่โรงเรียนหรืองานของโรงเรียน ความสัมพันธ์หรือการมีปฏิสัมพันธ์ (Relatedness) เกี่ยวข้องกับการเป็นเจ้าของ การสนับสนุนหรือการช่วยเหลือส่วนบุคคล และความปลอดภัยที่เกิดจากความสัมพันธ์นั้น และความเป็นอิสระ (Autonomy) หรือการกำหนดตนเอง (Self-Determination) เป็นความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับการเริ่มต้น การยับยั้ง การยืนยัน และการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับกิจกรรมนั้นๆ (Connell, 1990, pp.65 as cited in Stefanou, Perencevich, DiCintio & Turner, 2004) ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเป็นอิสระและความตั้งใจในการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งของมนุษย์เป็นปัจจัยพื้นฐานที่มนุษย์ต้องการ ซึ่งเป็นแรงจูงใจภายในเชิงรุก เมื่อผู้เรียนมีความเป็นอิสระและมีความรับผิดชอบในการเรียนของตนเองและมีความมุ่งมั่นในการพัฒนาทักษะในการจัดการตนเองจะนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากแรงจูงใจภายในของตนเองและจะทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าความรับผิดชอบไม่เพียงแต่พัฒนาระบบการเรียนรู้ทางปัญญาเท่านั้น แต่ยังพัฒนาทางด้านจิตพิสัยในด้านความมุ่งมั่นในการจัดการตนเอง การวางแผนการเรียน การกำกับติดตามและประเมินการเรียนรู้ของตนเอง และเป็นผู้เรียนที่มีแรงบันดาลใจหรือแรงจูงใจภายใน อีกทั้งความเป็นอิสระของผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะที่มีภายนอกบริบทห้องเรียนได้ (Little, 2007., pp.24)

5.2.1.3 องค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักวิจัยหลายท่านได้ระบุองค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียนไว้หลากหลายองค์ประกอบ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

Shirzad & Ebadi (2020) ศึกษาการพัฒนาแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนในวิชาความเข้าใจในการอ่านภาษาต่างประเทศ โดยมีการอ้างอิงองค์ประกอบจากงานวิจัยของ Suphandee et al. (2018), Tassinari (2012) และ Zhang & Li (2004) และระบุองค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียนไว้ 5 ด้าน ดังนี้

1. ด้านการรู้คิด (Metacognitive) หมายถึง การตรวจสอบกลยุทธ์ที่ใช้ในระหว่างการเรียนรู้
2. ด้านสังคม (Social) หมายถึง การพยายามเข้าร่วมการสนทนาแบบเป็นคู่หรือเป็นกลุ่มหรืออื่นๆ
3. ด้านการปฏิบัติ (Action-oriented) หมายถึง การเลือกกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการเป็นผู้อ่านที่ดี
4. ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive) หมายถึง การใช้กลยุทธ์ที่มีอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการอ่าน
5. ด้านอารมณ์ (Affective motivational) หมายถึง การพยายามจัดการกับปัจจัยทางอารมณ์ที่มีผลต่อการอ่าน เช่น การประหม่า ความวิตกกังวล และความเครียด เป็นต้น

Ginanjari (2020) ศึกษาเรื่อง ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งอ้างอิงองค์ประกอบจากงานวิจัยของ Steinberg (2005) ซึ่งมีการถูกนำไปใช้ในงานวิจัยของ Junianti (2015) และ Jacobs, Renandya & Power (2016) และระบอบองค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียนไว้ 3 ประการ ดังนี้

- 1.ด้านพฤติกรรม (Behaviour) ซึ่งประกอบด้วย
 - 1.1 ความสามารถในการตัดสินใจ (Decision Making Ability)
 - 1.2 การไม่ได้รับอิทธิพลจากผู้อื่น (Not Easily Influenced by Others)
 - 1.3 ความมั่นใจ (Have Confidence)
 - 1.4 การมีศักยภาพและความมั่นใจ (Have Potential and Confidence)
 - 1.5 ความสามารถในการหาวิธีแก้ปัญหา (Being Able to Find Solutions to Problems)
2. ด้านอารมณ์ (Emotion)
 - 2.1 ความสามารถในการเป็นอิสระจากพ่อแม่หรือครู (Able to Break Out of the Dependence of Parents or Teachers)

2.2 ความสัมพันธ์ที่ดีกับพ่อแม่ (Able to Have Good Relationships with Parents)

2.3 การตัดสินใจเกี่ยวกับทัศนคติและความรับผิดชอบ

3. ด้านคุณค่า (Value)

3.1 มีความเชื่อตามถูก-ผิดหรือ ดี-ไม่ดี (Have Beliefs Based on True-False and Good-Bad)

3.2 มีความเชื่อในหลักการ (Have Principal Belief)

Tsai (2019) ศึกษาการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนภายใต้รูปแบบการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน: การรับรู้และมุมมอง โดยพัฒนาเครื่องมือต่อยอดมาจากงานวิจัยของ Sanprasert (2010) และระบุองค์ประกอบของการรับรู้ความเป็นอิสระของผู้เรียนทั้งหมด 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. กลยุทธ์ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner autonomous strategy)
2. พฤติกรรมความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner autonomous behavior)
3. ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner independence)
4. ความมั่นใจของผู้เรียน (Learner confidence)
5. ลักษณะของผู้เรียนที่มีความเป็นอิสระ (Characteristics of autonomous learners)

Sereti & Giossos (2018) ได้พัฒนาแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ โดยพัฒนาองค์ประกอบและรายการคำถามจากงานวิจัยของ Fisher, King & Tague (2001), Walker & Fraser (2005), Macaskill & Taylor (2010) และ Bei (2016) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่า ความเป็นอิสระของผู้เรียนประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความสามารถพิเศษในการจัดการตนเอง (special ability to self-management)
2. ลักษณะทางจิตวิทยาพิเศษ (special psychological disposition)

3. ความสามารถในการจัดการตนเองทั่วไป (general ability to self-management)

4. ลักษณะทางจิตวิทยาทั่วไป (general psychological disposition)

Firat (2016, pp.194) ได้ศึกษา การวัดความเป็นอิสระของการเรียนผ่านอิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียนการศึกษาทางไกล โดยได้พัฒนาแบบวัดความเป็นอิสระของการเรียนผ่านอิเล็กทรอนิกส์โดยอ้างอิงแนวคิดของ Moore (1972, 1993) Little (1991), Lynch & Dembo (2004) และ Arnold (2006) และระบุองค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียน ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ประสบการณ์ การวางแผนการเรียนรู้ (Planning learning experiences)
2. การประเมินความสามารถในการเรียนรู้ (evaluating learning performance)
3. การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ (Determining learning goals)
4. การควบคุมตนเองในกระบวนการเรียนรู้ (Self-control of learning process)
5. ความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจ (Taking responsibility for decisions)
6. การประเมินความต้องการในการเรียนรู้ (Assessment of learning needs)

Little (2007, pp.24) ได้ศึกษาความเป็นอิสระของผู้เรียนภายใต้การประเมินตนเอง การตั้งเป้าหมาย และการสะท้อนกลับ และได้ระบุว่าการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียนที่เรียนเกี่ยวกับภาษา ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Learning involvement) เป็นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการแสดงความรับผิดชอบในกระบวนการเรียนรู้
2. การสะท้อนผู้เรียน (Learner reflection) การช่วยผู้เรียนในการวางแผน การกำกับติดตามและประเมินผลการเรียนรู้
3. การมีเป้าหมายทางภาษาที่เหมาะสม (Appropriate target language use) การใช้เป้าหมายในการเรียนรู้ภาษาเป็นเป้าหมายหลักในการเรียน

Lynch & Dembo (2004, pp.5-6) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการควบคุมตนเองและการเรียนออนไลน์ภายใต้บริบทการเรียนรู้แบบผสมผสาน ระบุเกี่ยวกับองค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียนในการเรียนออนไลน์ ทั้งหมด 5 องค์ประกอบ ได้แก่

1. แรงจูงใจ (Motivation) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ความเชื่อในประสิทธิภาพของตนเองและการวางเป้าหมาย ความเชื่อในประสิทธิภาพของตนเองสะท้อนให้เห็นถึงความมั่นใจหรือความเชื่อมั่นของผู้เรียนที่จะประสบความสำเร็จในการเรียน ส่วนการวางเป้าหมายเป็นเหตุผลที่ผู้เรียนต้องการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้

2. ประสบการณ์ด้านเทคโนโลยี (Experience with Internet technology) เป็นสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ทักษะการบริหารเวลา (Time management skills) เป็นการจัดการเวลาในการเรียนรู้และการทำสิ่งอื่นๆ ที่ต้องการควบคู่ไปด้วย

4. ทักษะการจัดการสภาพแวดล้อม (Study environment management skills) เป็นการจัดการสภาพแวดล้อมเพื่อให้สนับสนุนการเรียนรู้ที่กำลังจะเกิดขึ้น

5. ทักษะการจัดการด้านความช่วยเหลือในการเรียนรู้ (Learning assistance management skill) เป็นการแสวงหาความช่วยเหลือด้านการเรียนรู้ที่เหมาะสมทราบแหล่งที่จะหาข้อมูล หรือรู้วิธีการขอความช่วยเหลือและรู้วิธีการประเมินผลของความช่วยเหลือที่ได้รับ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียน ผู้วิจัยสนใจพัฒนาเครื่องมือแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนโดยอ้างอิงองค์ประกอบงานวิจัยของ Shirzad & Ebadi (2020) โดยงานวิจัยนี้มีการอ้างอิงจากองค์ประกอบของ Suphandee et al. (2018), Tassinari (2012) และ Zhang & Li (2004) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่มีการอ้างอิงเกี่ยวกับองค์ประกอบในการพัฒนาเครื่องมือในงานวิจัยอีกจำนวนมาก นอกจากนี้ Deci & Ryan (2000, pp.228) ได้กล่าวว่า จากทฤษฎีการกำหนดตนเอง (Self-Determination Theory) ที่ทำให้ผู้เรียนมีความเป็นอิสระเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงแรงจูงใจภายในที่จะนำไปสู่การแสดงออกภายนอก และเมื่อเกิดแรงจูงใจภายในตนเองจะทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนของตนและประสบความสำเร็จในที่สุด (Little, 2007., pp.24) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบที่วัดความเป็นอิสระของผู้เรียนควรประกอบด้วยองค์ประกอบภายในและภายนอก ซึ่งองค์ประกอบในงานวิจัยของ

Shirzad & Ebadi (2020) มีองค์ประกอบความครอบคลุมทั้งด้านการรู้คิด (Metacognitive) ด้านสังคม (Social) ด้านการปฏิบัติ (Action-oriented) ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive) และด้านอารมณ์ (Affective motivational) จึงน่าจะมีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนความเป็นอิสระของผู้เรียน

5.2.1.4 เครื่องมือที่ใช้วัดความเป็นอิสระของผู้เรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน พบว่า มีการใช้เครื่องมือที่ใช้วัดความเป็นอิสระหลายรูปแบบ เช่น แบบมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) มาตรวัดเจตคติแบบออสกู๊ด (Osgood rating scale) แบบสังเกตพฤติกรรม แบบบันทึกพฤติกรรม และคำถามแบบเลือกตอบ (Multiple choices) ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้วัดความเป็นอิสระของผู้เรียน ดังนี้

Shirzad & Ebadi (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนในวิชาความเข้าใจในการอ่านภาษาต่างประเทศ โดยใช้การสัมภาษณ์ครูและนักเรียนแล้วนำมาวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อให้ได้สาระสำคัญหลักในการนำไปสร้างข้อคำถาม โดยมีการอ้างอิงองค์ประกอบจากงานวิจัยของ Suphandee et al. (2018), Tassinari (2012) และ Zhang & Li (2004) ข้อคำถามมีทั้งหมด 30 ข้อ เครื่องมือนี้มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .923 และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจพบว่าความเป็นอิสระของผู้เรียนประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ด้านการรู้คิด (Metacognitive) หมายถึง การตรวจสอบกลยุทธ์ที่ใช้ในระหว่างการฝึกฝน
2. ด้านสังคม (Social) หมายถึง การพยายามเข้าร่วมการสนทนาแบบเป็นคู่หรือเป็นกลุ่มหรืออื่นๆ
3. ด้านการปฏิบัติ (Action-oriented) หมายถึง การเลือกกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการเป็นผู้อ่านที่ดี
4. ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive) หมายถึง การใช้กลยุทธ์ที่มีอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการอ่าน
5. ด้านอารมณ์ (Affective motivational) หมายถึง การพยายามจัดการกับปัจจัยทางอารมณ์ที่มีผลต่อการอ่าน เช่น การประหม่า ความวิตกกังวล และความเครียด เป็นต้น

Ginanjari (2020) ศึกษาเรื่อง ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยได้พัฒนาเครื่องมือวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน อ้างอิงองค์ประกอบจาก Steinberg (2005) ซึ่งมีการถูกนำไปใช้ในงานวิจัยของ Junianti (2015) และ Jacobs, Renandya & Power (2016) แบบวัดนี้มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน เท่ากับ .86 โดยแบบวัดนี้มีองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

1. ด้านพฤติกรรม (Behaviour) ซึ่งประกอบด้วย

1.1 ความสามารถในการตัดสินใจ (Decision Making Ability)

1.2 การไม่ได้รับอิทธิพลจากผู้อื่น (Not Easily Influenced by Others)

1.3 ความมั่นใจ (Have Confidence)

1.4 การมีศักยภาพและความมั่นใจ (Have Potential and Confidence)

1.5 ความสามารถในการหาวิธีแก้ปัญหา (Being Able to Find Solutions to Problems)

2. ด้านอารมณ์ (Emotion)

2.1 ความสามารถในการเป็นอิสระจากพ่อแม่หรือครู (Able to Break Out of the Dependence of Parents or Teachers)

2.2 ความสัมพันธ์ที่ดีกับพ่อแม่ (Able to Have Good Relationships with Parents)

2.3 การตัดสินใจเกี่ยวกับทัศนคติและความรับผิดชอบ

3. ด้านคุณค่า (Value)

3.1 มีความเชื่อตามถูก-ผิดหรือ ดี-ไม่ดี (Have Beliefs Based on True-False and Good-Bad)

3.2 มีความเชื่อในหลักการ (Have Principal Belief)

Alsharari & Alshurideh (2020) ศึกษาเรื่อง การรักษาหรือการคงอยู่ของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา: บทบาทของความคิดสร้างสรรค์ ความฉลาดทางอารมณ์ และความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยมีเครื่องมือวัดเป็นแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน (The Learner

Autonomy Profile: LAP) ของ Human Resource Development Enterprises (HRDE) ซึ่งเป็นแบบวัดที่พัฒนาขึ้นจากแบบจำลองพฤติกรรมของ Fishbein & Ajzen (1975), Bandura (1994) และ Confessore and Park (2004) เป็นแบบวัดแบบ Likert scale 5 ระดับ ตั้งแต่ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง มีคุณภาพด้านความเชื่อมั่น เท่ากับ .923 ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่ถูกสกัดได้ (Average variance extracted) เท่ากับ .646 ความตรงสู่สมบูรณ (Convergent validity) เท่ากับ .901 โดยแบบวัดนี้มีองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังนี้

1. ความปรารถนาของผู้เรียน (Learner Desire) เป็นมุมมองเกี่ยวกับความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อเริ่มต้นการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ

2. ความมีไหวพริบของผู้เรียน (Learner Resourcefulness) เป็นการประเมินการรับรู้ของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับความสามารถในการระดมสิ่งที่ตนเองมีหรือทรัพยากรของตนเองที่จำเป็นในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

3. ความคิดริเริ่มของผู้เรียน (Learner Initiative) เป็นความตั้งใจของผู้เรียนแต่ละบุคคลในการมีส่วนร่วมทำกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเรียนรู้สิ่งใหม่

4. ความคงอยู่ของผู้เรียน (Learner Persistence) เป็นการประเมินความเชื่อของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับความสามารถในการทำกิจกรรมจนกว่าจะบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่ตนเองต้องการ

Muhammad (2020) ได้ศึกษาเรื่อง การส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนผ่านสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ในการเรียนภาษา ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรม การเข้าร่วมกิจกรรม และแบบบันทึกความคิดเห็นของนักศึกษา โดยอ้างอิงแนวคิดของ Benson (2011) ซึ่งกล่าวว่าองค์ประกอบของการส่งเสริมความเป็นอิสระมี 3 ด้าน ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ (Learning management) คือ ความต้องการของผู้เรียนเกี่ยวกับการเรียนเมื่อไร ที่ไหน เรียนอย่างไรเพื่อนำไปสู่เป้าหมาย

2. สื่อการเรียนรู้ (Learning materials) คือ ผู้เรียนต้องตัดสินใจว่าสื่อการสอนใดที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ไม่ใช่อาศัยแต่สื่อการสอนจากที่ผู้สอนจัดหาให้เท่านั้น

3. กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) คือ ผู้เรียนสามารถจัดการกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ เช่น ความเชื่อ อารมณ์ และแรงจูงใจ เป็นต้น

Tsai (2019) ศึกษาการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนภายใต้รูปแบบการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน : การรับรู้และมุมมอง โดยใช้เครื่องมือคือแบบวัดการวัดการรับรู้ความเป็นอิสระของผู้เรียน แบบ Likert scale 5 ระดับ ตั้งแต่ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยมีการพัฒนาเครื่องตัวอย่างมาจากงานวิจัยของ Sanprasert (2010) ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 26 ข้อคำถาม โดยเครื่องมือนี้มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ .89 และมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. กลยุทธ์ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner autonomous strategy) มีจำนวน 5 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .87
2. พฤติกรรมความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner autonomous behavior) มีจำนวน 6 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .91
3. ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner independence) มีจำนวน 6 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .86
4. ความมั่นใจของผู้เรียน (Learner confidence) มีจำนวน 5 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .88
5. ลักษณะของผู้เรียนที่มีความเป็นอิสระ (Characteristics of autonomous learners) มีจำนวน 4 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .93

Sereti & Giossos (2018) ได้พัฒนาแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนแบบ Likert scale 5 ระดับ ตั้งแต่ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 40 ข้อ โดยพัฒนามาจากงานวิจัยของ Fisher, King & Tague (2001), Walker & Fraser (2005), Macaskill & Taylor (2010) และ Bei (2016) ซึ่งมีการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า เหลือข้อคำถามเพียง 24 ข้อ เครื่องมือนี้มีการตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษาโดยนักศึกษา จำนวน 5 คน จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ .85 และประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความสามารถพิเศษในการจัดการตนเอง (special ability to self-management) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ มีความเชื่อมั่น เท่ากับ เท่ากับ .82 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 22.84%

2. ลักษณะทางจิตวิทยาพิเศษ (special psychological disposition) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 6 ข้อ มีความเชื่อมั่น เท่ากับ เท่ากับ .65 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 9.13%

3. ความสามารถในการจัดการตนเองทั่วไป (general ability to self-management) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 7 ข้อ มีความเชื่อมั่น เท่ากับ เท่ากับ .76 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 7.06%

4. ลักษณะทางจิตวิทยาทั่วไป (general psychological disposition) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ มีความเชื่อมั่น เท่ากับ เท่ากับ .48 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 6.36%

Dafei (2007, p.21) ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นอิสระของผู้เรียนและความสามารถทางภาษาอังกฤษ ซึ่งใช้เครื่องมือในการวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนของ Zhang & Li (2004) ที่ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 21 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นรายการคำถามแบบ Likert scale 5 ระดับ ตั้งแต่ ปฏิบัติทุกครั้งจนถึงไม่เคยปฏิบัติ จำนวน 11 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ (Multiple choices) 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ซึ่งมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่นในระดับสูง ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดความเป็นอิสระของผู้เรียนของ Dafei (2007, p.21)

จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรความเป็นอิสระของผู้เรียน พบว่า เครื่องมือที่ใช้วัดส่วนใหญ่จะเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Likert scale) มีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและค่าความเชื่อมั่น ดังตาราง 6

ตาราง 6 สรุปเครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรความเป็นอิสระของผู้เรียน

ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	บริบท	รูปแบบ เครื่องมือ วิจัย	จำนวน รายการ คำถาม	ตัวอย่าง วิจัย	การตรวจสอบคุณภาพ
Shirzad & Ebadi	2020	Iran	มหาวิทยาลัย	แบบมาตร ประมาณค่า 5 ระดับ	30 รายการ	ครู 12 คน นักศึกษา 280 คน	1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา 2. การวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) : 5 องค์ประกอบ 3. ความเที่ยงตรงเชิง โครงสร้าง (CFA) : เหมาะสม 4. ค่าความเชื่อมั่น : $\alpha = .923$
Ginanjari	2020	Indonesia	มัธยมศึกษา	มาตรวัดเจต คติแบบ ออสกูต	34 รายการ	นักเรียน 450 คน	วิเคราะห์ G.Rasch's model 1. ความเที่ยงตรงเชิง เนื้อหา 2. ค่าความเชื่อมั่น : .86
Alsharari & Alshurideh	2020	UAE	มหาวิทยาลัย	แบบมาตร ประมาณค่า 5 ระดับ	-	58% ของ นักศึกษา ปริญญาตรี ของ มหาวิทยาลัย เอกชน ใน UAE ทั้งหมด	1. ความตรงสู่สมมุติ (convergent validity) = .901 2. ค่าเฉลี่ยของความ แปรปรวนที่ถูกสกัดได้ (Average variance extracted) = .646 3. ค่าความเชื่อมั่น : $\alpha = .901$
Muhammad	2020	Indonesia	มหาวิทยาลัย	1. แบบ สังเกต 2. แบบบันทึก พฤติกรรม	-	นักศึกษา 25 คน	-
Tsai	2019	Taiwan	มหาวิทยาลัย	แบบมาตร ประมาณค่า 5 ระดับ	26 รายการ	นักศึกษา 124 คน	ค่าความเชื่อมั่น : $\alpha = .89$
Sereti & Giossos	2018	Cyprus	มหาวิทยาลัย	แบบมาตร ประมาณค่า 5 ระดับ	28 รายการ	นักศึกษา 258 คน	1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา 2. การวิเคราะห์องค์ประกอบ เชิงสำรวจ (EFA) : 4 องค์ประกอบ 3. ค่าความเชื่อมั่น : $\alpha = .85$

ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	บริบท	รูปแบบ เครื่องมือ วิจัย	จำนวน รายการ คำถาม	ตัวอย่าง วิจัย	การตรวจสอบคุณภาพ
Zhang & Li (as cited in Dafei, 2007)	2004	China	-	1. แบบ มาตร ประมาณค่า (Likert scale) 5 ระดับ 2. คำถาม แบบ เลือกตอบ (Multiple choices) 5 ตัวเลือก	1. แบบ มาตร ประมาณ ค่า (Likert scale) 5 ระดับ จำนวน 11 รายการ 2. คำถาม แบบ เลือกตอบ (Multiple choices) 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ	-	1.ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา : สูง 2.ค่าความเชื่อมั่น : สูง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ใช้เครื่องมือวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนแบบมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนในรูปแบบมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) 5 ระดับในงานวิจัยนี้ โดยประกอบด้วย 5 องค์ประกอบของความเป็นอิสระของผู้เรียน ได้แก่ ด้านการรู้คิด (Metacognitive) ด้านสังคม (Social) ด้านการปฏิบัติ (Action-oriented) ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive) และด้านอารมณ์ (Affective motivational) ซึ่งเป็นการให้ตัวอย่างวิจัยรายงานตนเอง (Self-report) เนื่องจากผู้เรียนจะสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับตนเองได้ดีที่สุดในด้านต่างๆ ของความเป็นอิสระของผู้เรียน

5.2.1.5 การพัฒนาและการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน

การพัฒนาผู้เรียนในการเรียนการสอนศตวรรษที่ 21 นั้นควรจะมีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างอิสระ (Muhammad, 2020, pp.320) การให้ความอิสระกับผู้เรียนอาจจะยากในการยอมรับ และต้องรับมือกับความไม่แน่นอน ความไม่มั่นคง แต่ในทางตรงข้ามวิธีนี้เป็นวิธีการบังคับให้นักเรียนต้องสร้างหลักสูตรด้วยตนเองซึ่งจะทำให้ผู้เรียน

ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้มากกว่าวิธีแบบดั้งเดิม (Little, 1995, pp.180) นอกจากนี้ การส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนจะทำให้ผลลัพธ์มีแนวโน้มไปในทางที่ดีขึ้น เช่น ผลการเรียนรู้มีส่วนร่วมในห้องเรียนมากขึ้น มีความเข้าใจเนื้อหา การดำรงชีวิตที่ดีขึ้น (Reeve, 2009, pp.162) แรงจูงใจภายในเพิ่มขึ้น ความพึงพอใจมากขึ้น มีความเพลิดเพลินกับสิ่งที่ทำ (Deci & Ryan, 2000, pp.230,234) ทั้งนี้ ความเป็นอิสระของผู้เรียนต้องมีความสมดุลระหว่างการพัฒนาตนเองให้ไปจุดสูงสุดและการพึ่งพาอาศัยกันของมนุษย์ไม่ใช่การทำให้ทุกอย่างมีความเป็นอิสระทั้งหมด (Allwright, 1990 as cited in Little, 1995, pp.180)

การพัฒนาหรือฝึกให้ผู้เรียนมีความเป็นอิสระจะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ด้าน คือ 1) ด้านบทบาทการสอน (Pedagogical) ครูต้องเป็นตัวช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้หน้าที่ และยอมรับผิดชอบในกระบวนการเรียนของตนเองโดยการจัดหาสื่อการสอน เครื่องมือ อุปกรณ์ที่เหมาะสม และโอกาสในการฝึกฝนนักเรียน ซึ่งกลยุทธ์ในการเรียนรู้ และการฝึกฝนผู้เรียนเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาความเป็นอิสระในการเรียนการสอน และ 2) ด้านการสื่อสาร (Communicative) การส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนต้องอาศัยปัจจัยทั้งด้านความเป็นอิสระทางด้านการสอนและความเป็นอิสระทางด้านการสื่อสารเพื่อนำไปสู่การเป็นผู้เรียนที่มีแนวคิด มีวินัย และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสมและรอบคอบ เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นและนำผู้เรียนไปสู่การเป็นกลุ่มผู้มีวินัยเป็นเลิศ (The disciplinary expert) โดยบทบาทการสอนมีความเป็นสำคัญเป็นหลักในการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียน นอกจากนี้ Arnold (2006, n.d.) ระบุเกี่ยวกับองค์ประกอบของการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนในการเรียนแบบเผชิญหน้า (Face-to-face) ทั้งหมด 3 องค์ประกอบหลัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ปัจจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอน

1.1 การเรียนรู้ผ่านการสนทนาระหว่างเพื่อนร่วมชั้น (Community peer learning and dialogue)

1.2 การตรวจทาน/ตรวจสอบ (Peer review)

1.3 การสะท้อนการเรียนรู้ (Reflection on learning)

1.4 กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการเจรจา (Negotiated learning activities)

1.5 การประเมินตนเอง (Self evaluation)

1.6 การประเมินความสามารถ หรือการประเมินผลการปฏิบัติ (Evaluation of performance) ซึ่งได้รับข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอน

2. ปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อผู้เรียน

2.1 แรงจูงใจ (Motivation)

2.2 การช่วยเหลือกันและกัน (Peer support)

2.3 กลุ่มเพื่อน (Peer group)

2.4 ความกังวลด้านการเงินและครอบครัว (Financial and family concerns)

2.5 ความกังวลอื่นๆ และประสบการณ์ของการพัฒนาตนเอง (Other concerns and the experience of personal development)

2.6 ความต้องการที่จะเปลี่ยนแปลงความรับผิดชอบ (A need for change responsibility) (attitude)

3. ปัจจัยด้านลักษณะของผู้เรียน

3.1 การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Perception of competence)

3.2 การรับรู้เกี่ยวกับการควบคุมภายในจิตใจ (Perceived internal locus of control)

3.3 แรงจูงใจภายใน (Intrinsic motivation)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าปัจจัยในการจัดการเรียนการสอนเป็นปัจจัยที่สำคัญโดยถ้าผู้สอนมีความเป็นอิสระก็จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเป็นอิสระเช่นกัน ในขณะเดียวกันความเป็นอิสระของผู้เรียนก็จะส่งเสริมความเป็นอิสระของครูด้วยเช่นกัน ดังนั้น ครูต้องศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียน และต้องสร้างประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับความเป็นอิสระให้แก่ผู้เรียน ในขณะเดียวกันความเป็นอิสระของผู้เรียนต้องมีความสมดุลระหว่างการพัฒนาตนเองให้ไปถึงจุดสูงสุดและการพึ่งพาอาศัยกันของมนุษย์ หมายความว่า ไม่ควรทำทุกอย่างให้เป็นอิสระมากเกินไปแต่ต้องมีความสมดุล ถ้ายกเลิกการควบคุมนักเรียน จะทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนมีความวุ่นวาย มีความไม่แน่นอน ไม่มั่นคง และอาจจะเป็นไปได้ยากแต่ในทางตรงข้ามกันถ้าปล่อยให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ของตนเองจะเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนต้องสร้างหลักสูตรหรือรายวิชาของตนเอง ซึ่งมีความสะดวกและประสบความสำเร็จมากกว่าวิธีแบบดั้งเดิม Little (1995) เสนอว่า การส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนจะเป็นการทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด แต่ในอดีตยังไม่มีคนให้ความสำคัญมากนัก เพราะภาระจะไปหนักอยู่ที่ครูที่เป็นคนกลางในการจัดการศึกษาในรูปแบบนี้ (Little, 1995, pp.176, 180)

จากสถานการณ์ปัจจุบันมีการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ ซึ่งเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนการสอนยุคศตวรรษที่ 21 และยุคอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนยิ่งมีโอกาสมากขึ้นในการเรียนจัดการเรียนรู้ของตนเอง (Muhammad, 2020, pp.321) เทคโนโลยีสามารถพัฒนาการเรียนของผู้เรียน สามารถสร้างบทเรียนให้นักเรียนฝึกได้มากขึ้นโดยการเรียนรู้ผ่านแหล่งข้อมูลเสมือนจริงและจะทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับแหล่งข้อมูลต่างๆ มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาประสบการณ์ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น การแบ่งปันข้อมูลและการอภิปรายในหัวข้อต่างๆ Villanueva, Ruiz-Madrid & Luzón, 2010, pp.6) นอกจากนี้ เทคโนโลยียังสามารถพัฒนาความสามารถการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) การคิดและการควบคุมตนเองเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้ของผู้เรียน (Benson, 2011 as cited in Muhammad, 2020, pp.321) จากงานวิจัยของ Bhattacharya & Chauhan (2010, pp.383) พบว่า การเรียนโดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-media) มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางด้านภาษาและมีความเป็นอิสระในการเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เหมาะสม จะเห็นได้ว่า การเรียนออนไลน์ทำให้นักเรียนมีโอกาสนในการเรียนรู้ได้มากขึ้น ระบบการศึกษาดีขึ้น และมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมกรเรียนของผู้เรียน เช่น พฤติกรรมการคิด ความก้าวหน้า การเรียนที่เป็นระบบ และการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะนำไปสู่ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Anderson & Dron, 2010, pp.80) ซึ่งจากงานวิจัยพบว่า การเรียนโดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในและกระตือรือร้นในการตอบคำถามหรือแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายเป็นกลุ่มมากกว่าการเรียนในห้องเรียนแบบเผชิญหน้า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าในการบรรลุเป้าหมายมากขึ้นและมีความสนใจในการเรียนมากขึ้นโดยปราศจากการบังคับหรือแรงกดดันจากผู้สอน นอกจากนี้ การใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้เรียนสามารถมีอิสระในการเรียนรู้โดยไม่จำกัดเวลา สถานที่และแหล่งในการเรียนรู้ และที่สำคัญการเรียนโดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการจัดการเรียนรู้ของตนเองได้ (Muhammad, 2020, pp.330) แต่อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนที่เรียนออนไลน์ พบว่า ผู้เรียนที่มีความสามารถด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสูงจะยิ่งมีความเป็นอิสระในการเรียนมาก (Firat, 2016, pp.197) นอกจากนี้ Arnold (2006, n.d.) ได้ระบุองค์ประกอบของการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนในการเรียนออนไลน์ทั้งหมด 11 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การเข้าถึงที่ยืดหยุ่น (Flexible access)

2. การอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Learning facilitation)
3. การเลือกด้วยตนเอง (Self selection)
4. ลดการติดต่อสื่อสารโดยการเผชิญหน้ากัน (Lack of face-to-face contact)
5. สื่อทางเลือก (Media choices)
6. การเรียนรู้ผ่านการสนทนาระหว่างเพื่อนร่วมชั้น (Community peer learning and dialogue)
7. การตรวจทาน/ตรวจสอบ (Peer review)
8. กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการเจรจา (Negotiated learning activities)
9. การประเมินตนเอง (Self evaluation)
10. การประเมินความสามารถ หรือการประเมินผลการปฏิบัติ (Evaluation of performance)
11. การสะท้อนการเรียนรู้ (Reflection on learning)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าผู้สอนและผู้เรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยครูต้องมีบทบาทในการสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกการกำกับการเรียนรู้ของตนเองในสถานการณ์ต่างๆ ส่วนผู้เรียนต้องพิจารณาเทคนิคหรือวิธีการที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของตนเอง กำกับติดตามการเรียนรู้ และประเมินจุดแข็ง จุดอ่อน และสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไป นอกจากนี้ การเรียนในรูปแบบออนไลน์หรือการใช้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนจะทำให้ผู้เรียนสามารถวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง มีการเข้าถึงความรู้ที่ยืดหยุ่น มีการประเมินการเรียนรู้และความสามารถของตนเอง และการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดความเป็นอิสระของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ของตนเอง

5.2.1.6 บทบาทครูและผู้บริหารในการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน

ครูควรส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน (Smith, 2008, pp.395) โดยผู้เรียนควรได้กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ เป้าหมาย เนื้อหา งานต่างๆ และมีส่วนร่วมในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของตนเองรายบุคคลผ่านการเจรจาหรือตกลงกับระหว่างผู้เรียนกับครูผู้สอน ครูจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำจากกรอบหรือแนวคิดของสถาบัน ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น อายุ ความรู้พื้นฐาน สภาพแวดล้อม และเป้าหมายของผู้เรียน เป็น

ตัน (Little, 1995, pp.179; Moore, 1972, 1993 as cited in Firat, 2016, pp.191; Chia, 2010 as cited in Muhammad, 2020, pp.320)

Holec (1981 as cited in Dafei, 2007, pp.5) เสนอว่าความเป็นอิสระของผู้เรียนเป็นความสามารถในการรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งต้องสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องต่อไปนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้
2. การกำหนดเนื้อหาและความก้าวหน้า
3. การเลือกวิธีการหรือเทคนิคที่ใช้ในการเรียนรู้
4. การกำกับติดตามผล
5. การประเมินสิ่งที่ได้รับมา

ทั้งนี้ ครูควรตระหนักถึงจำนวนรูปแบบของความแตกต่างของแต่ละบุคคลที่มีความเป็นไปได้และสามารถทำให้ผู้เรียนนำความรู้ไปปรับใช้ในทางที่เป็นประโยชน์สูงสุด (Gardner, 1993) นอกจากนี้ ครูควรหากิจกรรมที่ดึงประสบการณ์จากนอกห้องเรียนมาเชื่อมโยงความรู้ขณะเรียน ใช้สื่อการสอนจริง สนับสนุนการมีส่วนร่วมในงานหรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน (Benson, 2011 as cited in Szöcs, 2017) โดยให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น อภิปราย วิเคราะห์ หรือการประเมินร่วมกันอย่างอิสระ สร้างสถานการณ์จำลองการโต้แย้งหรือการอภิปรายซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างความเป็นอิสระให้ผู้เรียนได้คิด จากนั้นครูติดตามการทำงานร่วมกันของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มย่อย (Little, 2007, pp.24) ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในชั้นเรียนและผลักดันให้ผู้เรียนไปในแนวทางที่ถูกต้องและส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน ทั้งนี้ ครูต้องให้ผู้เรียนบันทึกผลการเรียนของตนเอง มีการดำเนินการประเมินตนเองหรือสะท้อนตนเอง และการประเมินเพื่อนร่วมชั้น (Benson, 2011 as cited in Szöcs, 2017) นอกจากนี้ ผู้เรียนที่มีความเป็นอิสระและครูที่มีความเป็นอิสระเป็นปัจจัยที่สนับสนุนกันและกัน ความเป็นอิสระของผู้เรียนกลายเป็นสิ่งที่ครูต้องศึกษา และผู้เรียนก็ควรได้รับการพัฒนาความเป็นอิสระโดยการสร้างประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้บริหารควรเน้นที่จุดประสงค์และเป้าหมายของการเรียนรู้ที่เป็นไปตามความต้องการของผู้เรียน ซึ่งจะเป็นสื่อกลางในการทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ที่จะพัฒนาความเป็นอิสระของตนเอง (Little, 1995, pp.179) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียนไม่เพียงแต่เน้นไปที่ผู้เรียนแต่ควรส่งเสริมบทบาทของครูด้วยซึ่งเป็นศูนย์กลางในการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียน (Szöcs, 2017, pp.142) ในทางตรงข้ามกันการที่ผู้เรียนได้รับการส่งเสริม

พฤติกรรมการเรียนรู้แบบตั้งรับ (Passive learning) ตั้งแต่เด็กทำให้ผู้เรียนอาจจะเห็นว่าไม่ใช่บทบาทหน้าที่ของตนเองในการจัดการด้านการเรียนรู้ของตนเอง ทำให้การพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียนจะทำได้ยากขึ้น ดังนั้น ครูจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับถัดมาในการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียนต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างครูและนักเรียน จะเห็นได้ว่า ครูมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียน ดังนั้น ควรมีการสนับสนุนการอบรมหรือโปรแกรมการศึกษาของครูผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการและนำไปบูรณาการในห้องเรียนจริงจะเป็นประโยชน์มากขึ้น ในทางตรงข้าม การสนับสนุนความเป็นอิสระของผู้เรียนต้องระวังไม่ให้มากเกินไป จะทำให้ไม่เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และครูควรเข้าไปแทรกแซงในกรณีที่มีอุปสรรคจริงๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการพึ่งพาครู (Basri, 2020)

นอกจากนี้โครงสร้างหลักสูตรก็มีความสำคัญ หลักสูตรต้องไม่วางกรอบมากเกินไป และครูควรสร้างบรรยากาศที่เอื้ออำนวยและส่งเสริมความเป็นอิสระ โดยเฉพาะโปรแกรมที่เป็นการฝึกเพื่อนำไปสู่อาชีพในอนาคต ถึงแม้ว่าครูจะมีความสามารถ มีความรับผิดชอบ และมีแรงจูงใจ แต่ถ้าไม่มีอิสระในการออกแบบบทเรียนตามความคิดริเริ่มและความต้องการของผู้เรียน สถาบันต้องพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียนและการสนับสนุนความเป็นอิสระและพัฒนาทั้งครูและนักเรียน อีกทั้ง แรงกดดันของผู้บริหารก็มีอิทธิพลต่อการสนับสนุนความเป็นอิสระที่ครูต้องการให้เกิดกับผู้เรียน และผลการวิจัยเน้นย้ำถึงความพร้อมของผู้เรียนเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมความเป็นอิสระและควรตระหนักถึงการสนับสนุนความเป็นอิสระในการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา (Basri, 2020)

5.2.1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) ในต่างประเทศและในประเทศไทย เป็นเวลา 5 ปีย้อนหลัง ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 7 และ 8

ตาราง 7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) ในต่างประเทศ

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
การส่งเสริมความเป็นอิสระของนักเรียนผ่านสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ในชั้นเรียน EFL	Muhammad	2020	Indonesia	นักศึกษาจำนวน 25 คน ภาควิชาการศึกษาภาษาอังกฤษ มหาวิทยาลัย Mataram	กรณีศึกษา (Case study)	1. นักศึกษามีความกระตือรือร้นในการเรียนและบางคนที่อายเมื่ออยู่ในชั้นเรียนแบบเผชิญหน้า (Face-to-Face) มีความมั่นใจมากขึ้นในการใช้ schoology 2. นักศึกษามีความกระตือรือร้นในการ comment ไอเดียต่างๆในการอภิปรายแบบกลุ่ม 3. นักศึกษามีความก้าวหน้ามากขึ้นและมีความสนใจเรียนมากขึ้นโดยปราศจากการบังคับของครู 4. การส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนเพื่อที่จะได้เกิดการเรียนรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา และโดยโอกาสในการเลือกแหล่งการเรียนรู้ได้ 5. นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นและมีการแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอตามความเข้าใจของตนเอง
การพัฒนาเครื่องมือวัดระดับความเป็นอิสระของผู้เรียน	Sereti & Giossos	2018	Syprus	นักศึกษาจำนวน 258 คน	การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเชิงปริมาณ : ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น	1. ความเป็นอิสระของผู้เรียนประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) ความสามารถพิเศษในการจัดการตนเอง (special ability to self-management) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ มีความเชื่อมั่นเท่ากับ เท่ากับ .82 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 22.84% 2) ลักษณะทางจิตวิทยาพิเศษ (special psychological disposition) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 6 ข้อ มีความเชื่อมั่น เท่ากับ เท่ากับ .65 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 9.13% 3) ความสามารถในการจัดการตนเอง

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
						ทั่วไป (general ability to self-management) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 7 ข้อ มีความเชื่อมั่นเท่ากับ .76 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 7.06%
						4) ลักษณะทางจิตวิทยาทั่วไป (general psychological disposition) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ มีความเชื่อมั่นเท่ากับ .48 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 6.36%
						2. ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน เท่ากับ .85
การสืบเสาะความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นอิสระในการเรียนรู้ ความวิตกกังวลทางภาษา และรูปแบบการคิด: ของนักศึกษา มหาวิทยาลัย	Desta	2020	Ethiopia	นักศึกษาจำนวน 598 คน ภาควิชาภาษาอังกฤษ มหาวิทยาลัย Debre Tabor, Bahir Dar, และ Gondar.	การวิจัยเชิงสำรวจ: ex-post-fact design	ความเป็นอิสระในการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับความกังวลด้านภาษา และรูปแบบการคิด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และความกังวลด้านภาษามีความสัมพันธ์กับรูปแบบการคิด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05
การพัฒนาความเป็นอิสระผ่านการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	Hutapea	2019	Indonesia	นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้องเรียน	การวิจัยกึ่งทดลอง	เมื่อเปรียบเทียบในโรงเรียนแต่ละระดับ พบว่า นักเรียนที่ได้รับวิธีการสอนแบบการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์ มีความเป็นอิสระในการเรียนรู้มากกว่านักเรียนที่เรียนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่เมื่อจำแนกผู้เรียนตามระดับความสามารถสูง กลาง ต่ำ พบว่า นักเรียนที่ได้รับวิธีการสอนแบบการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์ มีความเป็นอิสระในการเรียนรู้มากกว่านักเรียนที่เรียนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
แรงจูงใจ ความคิด สร้างสรรค์ และ ความมั่นใจใน ตนเองเป็นปัจจัย สำคัญของการ เรียนรู้อย่างเป็น อิสระ	Nafiaty	2017	Indonesia	นักเรียน ระดับชั้น มัธยมศึกษา ตอนปลาย จำนวน 32 คน โรงเรียน SMA Negeri 4 Tegal	การศึกษา อิทธิพลโดย ใช้การ วิเคราะห์ สมการ ถดถอยอย่าง ง่าย (Simple Linear Regression)	แรงจูงใจในการเรียน ความคิด สร้างสรรค์ในการเรียน และความ เชื่อมั่นในตนเอง มีอิทธิพลต่อความ เป็นอิสระในการเรียนรู้ ซึ่งแรงจูงใจ ในการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ใน การเรียน และความเชื่อมั่นใน ตนเอง สามารถอธิบายความเป็น อิสระในการเรียนรู้ได้ 56.2% และมี สมการการทำนายคือ $Y = 4.728 + 0.031X_1 + 0.841X_2 + 0.003X_3$
ความเชื่อของครู และผู้เรียน เกี่ยวกับความเป็น อิสระในการ เรียนรู้ภาษาและ ผลกระทบที่มีใน ห้องเรียน: การศึกษาแบบ ผสมผสาน	Szöcs	2017	Hungary	ครู จำนวน 12 คน นักเรียน ระดับชั้น มัธยมศึกษา ปีที่ 3 จำนวน 100 คน	การวิจัยแบบ ผสมผสาน (Mixed method)	1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดที่มี อิทธิพลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียน คือ ภูมิหลังและแรงจูงใจทาง เศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน 2. ครูชอบสร้างข้อจำกัดที่ส่งผลต่อ การเลือกของผู้เรียน ทศนคติของครู มีความเชื่อมโยงกับประสบการณ์ ในการสอนและการปฏิบัติเกี่ยวกับ การสนับสนุนความเป็นอิสระ และ นักเรียนไม่ได้รู้สึกถึงความเป็น อิสระในการเรียนในห้องเรียน 3. การแนะนำของครูเป็นการ ติดตามกระบวนการเรียนรู้ ไม่ใช่ ความรับผิดชอบของผู้เรียน และ นักเรียนคาดหวังที่จะได้รับการ พัฒนา และคำแนะนำจากครู 4. ควรส่งเสริมเกี่ยวกับความสำคัญ ของความเป็นอิสระของผู้เรียน ตลอดจนบทบาทของครูที่เป็น ศูนย์กลางในการพัฒนาความเป็น อิสระของผู้เรียนและนักเรียนรู้สึก ต้องมีความรับผิดชอบต่อ กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของ ตนเอง กระตุ้นความสนใจตนเอง และตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียน นอกจากนี้ ผู้เรียนมีความเห็นว่ การทำงานเดี่ยวสามารถนำไปสู่

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
การใช้การเรียนรู้ แบบพลิกกลับ เพื่อเสริมสร้าง ทักษะการสะท้อน คิดและความเป็น อิสระในการ เรียนรู้ของ นักศึกษาคณะ ศึกษาศาสตร์ วิชาเอก ภาษาอังกฤษ	Shehata	2018	Egypt	นักศึกษาชั้น ปีที่ 3 คณะ ศึกษาศาสตร์ เอก ภาษาอังกฤษ จำนวน 70 คน	การวิจัยกึ่ง ทดลอง	การพัฒนาความเป็นอิสระได้ และ คนที่ประสบความสำเร็จมากกว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยวิธีการสอน แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped learning) มีทักษะการสะท้อน ความคิดและความเป็นอิสระในการ เรียนรู้สูงกว่ากลุ่มที่เรียนปกติ อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
บทบาทของ ความคิด สร้างสรรค์ ความ ฉลาดทางอารมณ์ และความเป็น อิสระของผู้เรียน ของนักศึกษาใน ระดับอุดมศึกษา	Alsharari & Alshurideh	2020	UAE	นักศึกษา ปริญญาตรี ของ มหาวิทยาลัย เอกชน ใน สหราชอาณาจักร เอมิเรตส์	การวิเคราะห์ สมการเชิง โครงสร้าง (SEM)	การตรวจสอบความตรงสู่สมบุรณ์ และความตรงเชิงโครงสร้าง พบว่า มี ความตรงเหมาะสม และความเที่ยง ของทั้ง 4 ตัวแปรอยู่ระหว่าง .788 - .922 และความเที่ยงของทุกรายการ ค่าถามสูงกว่า .7 ทั้งหมด ส่วนการ วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง พบว่า R^2 เท่ากับ .788 และความคิด สร้างสรรค์ ความฉลาดทางอารมณ์ และความเป็นอิสระของผู้เรียน ส่งผล ทางบวกต่อการคงสภาพของนักเรียน ตามสมมติฐาน โดยมีน้ำหนัก องค์ประกอบ เท่ากับ .698, .465, .574 ตามลำดับ
ปัจจัยที่มีอิทธิพล ต่อความเป็น อิสระของผู้เรียน และการสนับสนุน ความเป็นอิสระใน คณะ ศึกษาศาสตร์	Basri	2020	Cyprus	ครู จำนวน 12 คน นักศึกษา จำนวน 25 คน	กรณีศึกษา (Case study)	ครูเชื่อว่าผู้เรียนระดับอุดมศึกษามี ความเชื่อและนิสัยในการเรียนรู้มา ก่อนหน้าแล้ว ทำให้เป็นอุปสรรคที่ ยากในการพัฒนาพฤติกรรม การ เรียนรู้ และครูจะโน้มน้าวผู้เรียนให้นำ พฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองมา ใช้ได้ยากเป็นพิเศษ เมื่อผู้เรียนมา จากระบบที่เน้นการสอบ นักเรียน กลายเป็นคนเรียนรู้แบบตั้งรับ และ นักเรียนมีความเห็นว่า ไม่ใช่บทบาท

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
						หน้าที่ของตนเองในการจัดการด้านการเรียนรู้ของตนเอง ดังนั้น การปรับเปลี่ยนความเชื่อของครูและนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้และการสอนเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากความเป็นอิสระของผู้เรียนจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อครูและนักเรียนร่วมมือกัน ดังนั้น ควรมีการสนับสนุนการอบรมหรือโปรแกรมการศึกษาของครูผ่านการอบรมเชิงปฏิบัติการและนำไปบูรณาการในห้องเรียนจริงจะเป็นประโยชน์มากขึ้น การสนับสนุนความเป็นอิสระของผู้เรียนต้องระวังไม่ให้มากเกินไป จะทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และครูควรเข้าไปแทรกแซงในกรณีที่มีอุปสรรคจริงๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการพึ่งพาครู นอกจากนี้ โครงสร้างหลักสูตรก็มีความสำคัญ หลักสูตรต้องไม่วางกรอบมากเกินไป และครูควรสร้างบรรยากาศที่เอื้ออำนวยและส่งเสริมความเป็นอิสระ โดยเฉพาะโปรแกรมที่เป็นการฝึกเพื่อนไปสู่อาชีพในอนาคต แม้ว่าครูจะมีความสามารถ มีความรับผิดชอบ และมีแรงจูงใจ แต่ไม่มีอิสระในการออกแบบบทเรียนตามความคิดริเริ่มและความต้องการของผู้เรียน สถาบันต้องพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียน และการสนับสนุนความเป็นอิสระและพัฒนาทั้งครูและนักเรียน นอกจากนี้ แรงกดดันของผู้บริหารมีอิทธิพลต่อการสนับสนุนความเป็นอิสระที่ครูต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ทั้งนี้ ผลการศึกษาเน้นย้ำถึงความพร้อมของผู้เรียนเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมความเป็นอิสระและควร

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
						ตระหนักถึงการสนับสนุนความเป็น อิสระในการศึกษาระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษา
ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่น ของความเป็น อิสระในการ เรียนรู้ของ นักเรียนระดับชั้น มัธยมตอนต้นโดย การศึกษา ประชากรศาสตร์	Ginanjar	2020	Indonesia	นักเรียน โรงเรียน ระดับ มัธยมศึกษา ของรัฐและ เอกชน จำนวน 450 คน	การ ตรวจสอบ คุณภาพ เครื่องมือเชิง ปริมาณ : การวิเคราะห์ G.Rasch's model	แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนมี ความตรงและมีค่าความเชื่อมั่นของ แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน เท่ากับ .86
การพัฒนาแบบ วัดความเป็น อิสระของผู้เรียน ในการเรียนการ สอนวิชา ภาษาอังกฤษเพื่อ ความเข้าใจใน การอ่าน ภาษาต่างประเทศ	Shirzad & Ebadi	2020	Iran	ครู จำนวน 12 คน นักศึกษา 280 คน	การ ตรวจสอบ คุณภาพ เครื่องมือเชิง ปริมาณ : ความ เที่ยงตรงเชิง เนื้อหา การ วิเคราะห์ องค์ประกอบ เชิงสำรวจ และการ วิเคราะห์ค่า ความเชื่อมั่น	แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนมี ความตรงเชิงโครงสร้าง ค่าความ เชื่อมั่น เท่ากับ .923 และเมื่อ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ พบว่าความเป็นอิสระของผู้เรียน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้ 1. ด้านการรู้คิด หมายถึง การ ตรวจสอบกลยุทธ์ที่ใช้ระหว่างการ ฝึกฝน 2. ด้านสังคม หมายถึง การพยายาม เข้าร่วมการสนทนาแบบเป็นคู่หรือ เป็นกลุ่มหรืออื่นๆ 3. ด้านการปฏิบัติ หมายถึง การเลือก กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการเป็น ผู้อ่านที่ดี 4. ด้านความรู้ ความเข้าใจ หมายถึง การใช้กลยุทธ์ที่มีอย่างมี ประสิทธิภาพเพื่อปรับปรุงและ พัฒนาการอ่าน 5. ด้านอารมณ์ หมายถึง การ พยายามจัดการกับปัจจัยทางอารมณ์ ที่มีผลต่อการอ่าน เช่น การประหม่า ความวิตกกังวล และความเครียด เป็นต้น

ตาราง 8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) ในประเทศไทย

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่างวิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
ตัวบ่งชี้คุณลักษณะ ของความเป็นอิสระ ของผู้เรียนในวิชา ภาษาอังกฤษของ นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย	Suphandee et al.	2018	ไทย	1. ผู้เชี่ยวชาญ ด้าน มนุษยศาสตร์ 7 คน 2. ครู ระดับประถม ศึกษา 11 คน 3. นักเรียนตอบ แบบทดสอบถาม 600 คน	Mixed method	องค์ประกอบของคุณลักษณะ ความเป็นอิสระของผู้เรียน ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1. วิธีการเรียน 2. ทักษะการแก้ปัญหา 3. การรับรู้ความสามารถของ ตนเอง 4. รักในการเรียนรู้
การประยุกต์รายวิชา การจัดการระบบเพื่อ ส่งเสริมความเป็น อิสระของผู้เรียนใน การเรียนวิชา ภาษาอังกฤษ	Sanprasert	2010	ไทย	นักศึกษาที่ลง วิชา Foundation English	การวิจัย เชิง ทดลอง	นักศึกษาในกลุ่มทดลองที่ได้รับ การเรียนการสอนผ่าน M@xlearn มีการรับรู้ความเป็นอิสระของ ผู้เรียน ด้านหน้าที่ของครู ไม่ แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการเรียน การสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ .05 แต่ในด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับ ด้าน การเรียนอย่างอิสระ ด้านความ มั่นใจของผู้เรียน และด้าน ประสบการณ์ในการเรียนภาษา นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม มีการรับรู้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ นักศึกษาที่ได้รับการสอนผ่าน M@xlearn รู้สึกว่ามีอิสระและมี ความมั่นใจมากขึ้น สามารถ กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของ ตนเอง วางแผนการฝึกนอกชั้น เรียนเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย และ พัฒนาทักษะการติดตามและ ประเมินความก้าวหน้าของการ เรียนรู้ด้วยตนเอง

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่างวิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
ผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาพร้อมไหม สำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเอง	Swatevacharkul	2010	ไทย	นักศึกษา มหาวิทยาลัย เอกชน จำนวน 380 คน ใน กรุงเทพมหานคร	การวิจัย เชิง สำรวจ	ความพร้อมในการเรียนรู้ ภาษาอังกฤษด้วยตนเองของ นักศึกษาอยู่ในระดับสูง กล่าวคือ ความเต็มใจในการเรียนรู้ แรงจูงใจในการเรียนและ ความสามารถในการเรียนรู้ด้วย ตนเองอยู่ในระดับสูง ในขณะที่ ความมั่นใจในการเรียนรู้ด้วย ตนเองอยู่ในระดับปานกลาง
ความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง: มุมมองของผู้สอนและการนำมาผลไปใช้	Swatevacharkul	2012	ไทย	อาจารย์จำนวน 155 คน ใน มหาวิทยาลัย เอกชน 5 แห่ง ใน เขต กรุงเทพมหานคร	การวิจัย เชิง สำรวจ	ผู้สอนมีมุมมองที่ดีต่อการเรียนรู้ ด้วยตนเองในระดับสูง นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละ ด้านแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยด้าน ความสำคัญของความสามารถใน การเรียนรู้ด้วยตนเองอยู่ใน ระดับสูงมาก ค่าเฉลี่ยด้านความ รับผิดชอบของผู้สอนอยู่ใน ระดับสูง ค่าเฉลี่ยด้านความมั่นใจ ในการเรียนรู้ด้วยตนเองของ นักศึกษาไทยอยู่ในระดับปาน กลาง และค่าเฉลี่ยด้านความ สามารถในการเรียนรู้ด้วย ตนเองของนักศึกษาไทยอยู่ใน ระดับปานกลาง
ความสามารถในการเรียนรู้ภาษาอังกฤษด้วยตนเองของนักเรียนไทยระดับมัธยมปลายในโครงการภาษาอังกฤษ	Swatevacharkul	2015	ไทย	นักเรียนจำนวน ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 จำนวน 454 คน แบ่งเป็นนักเรียน ในโครงการ ภาษาอังกฤษ 227 คน และ โครงการ ปกติ 227 คน	Mixed method	ความสามารถในการเรียนรู้ ภาษาอังกฤษด้วยตนเองของ นักเรียนโครงการภาษาอังกฤษ สูงกว่านักเรียนโครงการปกติ ประเด็นที่น่าสนใจอภิปรายผลวิจัย ดังกล่าว คือ “โอกาสได้ใช้ ภาษาอังกฤษ” ซึ่งเกิดจาก “การ เรียนแบบบูรณาการสาระและ ภาษา (CLIL)” ซึ่งเป็นรูปแบบ เฉพาะของโครงการ ภาษาอังกฤษ มีส่วนในการสร้าง อาสให้กับนักเรียนในโครงการ และพบว่าการใช้ประโยชน์มี

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่างวิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
						ความสัมพันธ์กับ "การอนุมาน สาเหตุความสำเร็จในการเรียน กับความพยายาม" นอกจากนี้ แรงจูงใจในการเรียนมีอิทธิพล อย่างมากต่อระดับ ความสามารถในการเรียนรู้ด้วย ตนเองของนักเรียนโครงการ ภาษาอังกฤษ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียนมีทั้งในด้านปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก โดยปัจจัยภายใน เช่น แรงจูงใจในการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ในการเรียน และความเชื่อมั่นในตนเอง ต่างก็มีอิทธิพลต่อความเป็นอิสระในการเรียนรู้ รวมถึงปัจจัยในด้านภูมิหลังของผู้เรียนก็ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียนเช่นกัน ในทางตรงข้ามปัจจัยภายนอกเป็นบทบาทสำคัญที่ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียน เช่น วิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped learning) และการสอนแบบการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์ (Generative learning) รวมทั้งการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ก็สามารถส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนในทุกที่ ทุกเวลา และทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจและกระตือรือร้นในการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น รวมทั้งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ซึ่งครูมีบทบาทสำคัญในการออกแบบการเรียนการสอน และการจัดการชั้นเรียนโดยใช้เทคนิค กลยุทธ์ และวิธีการต่างๆ ดังนั้น ครูถือว่ามีความสำคัญอย่างมากในการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยถ้าครูสร้างข้อจำกัดมาก ผู้เรียนก็จะขาดความเป็นอิสระมาก ครูก็ต้องให้อิสระกับผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงความรับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ของตนเอง แต่อยู่ภายใต้การกำกับติดตามการเรียนรู้จากครูด้วยเช่นกัน ประกอบกับงานวิจัยในประเทศไทยศึกษาเกี่ยวกับความพร้อมในการพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนมีความพร้อม ความเต็มใจและมีความสามารถในการมีความเป็นอิสระในการเรียนรู้ แต่ผู้เรียนยังไม่ค่อยมีความมั่นใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง จะเห็นได้ว่าครูจะมีบทบาทสำคัญหลักในการส่งเสริมและพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีความมั่นใจและกล้าที่จะตัดสินใจในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่เสนอว่า การพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียนควรพัฒนาในระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษาไม่ควรพัฒนาในระดับอุดมศึกษาเพราะผู้เรียนจะมีความเชื่อหรือพฤติกรรมที่เคยชินเกี่ยวกับการเรียนรู้มาก่อนหน้า ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาค่อนข้างยาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือก

ตัวอย่างวิจัยในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผู้เรียนในระดับนี้มีความเหมาะสมในการเริ่มต้นคิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อนจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งผู้เรียนในระดับนี้มีความสามารถเพียงพอในการระบุสาเหตุของปัญหา แยกปัญหาเป็นปัญหาย่อย ๆ สามารถวางแผนและดำเนินการการสำรวจตรวจสอบ เลือกวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเปรียบเทียบแหล่งข้อมูลและข้อเท็จจริงได้ วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล ลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้องตามการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และสามารถพัฒนาชิ้นงานพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการโดยใช้ความคิดที่แปลกใหม่ที่ไม่ซ้ำใคร หรือพัฒนาต่อยอดความรู้เดิมให้เหมาะสมกับการบูรณาการนำไปใช้จริงได้

5.2.2 ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement)

คำว่า “ความยึดมั่นผูกพัน (Engagement)” เป็นคำที่มาจากภาษาฝรั่งเศส ซึ่งแปลว่าการผูกมัด ซึ่งหมายถึง การตกลงอย่างเป็นทางการกับบางสิ่งบางอย่าง เช่น การแต่งงาน แต่ในทางธุรกิจจะมีความหมายว่าการทำสัญญา เนื่องจากรากศัพท์ของคำว่า gage มาจากคำว่า การหมั้นหมาย หรือ คำมั่นสัญญา ซึ่งเมื่อนำมาแปลในบริบททั่วไป อาจหมายถึง การผูกมัดตนเองกับแนวทางการปฏิบัติที่เป็นไปตามศีลธรรมหรือกฎหมาย ในอดีตแนวคิดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) เกิดขึ้นมากกว่า 70 ปี จากนักจิตวิทยาชื่อว่า Ralph Tyler ซึ่งทำการวิจัยในช่วงปี 1930 เกี่ยวกับเวลาที่นักเรียนใช้ในการทำงานและผลกระทบต่อการเรียนรู้ จากนั้นต่อมา C.Robert ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพของความในพยายามของนักเรียนในปี 1960 ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาแบบทดสอบถามประสบการณ์ชีวิตของนิสิตนักศึกษาในวิทยาลัย (College Student Experiences Questionnaire: CSEQ) ในปี 1979 ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ถือว่าเป็นจุดกำเนิดของการวิจัยเกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพัน (Engagement) หรือการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ซึ่งถูกพูดถึงทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพของผู้เรียนทางด้านร่างกายและจิตใจที่ได้จากประสบการณ์ในวิทยาลัย ทำให้เกิดการเรียนรู้โดยตรง (Alexson & Flick, 2010, pp.40)

5.2.2.1 ความหมายของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

คำว่า ความยึดมั่นผูกพัน (Engagement) เป็นคำที่แสดงถึงความรู้สึก ซึ่งคำว่า Engage เป็นคำที่มาจากภาษาฝรั่งเศสดั้งเดิม ซึ่งแปลว่า การให้คำมั่นสัญญา เกียรติยศ มีเสน่ห์ หรือน่าหลงใหล ซึ่งเมื่อนำมารวมกับคำว่า Student กลายเป็น Student Engagement หรือ ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน จึงหมายถึงกระบวนการทางจิตวิทยาหรือเป็นจิตวิทยาในการเรียนรู้รายบุคคลที่แสดงออกถึงความรู้สึกและความคิด (Velden et al, 2013 as cited in Barkley & Major, 2020, pp.6; วรพิชชา เวชวิริยะกุล, 2564, น.114) ซึ่งแสดงออกทางพฤติกรรมถึงการมีส่วนร่วม

ร่วมหรือสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ มีความต้องการในการเรียนรู้ มีแรงผลักดัน มีความตื่นตัว ขยันหมั่นเพียร รับผิดชอบ กระตือรือร้น มีวินัย การเอาใจใส่กับสิ่งที่กำลังเรียนรู้อย่างเต็มที่ รู้สึก สนุกและเห็นคุณค่าในการเรียนรู้ของตนเอง (Alexson & Flick, 2010, pp.38; Barkley & Major, 2020, pp.6; Hu & Khu, 2001, pp.3; วรพิชชา เวชวิริยะกุล, 2564, น.114; วิมลพันธ์ ทรายทอง, 2561, น.119) นอกจากนี้ ผู้เรียนต้องพยายามสร้างการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยการมีส่วนร่วม ทางวิชาการและใช้ความคิดขั้นสูงในการสังเคราะห์ข้อมูลหรือแก้ปัญหาต่างๆ (Barkley, 2010, pp.5) ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะส่งผลโดยตรงกับผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ที่ต้องการ (Hu & Khu, 2001, pp.3)

5.2.2.2 ความสำคัญของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การจบ การศึกษาระดับมัธยมศึกษา และการเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย แนวคิดของความยึดมั่นผูกพัน ของผู้เรียนเป็นวิธีการที่เชื่อมโยงระหว่างความเข้าใจ การปรับปรุง และผลลัพธ์ ซึ่งทำให้ ประสิทธิภาพทางการศึกษาเพิ่มขึ้นและเป็นกลยุทธ์ในการลดโอกาสความล้มเหลวทางการศึกษา ซึ่งจากงานวิจัยของ Fin & Zimmer (2012, pp.99, 107) พบว่า ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนมี ความจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ โดยความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์จะส่งผลต่อความยึดมั่นผูกพัน เชิงพฤติกรรมของผู้เรียนซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางวิชาการ และมีความสัมพันธ์กับ การลาออกหรือพักการศึกษาของผู้เรียน การเข้าเรียน การจบการศึกษาและการศึกษาต่อของ ผู้เรียน รวมทั้งส่งเสริมผลลัพธ์ทางการศึกษาอื่นๆ เช่น การตั้งใจเรียน ทำการบ้าน เตรียมตัวก่อน เรียน และเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ตามหลักสูตร จะบรรลุผลสำเร็จมากกว่าผู้เรียนที่ไม่มีความยึดมั่น ผูกพันในการเรียน นอกจากนี้ ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรมของผู้เรียนยังสะท้อนให้ครูและ โรงเรียนเห็นแนวทางหรือความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และนำผู้เรียนไปสู่ความสำเร็จใน การศึกษา

5.2.2.3 องค์ประกอบของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนเป็นโครงสร้างที่มีหลากหลายแง่มุม (Multidimensional construct) และแบ่งองค์ประกอบได้หลายรูปแบบ แต่เอกสารและงานวิจัย จำนวนมากอ้างอิงจากความหมายหรือนิยามของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Connell (1990) (Barkley & Major, 2020, pp.10; Yuan & Kim, 2017, pp.26; Alexson & Flick, 2010, pp.40; Doğan, 2014, pp.390; Coates, 2006; pp.57, Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004, pp.60, Blumenfeld & Paris, 2004, pp.98; ชนัญชิตา

ทุมมานนท์ และคณะ, 2564, pp.2564; วิมลพันธ์ ทรายทอง, 2561, น.122, บงกช วงศ์หล่อสายชล, 2555, น.11) ดังนี้

1. ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม (Behavioral engagement) คือ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมห้องเรียน ทางวิชาการ สังคมหรือกิจกรรมของหลักสูตร ซึ่งถือว่ามีผลสำคัญและส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ทางวิชาการในทางบวก (Yuan & Kim, 2017; Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004, pp.60; วิมลพันธ์ ทรายทอง, 2561, น.122) เช่น การเตรียมตัวเรียน ปฏิบัติตามกฎของโรงเรียน ทำงานที่ได้รับมอบหมายและส่งตรงเวลา และพฤติกรรมอื่นๆ ที่โรงเรียน (Yuan & Kim, 2017)

2. ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ (Emotional engagement) คือ ทัศนคติเกี่ยวกับการเรียน กิจกรรมทางวิชาการ ความสนุกกับการเรียน ความรู้สึกที่มีต่อครู เพื่อนร่วมชั้น และการเรียน (Yuan & Kim, 2017; วิมลพันธ์ ทรายทอง, 2561, น.122) รวมถึงปฏิกริยาทางบวกและทางลบต่อครู เพื่อนร่วมชั้น นักวิชาการ ความสัมพันธ์กับสถาบันและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความเต็มใจในการทำงานหรือเรียน (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004, pp.60)

3. ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา (Cognitive engagement) คือ ความเต็มใจและพยายามที่จะทำความเข้าใจความคิดที่ซับซ้อนและยาก (Fredricks, Blumenfeld & Paris, 2004, pp.60) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่น ตั้งใจและความทุ่มเทในการเรียน (วิมลพันธ์ ทรายทอง, 2561, น.122) พยายามในการฝึกฝนความรู้และทักษะ โดยการใช้กลยุทธ์อภิปัญญา (Metacognitive strategy) เช่น การวางแผน การตั้งเป้าหมาย การจัดการ การติดตาม และการประเมินเพื่อจัดการกับความเข้าใจ นอกจากนี้ ยังมีการใช้กลยุทธ์การเรียนรู้ (Learning strategy) เช่น การซ่อม การทบทวน การทำความเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง และพยายามทำความเข้าใจสิ่งที่ยาก (Yuan & Kim, 2017)

จากการศึกษาองค์ประกอบของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน พบว่า เอกสารและงานวิจัยส่วนใหญ่ระบุองค์ประกอบของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนไว้ 3 องค์ประกอบ ตามความหมายหรือนิยามของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงใช้เครื่องมือการวิจัยแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน โดยมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม เป็นพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ในโรงเรียน ไม่ว่าจะเป็นในห้องเรียน โรงเรียนหรือในสังคมโรงเรียน 2) ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ เป็นกระบวนการภายใต้จิตใจเกี่ยวกับทัศนคติในการเรียน หรือความรู้สึกที่มีต่อบุคคลหรือสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียน 3)

ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา เป็นความพยายามและความตั้งใจที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจกับสิ่งที่ยากและยังไม่เคยเรียนรู้มาก่อน โดยใช้กลยุทธ์ในการเรียนของตนเอง ในการพยายามทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้

5.2.2.4 เครื่องมือที่ใช้วัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

Fredricks, Blumenfeld & Paris (2004, pp.65-68) ได้กล่าวถึง การวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนในแต่ละองค์ประกอบไว้ดังนี้

1) การวัดความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม (Measuring Behavioral Engagement) ส่วนใหญ่ใช้การสำรวจซึ่งเป็นแบบมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) โดยให้ผู้เรียนรายงานตนเอง (Self-report) แบบสำรวจนี้ประกอบด้วยหลายตัวบ่งชี้ เช่น การมีส่วนร่วมในงานหรือการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ความตั้งใจ ความพยายาม ความสนใจ ความถี่ของการขาดเรียน การมาสายและไม่ส่งงาน เป็นต้น ตัวอย่างรายการคำถามการวัดความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม เช่น

1. ฉันตั้งใจทำการบ้านมาก
2. เมื่อฉันอยู่ในห้องเรียน ฉันมักจะคิดถึงเรื่องอื่นๆ
3. ฉันถามคำถามเพื่อรับข้อมูลเพิ่มเติม

นอกจากนี้ การสังเกตสามารถนำมาใช้ในการประเมินความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม โดยการสังเกตและให้คะแนนในพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีส่วนร่วม การเอาใจใส่ ความกระตือรือร้น การทำงานที่ได้รับมอบหมาย แต่การให้การสังเกตอาจจะได้รับข้อมูลที่จำกัดเกี่ยวกับความพยายาม การมีส่วนร่วมและการคิดของผู้เรียน

2) การวัดความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ ส่วนใหญ่ใช้การสำรวจแบบรายงานตนเอง (Self-report) เกี่ยวกับอารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับโรงเรียน การบ้าน และผู้คนที่โรงเรียน ซึ่งควรมีทั้งอารมณ์เชิงบวกและเชิงลบ เช่น มีความสุข สนใจ เศร้า เบื่อ หงุดหงิด หรือโกรธ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และค่านิยม ตัวอย่างรายการคำถามการวัดความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ เช่น

1. นักเรียนมีความสัมพันธ์ที่ดีกับครู
2. คณิตศาสตร์จะเป็นประโยชน์ต่ออนาคตของฉัน
3. ฉันคิดว่าการทำงานที่ใช้เวลานานเป็นสิ่งที่ยาก
4. ฉันรู้สึกพอใจกับโรงเรียนเพราะฉันได้เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ

3) การวัดความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา ส่วนใหญ่ใช้การสำรวจเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ความพึงพอใจในงาน ความเป็นอิสระในการทำงาน วิธีการจัดการกับความล้มเหลว ความมุ่งมั่นในการทำความเข้าใจ ในบางงานวิจัยระบุว่า ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา ก็คือการกำกับตนเอง (Self-regulation) ซึ่งเป็นการประเมินกลยุทธ์ทางปัญญาของผู้เรียนหรืออภิปัญญา (Metacognition) หรือโดยใช้แบบรายงานตนเอง (Self-report) ซึ่งผู้เรียนจะถูกถามเกี่ยวกับกลยุทธ์ทางปัญญา การกำหนดเป้าหมาย การวางแผน การจัดการหรือพยายามทำตามแผน การกำกับติดตาม การดัดแปลงหรือเปลี่ยนแปลงความรู้ความเข้าใจของตนเอง การควบคุมตนเองให้มีสมาธิและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างรายการคำถามการวัดความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา เช่น

1. ฉันข้ามส่วนที่ยาก
2. ฉันย้อนกลับไปสู่ความไม่เข้าใจอีกครั้ง

นอกจากนี้ การสังเกตสามารถนำมาใช้ในการประเมินความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญาและการใช้กลยุทธ์ในการเรียนบางวิชาได้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ เป็นต้น โดยสังเกตพฤติกรรมต่างๆ เช่น การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับการทำงาน และการอธิบายสิ่งที่เรียนรู้ เป็นต้น แต่การสังเกตค่อนข้างทำได้ยาก เพราะเป็นสิ่งที่ยากในการสังเกตว่าผู้เรียนกำลังพยายามตั้งใจทำงานให้เสร็จ หรือกำลังใช้กลยุทธ์การเรียนรู้ระดับสูง ซึ่งการเลือกใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลแต่ละวิธีต้องคำนึงถึงพัฒนาการของผู้เรียนด้วย เช่น แบบรายงานตนเอง (Self-report) อาจจะไม่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับประถมศึกษา

Doğan (2014) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ผู้วิจัยพัฒนาแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนซึ่งประกอบด้วยรายการคำถาม จำนวน 60 ข้อ และเก็บรวบรวมข้อมูลกับตัวอย่างวิจัยระดับชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 639 คน จากนั้นทำการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงโดยผู้เชี่ยวชาญและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ พบว่า แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนนี้มีรายการคำถามที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 31 ข้อ เป็นมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 คือ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จนถึง 5 คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยแบบวัดนี้แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม มีความเชื่อมั่น เท่ากับ .88 2) ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ มีความเชื่อมั่น

เท่ากับ .88 และ 3) ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา มีความเชื่อมั่น เท่ากับ .83 และแบบวัดนี้มี ความเชื่อมั่นวิธีทดสอบซ้ำ (Test-Retest Reliability) เท่ากับ .77

ชญชิตา ทุมมานนท์ และคณะ (2564) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการ เรียนการสอนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสานที่มีต่อระดับการยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิต ระดับปริญญาตรี ซึ่งเครื่องมือในการวิจัย คือ แบบวัดความยึดมั่นผูกพันต่อการเรียนสำหรับ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ของ Innum (2018) เป็นมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 คือ ไม่จริงเลย จนถึง 5 คือ จริงที่สุด มีจำนวนข้อคำถามทั้งสิ้น 21 ข้อ แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ คือ ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ และ ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของ แบบวัดวิธีสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ทั้งฉบับเท่ากับ .864 ตัวอย่างรายการคำถามของ ชญชิตา ทุมมานนท์ และคณะ (2564) มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา
 - 1.1 ฉันทำรายงานที่อาจารย์มอบหมายแต่ก็สงสัยว่าฉันได้ประโยชน์อะไร
 - 1.2 ฉันปฏิบัติตามกฎกติกาในชั้นเรียนอย่างเคร่งครัด
- 2) ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์
 - 2.1 ฉันรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชั้นเรียน
 - 2.2 ฉันพยายามจัดสรรเวลาเพื่อให้ได้ทำกิจกรรมของคนะ สาขา หรือมหาวิทยาลัย
- 3) ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม
 - 3.1 ฉันทำงานที่ได้รับมอบหมายในชั้นเรียนอย่างดีที่สุด
 - 3.2 ฉันชอบกิจกรรมที่ได้ทำกับเพื่อนต่างคณะ

วิมลพันธ์ ทรายทอง (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความสามารถในการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการสอนแนะให้รู้คิดร่วมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ ซึ่งเครื่องมือในการวิจัย คือ แบบวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียน มีลักษณะเป็นมาตร ประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) 5 ระดับ ผู้วิจัยสร้างรายการคำถามโดยศึกษาและ พัฒนาจากแบบประเมิน ความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียน ของยุวดี พันธุ์สุจริต, ศศิธร รัตนบุตร และทิพอาภา กลิ่นคำหอม ซึ่งมีรายการคำถามทั้งหมด 20 ข้อ แบ่งเป็น ความยึดมั่น

ผูกพันเชิงพฤติกรรม จำนวน 6 ข้อ ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ จำนวน 7 ข้อ และความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา จำนวน 7 ข้อ การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด พบว่า ค่า IOC อยู่ในช่วง 0.67-1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นของวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) เท่ากับ .88

ธรรมโชติ เขียมทัศนะ และคณะ (2560) ได้ทำการวิจัย เรื่อง โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยทางสังคมที่มีต่อความยึดมั่นผูกพันของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเครื่องมือในการวิจัย คือ แบบทดสอบถามความยึดมั่นผูกพันของนักเรียน มาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) 6 ระดับ การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบถาม พบว่า มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .906

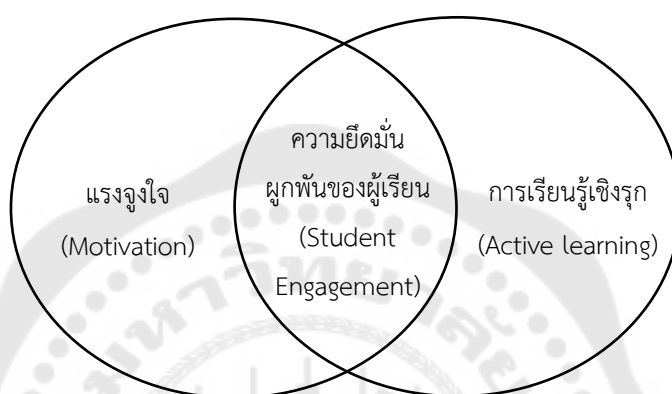
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ผู้วิจัยจะใช้แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนในรูปแบบมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) 5 ระดับ และประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม 2) ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ มี และ 3) ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา ซึ่งเป็นการให้ตัวอย่างวิจัยรายงานตนเอง (Self-report) เนื่องจากผู้เรียนจะสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับตนเองได้ดีที่สุดในด้านของอารมณ์และการใช้กลยุทธ์ของตนเองในการเรียนรู้

5.2.2.5 ปัจจัยที่ส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนถูกเชื่อมโยงกับกระบวนการเรียนรู้ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีการเปลี่ยนแปลงและมีการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ โดยผู้เรียนต้องลงมือทำในสิ่งที่คิดและคิดว่าจะทำอะไร ผู้สอนอาจจะออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) หรือ การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative learning) ซึ่งครูต้องประเมินและออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นและมีวินัยในการเรียนรู้ตามนิยามของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ซึ่ง Barkley & Major (2020, pp.9-10) และ Barkley (2010, pp.5) ได้เสนอ ปัจจัยที่ส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน 2 ประการ ได้แก่ การเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) และแรงจูงใจ (Motivation) ซึ่งหมายความว่าห้องเรียนต้องเต็มไปด้วยความกระตือรือร้นและในขณะเดียวกันผู้เรียนต้องมีแรงจูงใจในการเรียนรู้

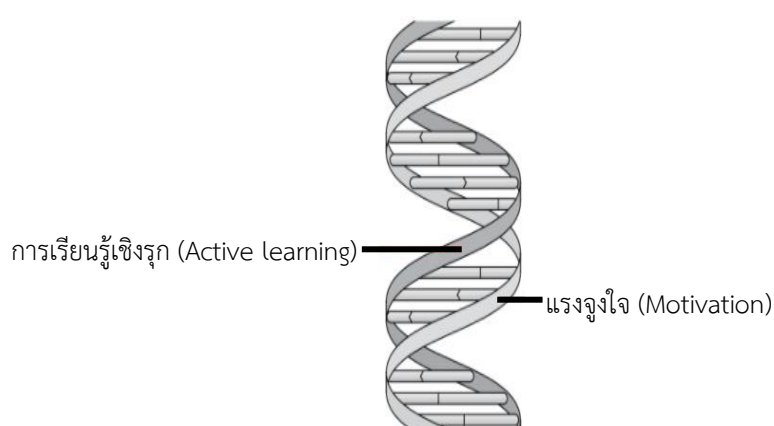
การมีส่วนร่วมของผู้เรียนเป็นผลมาจากการมีแรงจูงใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ซึ่งความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนจะเกิดจากปัจจัยทั้ง 2 ประการควบคู่กัน ถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งจะทำให้ไม่เกิดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนขึ้น เนื่องจากการเกิดความยึดมั่นผูกพัน

ของผู้เรียนจะเกิดก็ต่อเมื่อมีความทับซ้อนหรือคาบเกี่ยวกันระหว่างการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) และแรงจูงใจ (Motivation) สามารถอธิบายได้ดังภาพ 9 แผนภาพเวนนิงของโมเดลความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และภาพ 10 โมเดล Double Helix ของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้เชิงรุกและแรงจูงใจต้องทำงานร่วมกันเพื่อสร้างความเข้มแข็งซึ่งนำไปสู่ผลกระทบหรือสิ่งที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียนรายบุคคล



ภาพประกอบ 9 แผนภาพเวนนิงของโมเดลความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

ที่มา: Barkley, E. F. (2009). Student Engagement Techniques: A Handbook for College Faculty



ภาพประกอบ 10 โมเดล Double Helix ของความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

ที่มา: U.S.National Library of Medicine, (2019 as cited in Barkley & Major, 2020, pp.10. <http://ghr.nlm.nih.gov/handbook/basics/dna.html>)

แรงจูงใจเมื่อผสมผสานกับการเรียนรู้เชิงรุกจะช่วยส่งเสริมความยืดหยุ่นของผู้เรียนในขั้นพื้นฐาน ซึ่งเมื่อได้รับการพัฒนามากขึ้นจะทำให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของตนเองผ่านประสบการณ์จริง ซึ่งเรียกว่า การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Transformative learning) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างลึกซึ้งและมีความหมาย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะสามารถพิจารณากรอบของปัญหาและเลือกปฏิบัติ ได้ตรงต่อและสามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขสถานการณ์ต่างๆ ได้ ตามประสบการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้เรียน (Barkley, 2010, pp.6-7) การส่งเสริมความยืดหยุ่นของผู้เรียนโดยใช้การเรียนรู้เชิงรุก และแรงจูงใจต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล เพราะการเสริมแรงจูงใจแบบหนึ่งอาจจะไม่ได้ส่งผลกับผู้เรียนแต่ละคนได้เหมือนกัน และผู้เรียนแต่ละคนอาจจะมีพื้นฐานหรือความรู้เดิมไม่เหมือนกัน ดังนั้น จึงควรออกแบบการเรียนรู้เชิงรุกและแรงจูงใจอย่างผสมผสานวิธีกันและคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (Barkley & Major, 2020, pp.10)

5.2.2.6 การพัฒนาและการส่งเสริมความยืดหยุ่นของผู้เรียน

ตามที่ Barkley & Major (2020, pp.24) เสนอว่า ปัจจัยที่ส่งเสริมความยืดหยุ่นของผู้เรียน คือ การเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) และแรงจูงใจ (Motivation) ดังนั้น การพัฒนาและส่งเสริมความยืดหยุ่นของผู้เรียน ต้องส่งเสริมการทำงานร่วมกันของการเรียนรู้เชิงรุกและแรงจูงใจเพื่อให้ผู้เรียนมีระดับความยืดหยุ่นในการเรียนเพิ่มขึ้น โดยการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุกจะเกี่ยวข้องกับบทบาทของทั้งสถาบันการศึกษา ครู และผู้เรียน ส่วนแรงจูงใจจะเกี่ยวข้องกับบทบาทของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Alexson & Flick (2010, pp.41-42) ซึ่งระบุว่า การพัฒนาและการส่งเสริมความยืดหยุ่นของผู้เรียน ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) ผู้เรียน 2) สถาบันการศึกษา เพื่อให้การเรียนรู้มีคุณภาพ ผู้เรียนต้องพยายามในการพัฒนาความรู้และทักษะของตนเอง ในขณะที่สถาบันการศึกษาจะต้องจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน แม้ว่าความยืดหยุ่นผู้เรียนจะมีความเกี่ยวข้องกับผู้เรียนโดยตรง แต่ครูก็สามารถส่งเสริมทัศนคติเชิงบวกกับผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้ ส่งเสริมความพยายามและกระบวนการที่นำไปสู่ความสำเร็จ รวมพยายามเพิ่มหรือผลักดันความยืดหยุ่นของผู้เรียนให้ไปสู่ความสำเร็จตามจุดประสงค์การเรียนรู้ (Barkley & Major, 2020, pp.14) โดยครูสามารถจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความยืดหยุ่นของผู้เรียน (Barkley, 2010, pp.24-38) ได้ดังนี้

1. การสร้างชุมชนการเรียนรู้ในห้องเรียน ครูต้องพยายามสร้างชุมชนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมเพื่อเน้นย้ำถึงความรับผิดชอบ การให้เกียรติ การมีส่วนร่วม รู้สึกว่า

ตนเองมีความสำคัญและเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนการเรียนรู้ การสร้างชุมชนการเรียนรู้จะช่วยส่งเสริมความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียนและสร้างการทำงานร่วมกันระหว่างการเรียนรู้เชิงรุกและแรงจูงใจ เนื่องจากการเป็นส่วนหนึ่งของสังคมและชุมชนเป็นความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ นอกจากนี้ ยังกระตุ้นให้ผู้เรียนกระตือรือร้นและสร้างความเข้าใจสิ่งใหม่ๆ

2. การให้ผู้เรียนทำงานในระดับความท้าทายที่เหมาะสม การเรียนรู้ที่มีประสิทธิผลเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ตามความรู้เดิมที่มีและความรู้หรือแนวคิดใหม่ที่สูงกว่าระดับเดิมเล็กน้อย ซึ่งความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียนจะเกิดขึ้นเมื่อมีช่องว่างระหว่างความเข้าใจในปัจจุบันกับความเข้าใจใหม่ที่เป็นไปได้ ดังนั้น การทำงานในระดับความท้าทายที่เหมาะสมจะสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้และทำให้ผู้เรียนมีการเรียนเชิงรุกได้ เมื่อผู้เรียนแต่ละคนมีช่องว่างในการเรียนรู้ที่ต่างกัน ดังนั้น ผู้เรียนแต่ละคนจึงมีระดับความท้าทายที่เหมาะสมแตกต่างกัน ครูจึงต้องพยายามปรับการเรียนการสอนให้ตอบสนองความต้องการเฉพาะของผู้เรียนแต่ละคน โดยการใช้วิธีการประเมินและให้ข้อมูลย้อนกลับ อาจจะเป็นการประเมินสรุปผลการเรียนรู้ (Summative assessment) การประเมินระหว่างเรียน (Formative assessment) การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) การสอนทักษะการรู้คิดหรืออภิปญญา (Metacognitive skills) รวมถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้

3. การสอนเพื่อให้ผู้เรียนรู้แบบองค์รวม เป็นการสอนให้ผู้เรียนตระหนักหรือมีวิธีการเรียนรู้ที่ใช้ทั้งความสามารถทางปัญญา อารมณ์และร่างกายให้มีความเชื่อมโยงกัน เพราะนักจิตวิทยาท่านหนึ่งได้กล่าวว่า มนุษย์ไม่สามารถแยกความรู้ความเข้าใจ อารมณ์และร่างกายออกจากกันได้ ดังนั้น ครูควรออกแบบการเรียนการสอนที่มีสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทั้งด้านปัญญา อารมณ์ และทักษะ โดยเฉพาะด้านปัญญาเพราะถ้าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางปัญญามากจะทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จมากที่สุด ทั้งนี้ การสอนเพื่อให้ผู้เรียนรู้แบบองค์รวมสามารถส่งเสริมการทำงานร่วมกันระหว่างการเรียนรู้เชิงรุกและแรงจูงใจ

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน และการพัฒนาและการส่งเสริมความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) และการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative learning) จะช่วยส่งเสริมความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน โดยผู้สอนต้องเป็นผู้กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการพัฒนาและส่งเสริมความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน เช่น การพยายามสร้างบรรยากาศในห้องเรียนให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้และให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมหรือเป็นส่วนหนึ่งของสังคมการเรียนรู้ การ

มอบหมายงานให้เหมาะสมกับระดับความสามารถผู้เรียนในระดับที่มีความท้าทาย และกิจกรรมการเรียนรู้ควรมีการใช้ความสามารถทางปัญญา อารมณ์ และร่างกายเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาและส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative learning) โดยผู้เรียนต้องอาศัยความร่วมมือกันในการสร้างชิ้นงานหรือหาวิธีการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ต่างๆ ร่วมกัน

5.2.2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 9

ตาราง 9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) ในต่างประเทศ

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่างวิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
การใช้ทฤษฎีการตัดสินใจด้วยตนเอง (SDT) เพื่ออธิบายความยึดมั่นผูกพันในการเรียนรู้ออนไลน์ในช่วงการแพร่ระบาดของโควิด-19	Chiu	2021	Hong Kong	นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 จำนวน 1,201 คน	SEM	การรับรู้ความเป็นอิสระ ความสามารถ และการมีปฏิสัมพันธ์ ส่งผลต่อความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนในทุกองค์ประกอบ ได้แก่ ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ และความยึดมั่นผูกพันเชิงการริเริ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ถึง การสนับสนุนความเป็นอิสระจากครู และความยึดมั่นผูกพันของนักเรียนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการอ่านออกเขียนได้	Lui, Yao, Li, & Li	2010	China	นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 5 จำนวน 854 คน	SEM	การรับรู้การสนับสนุนความเป็นอิสระของครูส่งผลต่อความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรมและความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญาของผู้เรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยการรับรู้การสนับสนุนความเป็นอิสระของครูสามารถอธิบายความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรมและความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญาได้ ร้อยละ 64 และร้อยละ 62 ตามลำดับ

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
การมีส่วนร่วมของ ครู การสนับสนุน ความเป็นอิสระ และความยืดหยุ่น ผูกพันของนักเรียน ในโรงเรียนระดับชั้น ประถมศึกษา	Archambault et al.	2020	Canada	นักเรียน ระดับชั้น ประถมศึกษา จำนวน 696 คน	Multilevel	การสนับสนุนความเป็นอิสระส่งผล ต่อความยืดหยุ่นผูกพันเชิงพฤติกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ส่งผลต่อความยืดหยุ่นผูกพันเชิง ปัญญาและความยืดหยุ่นผูกพันเชิง อารมณ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05
การสอนการรับรู้ ความสามารถ ตนเองของอาจารย์ นักศึกษาระดับ บัณฑิตศึกษา: การ สำรวจแรงจูงใจของ คณาจารย์ การรับรู้ การสนับสนุนความ เป็นอิสระ และ ความยืดหยุ่นผูกพัน ของนักศึกษาระดับ ปริญญาตรี	Fong, Dillard & Hatcher	2019	USA	อาจารย์ มหาวิทยาลัย จำนวน 98 คน	การสำรวจ ด้วย แบบทดสอบ ถาม	จำนวนภาคการศึกษาที่มีความสัมพันธ์ เชิงบวกกับการรับรู้ความสามารถของ ตนเองทั้งในด้านแนวทางการสอนและ สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ และการรับรู้ ความสามารถของตนเองร่วมกับการ รับรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์การส่งเสริมความ เป็นอิสระมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ความยืดหยุ่นผูกพันของนักศึกษา ส่วน การรับรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์การส่งเสริม ความเป็นอิสระและความยืดหยุ่นผูกพัน ในการเรียนขึ้นอยู่กับการรับรู้ ความสามารถของตนเอง
ผลกระทบของการ สนับสนุนความ เป็นอิสระต่อความ ยืดหยุ่นผูกพันของ นักเรียนในการ ประเมินเพื่อน	Yuan & Kim	2018	USA	นักศึกษา จำนวน 73 คน	การวิจัยเชิง ทดลอง	นักศึกษาที่ใช้เครื่องมือที่พัฒนาบนเว็บ เพื่อส่งเสริมความเป็นอิสระในการ ประเมินเพื่อนมีความรู้สึกเป็นอิสระ และใช้เวลาในการประเมินมากกว่า กลุ่มนักศึกษาที่ไม่ได้ใช้เครื่องมือนี้ แต่ ทั้งกลุ่มที่ใช้เครื่องมือบนเว็บและไม่ใช้ เครื่องมือที่พัฒนาบนเว็บเพื่อส่งเสริม ความเป็นอิสระมีความยืดหยุ่นผูกพันเชิง พฤติกรรม อารมณ์และวิชาการไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
การใช้ ePortfolios สำหรับการ ประเมินระหว่าง เรียนเพื่อพัฒนา ความยืดหยุ่นผูกพัน ของผู้เรียนใน สาขาวิทยาศาสตร์	Fuller	2017	USA	นักศึกษาปี 1 และปี 2 จำนวน 78 คน	การวิจัยเชิง ทดลอง	การประเมินผ่านแฟ้มสะสมผลงาน อิเล็กทรอนิกส์เป็นวิธีที่มี ประสิทธิภาพในการพัฒนาความยืด หยุ่นผูกพันของผู้เรียนและ ความสามารถของผู้เรียนในการเรียน วิชาชีววิทยาของนักศึกษาที่ไม่ใช่เอก ชีววิทยา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) พบว่า ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) โดยการรับรู้ความเป็นอิสระของผู้เรียนและการสนับสนุนความเป็นอิสระของผู้เรียนส่งผลต่อความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์ เทคนิคหรือวิธีการของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) ที่ส่งผลต่อความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน เช่น การประเมินผ่านแฟ้มสะสมผลงานซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนาความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนและความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้ ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Student Engagement) ความเป็นอิสระของผู้เรียน (Learner Autonomy) และการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) มีความเชื่อมโยงกันและนำไปสู่การพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving)

การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ถูกพัฒนาขึ้นโดย Alex Osborn ในปี 1952 โดยเขามีความพยายามที่จะส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในการค้นหาแนวทางการแก้ไขใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์และปรับปรุงสถานการณ์ต่างๆ ให้ดีขึ้น โดยการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สร้างขึ้นจากหลักการพื้นฐานหลายประการ ได้แก่ 1) ความเชื่อว่ามนุษย์ทุกคนมีศักยภาพ 2) การสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ และสามารถแสดงออกให้เห็นได้ 3) ความคิดสร้างสรรค์มักแสดงออกตามความสนใจ ความชอบ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างบุคคล 4) มนุษย์สามารถทำงานได้อย่างสร้างสรรค์โดยมีระดับของความสำเร็จที่แตกต่างกัน และ 5) เมื่อมีการฝึกอบรมหรือการสอน มนุษย์สามารถแสดงความคิดสร้างสรรค์ของตนเองได้ดีขึ้น และสามารถยกระดับความสำเร็จและตระหนักถึงการสร้างสรรค์ของตนเองอย่างมีศักยภาพ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือทักษะเชิงสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ ซึ่งการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นกรอบการทำงานรายบุคคลหรือการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อกำหนดปัญหา สร้างความท้าทาย วิเคราะห์ทางเลือกที่หลากหลายและแปลกใหม่ วางแผนการดำเนินงานตามแนวทางการแก้ไขหรือแนวปฏิบัติใหม่ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นจากทฤษฎี แนวคิด รวมถึงการวิจัยในการประยุกต์ใช้ผสมผสานกับทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ และทักษะการรู้คิดหรืออภิปัญญาในการประเมินหลากหลายแง่มุม (Treffinger, 1995, pp.301-302, Creative Education Foundation, 2014)

5.3.1 ความหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีพื้นฐานมาจากคำศัพท์ 3 คำ คือ 1) สร้างสรรค์ (Creative) แนวคิดที่มีความแปลกใหม่ในการแก้ไขปัญหา 2) ปัญหา (Problem) เป็นสถานการณ์ใดๆ ที่มีความท้าทาย และ 3) การแก้ปัญหา (Solving) Mitchell & Kowalik (1999, pp.4) ดังนั้น การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ทักษะการแก้ไขปัญหาแบบปลายเปิดที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้วิธีการที่สร้างสรรค์แปลกใหม่ (Creative Education Foundation, 2014; Althuizen & Reichel, 2016, pp.11-12) ในการเข้าถึงปัญหา กำหนดปัญหา รวมถึงสร้างออกแบบ พัฒนา วิเคราะห์ ประเมิน เลือกลง และนำแนวคิดใหม่ที่หลากหลาย ไปใช้ในการหาคำตอบ แก้ไขหรือหาแนวปฏิบัติใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล ซึ่งอาจทำให้เกิดการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมใหม่ๆ ออกมาได้ (Treffinger, 1995, pp.301; Mitchell & Kowalik (1999, pp.4; Creative Education Foundation, 2014; Althuizen & Reichel, 2016, pp.11-12; จักรกฤต ภูงศ์ประเวศ, 2563, น.56) นอกจากนี้ สามารถอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างมีเหตุผลและสามารถอธิบายผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้ (ณัฐพร พงศ์ กาญจนฉายา, 2559)

5.3.2 ความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

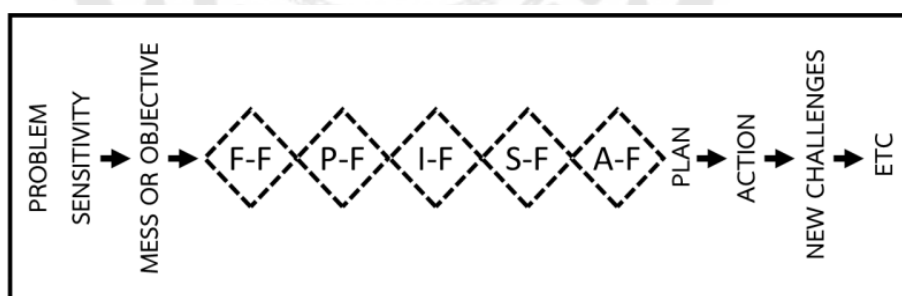
ในสถานการณ์ปัจจุบันโลกกำลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนจะต้องมีความพร้อมสำหรับการเผชิญโลกแห่งความจริงและพร้อมกับการเป็นนักประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ ดังนั้น โรงเรียนควรสอนให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์พร้อมสำหรับการเผชิญหน้ากับสิ่งที่ไม่รู้จัก นอกจากนี้ การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นทักษะหรือความสามารถที่ส่งเสริมทั้งผู้สอนและผู้เรียนให้เกิดทักษะอื่นๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เช่น การสืบเสาะและความอยากรู้อยากเห็น การมองหาแนวคิดหรือแนวทางใหม่ๆ ในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์เชิงวิพากษ์เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง การทำงานร่วมกับผู้อื่นและการสื่อสารแนวคิดที่ซับซ้อน อีกทั้ง การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ยังช่วยให้ผู้เรียนกลายเป็นักเรียนที่มีความคล่องแคล่ว ว่องไว และเป็นนักคิดเชิงนวัตกรรม (Creative Education Foundation, 2014; จักรกฤต ภูงศ์ประเวศ, 2563, น. 56)

5.3.3 กระบวนการของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

กระบวนการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละแนวคิดคล้ายคลึงกันตามโมเดลการแก้ปัญหาของ Osborn-Parnes (The Osborn-Parnes problem-solving model)

แต่มีความละเอียดของขั้นตอนที่แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งโมเดลการแก้ปัญหาของ Osborn-Parnes (The Osborn-Parnes problem-solving model) ซึ่งถูกเสนอในปี 1950 แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2004, pp.80; Treffinger & Isaksen, 2005, pp.344) ดังนี้

1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact-Finding) เป็นการรวบรวมข้อมูลในทุกแง่มุมเกี่ยวกับสถานการณ์หรือปัญหา
2. การค้นหาปัญหา (Problem-Finding) เป็นการวิเคราะห์ปัญหาจากการค้นหาข้อเท็จจริงต่างๆ จากนั้นวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัญหาเพื่อเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดในการแก้ปัญหา
3. การแสวงหาความคิด (Idea-Finding) เป็นการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้มากที่สุดเพื่อหาขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
4. การแสวงหาวิธีแก้ปัญหา (Solution-Finding) เป็นการพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนด
5. การหาข้อสรุป (Acceptance-Finding) เป็นการวางแผนการแก้ปัญหาและพิสูจน์ว่าวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้จริง



ภาพประกอบ 11 โมเดลการแก้ปัญหาของ Osborn-Parnes

ที่มา: Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2004). Celebrating 50 years of reflective practice: Versions of Creative Problem Solving

ส่วน Treffinger (1995, pp.305-308) และ Mitchell & Kowalik (1999, pp.4) เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก และ 6 ขั้นตอนย่อย ซึ่ง

เป็นไปตามโมเดลการแก้ปัญหาของ Osborn-Parnes (The Osborn-Parnes problem-solving model) ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) เป็นขั้นตอนแรกในการแก้ปัญหา โดยเป็นกระบวนการในการค้นหาปัญหาและระบุความชัดเจนของปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งในองค์ประกอบนี้มี 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแสวงหาข้อบกพร่อง (Mess Finding) การพยายามระบุสถานการณ์ที่ทำนาย ซึ่งโดยทั่วไปข้อบกพร่องที่เป็นความท้าทายต้องเป็นเรื่องราวที่กว้างและมีประโยชน์ในการแก้ไข

ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมข้อมูล (Data-Finding) เป็นการค้นหาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ความประทับใจ ความกังวล ความขัดแย้ง และสถานการณ์อื่นๆ ที่สำคัญ ซึ่งประเด็นต่างๆ เหล่านี้จะช่วยมุ่งเน้นไปที่ประเด็นที่น่าสนใจและท้าทายมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 การค้นหาปัญหา (Problem Finding) โดยการค้นหาปัญหาจะมุ่งเน้นไปที่ความน่าสนใจแปลกใหม่ และมีความเป็นไปได้ทั้งหมด แล้วแยกปัญหาที่สำคัญที่สุดหรือปัญหาที่เป็นพื้นฐาน

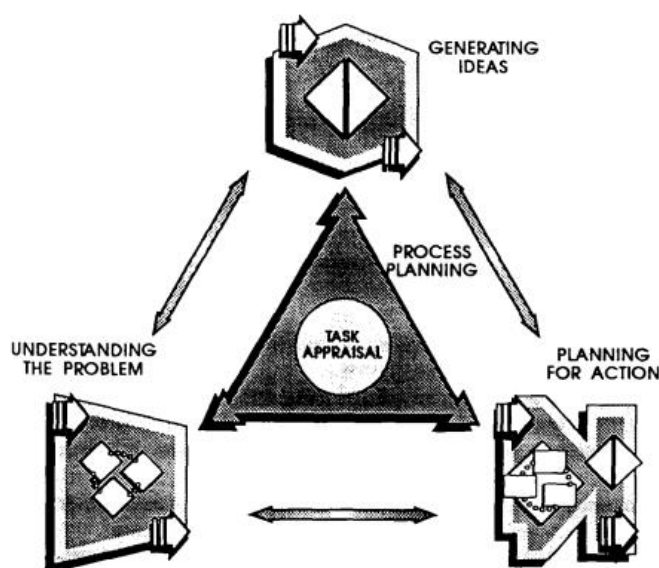
2. การสร้างความคิด (Generating Ideas) เป็นการพยายามสร้างแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งในองค์ประกอบนี้มี 1 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 4 การแสวงหาความคิด (Idea-Finding) เป็นการพยายามสร้างทางเลือกที่หลากหลาย และเป็นไปได้ หรือทางเลือกที่แปลกใหม่ให้ได้มากที่สุด เพื่อสร้างโอกาสในการเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่ดีและเหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนการดำเนินงาน (Planning for Action) เป็นการวางแผนเลือกปรับปรุง พัฒนาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา ซึ่งในองค์ประกอบนี้มี 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 5 การแสวงหาวิธีแก้ปัญหา (Solution-Finding) เป็นการพิจารณาและประเมินทางเลือกต่างๆ ถึงข้อดี ข้อจำกัด และศักยภาพของแต่ละทางเลือก อย่างเป็นระบบโดยใช้เกณฑ์การเลือกที่มีความเหมาะสม เพื่อจะเลือกแนวทางที่ดีที่สุดและกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 การหาข้อสรุป (Acceptance-Finding) เป็นการเลือกแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ ยอมรับได้ และนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา

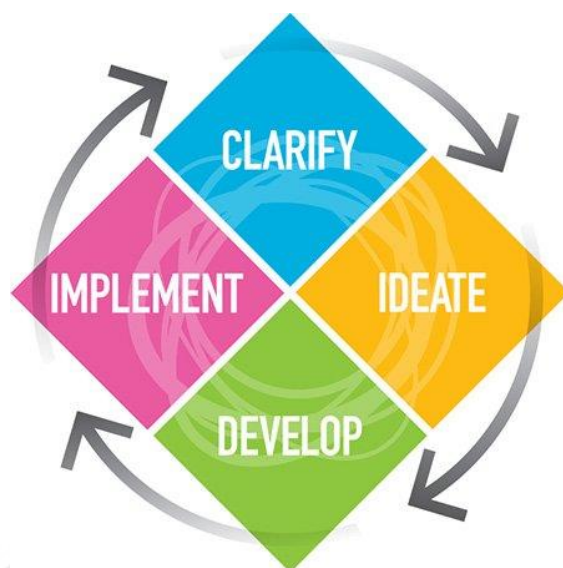


ภาพประกอบ 12 กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ Isaksen, Dorval, & Treffinger

ที่มา: Treffinger (1995, pp.305 as cited by Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B., 2004) . Celebrating 50 years of reflective practice: Versions of Creative Problem Solving)

นอกจากนี้ Creative Education Foundation (2014) เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระบุปัญหาที่ชัดเจน (Clarify) เป็นการสำรวจวิสัยทัศน์ เป้าหมาย หรือความท้าทายที่ต้องการแก้ปัญหา ซึ่งต้องมีการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจถึงปัญหา
2. การสำรวจแนวคิด (Ideate) เป็นการสำรวจแนวคิดต่างๆ เพื่อสร้างแนวทางในการแก้ปัญหา
3. การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (Develop) เป็นการประเมินเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด
4. การดำเนินงาน (Implement) เป็นการจัดทำแผนดำเนินงาน สำรวจทรัพยากร และดำเนินงานที่นำไปสู่การแก้ปัญหา



ภาพประกอบ 13 กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตาม Learner's Model based on work of G.J. Puccio, M. Mance, M.C. Murdock, B. Miller, J. Vehar, R. Firestien, S. Thurber, & D. Nielsen (2011)

ที่มา: Creative Education Foundation. (2014). What is Creative Problem Solving?

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ขั้นตอนในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีหลากหลายขั้นตอน ซึ่งมีกระบวนการในการแก้ปัญหาที่เหมือนกันแต่มีการแบ่งรายละเอียดขั้นตอนย่อยแตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปขั้นตอนที่มีความละเอียดและครอบคลุมในทุกแนวคิดได้ทั้งหมด 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การระบุปัญหา 2) การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างหลากหลายและแปลกใหม่ 3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและดีที่สุด และ 4) การดำเนินงานแก้ปัญหาตามวิธีการที่วางแผนไว้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะดำเนินการวัดประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามกระบวนการ 4 ขั้นตอนหลักดังกล่าว

5.3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นทักษะที่ต้องการบูรณาการความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งส่วนใหญ่ใช้เครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบอัตนัย และแบบทดสอบถามแบบมาตราประมาณค่า ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละงานวิจัย ดังนี้

สรวงพร กุศลส่ง (2564, นน.9-14) ทำการวิจัย เรื่อง แนวทางการพัฒนารูปแบบ การจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างการรู้คิดในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สำหรับนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏ ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบทดสอบวัดการรู้คิดในการแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์ แบบทดสอบมีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาซึ่งเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปนำมาใช้ และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .2 - .8 ค่าความเชื่อมั่นแบบความ สอดคล้องภายใน สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่าเท่ากับ .91 งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือ การวิจัยเป็นแบบทดสอบซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรกฤต ภูษงค์ประเวศ (2563, น.102-111) ทำการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิง สร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ซึ่งมีเครื่องมือในการวิจัย คือ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็น ข้อสอบอัตนัยจำนวน 2 สถานการณ์ ซึ่งจะมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric scoring) ตั้งแต่ระดับ 1 ถึง 5 คะแนน และมีการประเมินทั้งหมด 4 ครั้ง แบบทดสอบมีการตรวจสอบความ ตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งอยู่ระหว่าง .67 - 1.00 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .39 - .59 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .25 - .46 ค่าความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค มีค่าเท่ากับ .817 และค่าความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินมีค่า เท่ากับ .864 - .970 ซึ่งอยู่ในระดับสูง อีกทั้งงานวิจัยของ สมเสมอ ทักษิณ และคณะ (2561, น. 143) ศึกษาเรื่องผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ PACLE เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งมีเครื่องมือในการวิจัย คือ แบบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ชุด ชุดละ 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 9 ข้อ และมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric scoring) 5 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 4 คะแนน แบบวัดมีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งอยู่ระหว่าง .67 - 1.00 ค่าความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่าเท่ากับ .76 และแบบวัดทั้ง 2 ชุดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .91 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันสูง และทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ งานวิจัยของ Maker (2020, pp.183) ได้ศึกษา การเพิ่มความ หลากหลายและการประเมินการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษา โดยใช้เครื่องมือในการวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นข้อสอบการแก้ปัญหาทั้ง ปลายเปิด (Semi-open) และข้อสอบอัตนัย (open-ended)

นอกจากนี้ งานวิจัยของจักรกฤต ภูซังค์ประเวศ (2563, น.102-111) ทำการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ยังมีการเก็บ รวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ซึ่งเป็น แบบทดสอบถามแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 16 ข้อ และแบบทดสอบถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ โดยแบบทดสอบถามมีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งอยู่ระหว่าง .67 - 1.00 และค่าความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายในมีค่าเท่ากับ .931

Puccio et al. (2020) ศึกษาเรื่องการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในกลุ่มย่อยซึ่งเป็น ผลของการฝึกความคิดสร้างสรรค์ที่มีผลต่อความคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และประสิทธิภาพ ของความเป็นผู้นำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์ คือ แบบสำรวจหลังจบการทำงานกลุ่มที่ต้องใช้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งเป็น แบบสำรวจแบบเลือกตอบ จำนวน 9 ข้อ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การวัดความสามารถใน การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สามารถใช้เครื่องมือวัดได้หลากหลายแบบ เช่น แบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบแบบเลือกตอบ หรือ แบบทดสอบถาม แต่งานวิจัยส่วนใหญ่จะวัดความสามารถใน การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยการใช้แบบทดสอบอัตนัยที่เป็นสถานการณ์และให้ผู้เรียนตอบ คำถามเพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาต่อไป ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เครื่องมือวัดความสามารถ ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่เป็นสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออก ถึงการบูรณาการความคิดในแต่ละศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ซึ่งน่าจะมีความ เทียบตรงมากกว่าการใช้แบบทดสอบถามที่เป็นการรายงานตนเอง

5.3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 10 และตาราง 11

ตาราง 10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ในต่างประเทศ

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่างวิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
การบ่งชี้ผู้มี ความสามารถพิเศษ ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์: การเพิ่มความ หลากหลายในการ ประเมินการ แก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์	Maker	2020	USA	นักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 (11 th grade) จำนวน 43 คน แบ่งเป็น กลุ่ม 1 จำนวน 20 คน และ กลุ่ม 2 จำนวน 23 คน	การ วิจัย เชิง ทดลอง	นักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการ เรียนการสอนวิธีใหม่โดยการเพิ่ม การประเมินแผนผังแนวคิด การ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การ แก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ใน ชีวิตประจำวัน การแก้ปัญหา วิทยาศาสตร์กายภายใน ชีวิตประจำวัน และการแก้ปัญหา เชิงวิเคราะห์ มีคะแนนการ ประเมินประสิทธิภาพการ แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอน และการประเมินแบบดั้งเดิม ถึงแม้ว่านักเรียนกลุ่มทดลองจะมี เกรดเฉลี่ยต่ำกว่า และมาจาก พื้นฐานทางครอบครัวที่มีรายได้ ต่ำกว่า
การแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์ในกลุ่ม ย่อย: ผลของการ ฝึกอบรมความคิด สร้างสรรค์ต่อการ สร้างแนวคิด สร้างสรรค์ในการ แก้ปัญหา และ ประสิทธิผลของ ความเป็นผู้นำ	Puccio et al.	2020	USA	กลุ่มคนที่สนใจเข้า ร่วมงานวิจัยซึ่งอาศัย อยู่บริเวณ The State University of New York at Buffalo ทั้งหมด 559 คน แบ่งเป็น เพศชาย 211 คน และเพศหญิง 332 คน	การ วิจัย เชิง ทดลอง	กลุ่มที่มีการฝึกอบรมความคิด สร้างสรรค์จะมีประสิทธิภาพใน การสร้างความคิดและการ แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มากกว่า กลุ่มที่ไม่ได้เข้ารับการฝึกอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
การเรียนรู้โครงงาน ตามชาติพันธุ์วิทยา: ผลกระทบต่องาน การคิดอย่างมี วิจารณญาณและ ความคิดสร้างสรรค์	Sumarni & Kadarwati	2020	Indonesia	นักเรียนจำนวน 230 คน จาก 7 โรงเรียนที่ อยู่ในเขต Java ของ ประเทศอินโดนีเซีย	การ วิจัย เชิง ทดลอง	การเรียนรู้ตามโครงงาน ethno- STEM สามารถพัฒนาทักษะการ คิดอย่างมีวิจารณญาณและการ คิดเชิงสร้างสรรค์ได้ อย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ

ตาราง 11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ในประเทศไทย

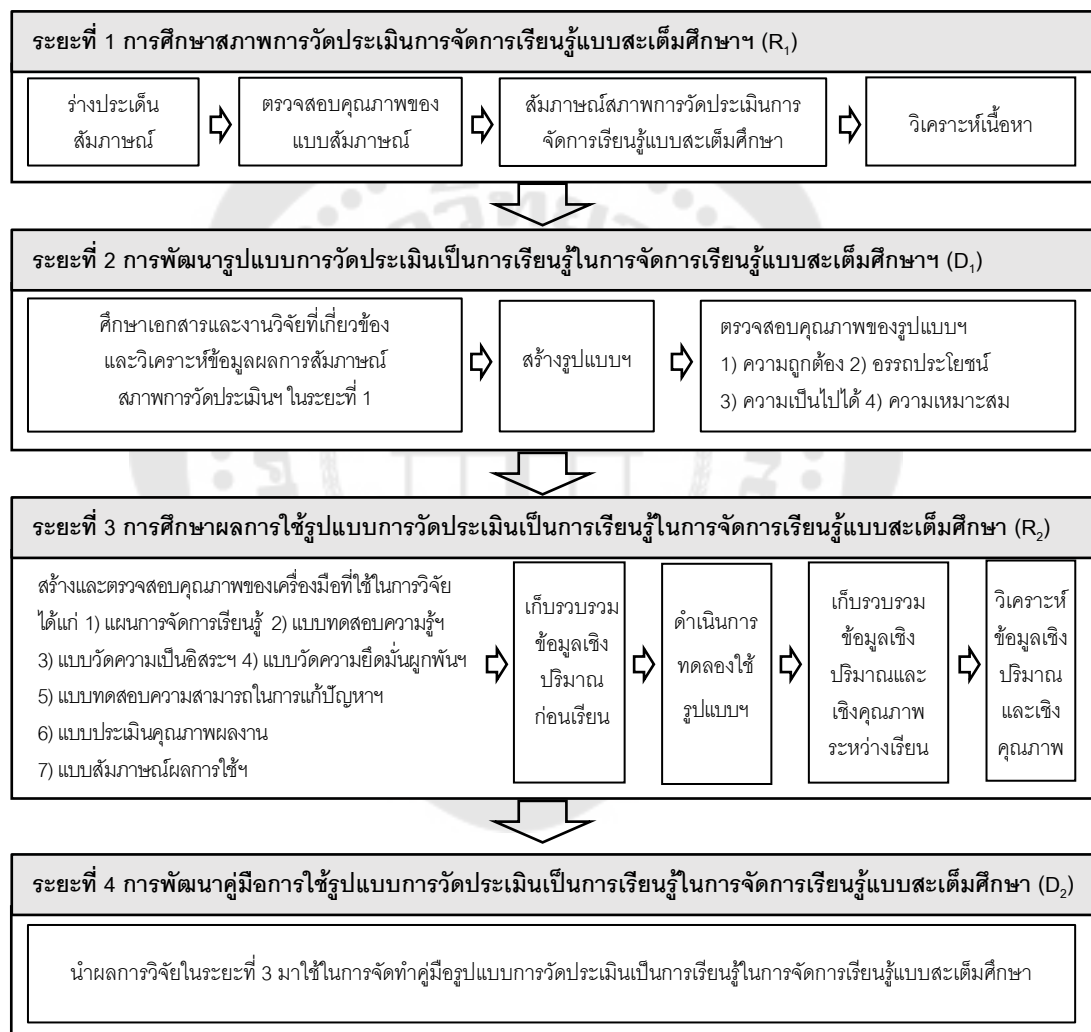
ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่างวิจัย	วิธีการวิจัย	ผลการวิจัย
แนวทางการพัฒนา รูปแบบการจัดการ เรียนรู้เพื่อเสริมสร้าง การรู้คิดในการ แก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์สำหรับ นักศึกษามหาวิทยาลัย ราชภัฏ	สรวงพร กุลสง	2564	ไทย	นักศึกษา มหาวิทยาลัย ราชภัฏ เพชรบูรณ์ จำนวน 289 คน	การ วิจัย และ พัฒนา	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ คือ หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ส่วนการส่งเสริมการรู้คิดในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 1) การตระหนักรู้ในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 2) การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงและสถานการณ์จริง 3) การปฏิบัติที่ส่งเสริมการแก้ปัญหา และ 4) การตรวจสอบความสำเร็จของการรู้คิดในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างการรู้คิดในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในทุกด้านและภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
ผลของการจัดการเรียน การสอนโครงงาน วิทยาศาสตร์โดยใช้ กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมที่มีต่อ ความสามารถในการ แก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์และ คุณภาพผลงานเชิง สร้างสรรค์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษา ตอนต้น สังกัด สำนักงาน คณะกรรมการการ อุดมศึกษา	จักรกฤต ภูขงค์ ประเวช	2563	ไทย	นักเรียน ระดับชั้น มัธยมศึกษา ปีที่ 2 โรงเรียน สาธิตของ มหาวิทยาลัย แห่งหนึ่ง จำนวน 48 คน	การ วิจัยเชิง ทดลอง	ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ อยู่ในระดับสูง
ผลการใช้รูปแบบการ เรียนรู้แบบ PACLE เพื่อเสริมสร้าง ความสามารถในการ	สมเสมอ ทักษิณ และคณะ	2561	ไทย	นักเรียน ระดับชั้น มัธยมศึกษา ปีที่ 1	การ วิจัยเชิง ทดลอง	นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบ PACLE มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเรียนรู้แบบ PACLE โดยนักเรียนที่ได้รับ

ชื่อเรื่อง	ผู้วิจัย	ปี	ประเทศ	ตัวอย่าง วิจัย	วิธีการ วิจัย	ผลการวิจัย
แก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ สำหรับ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1				จำนวน 62 คน		การเรียนรู้แบบ PACLE มีการพัฒนาทักษะ การแก้ปัญหาทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ 1) การเข้าถึง ปัญหา 2) การคิดและแสวงหาวิธีการ แก้ปัญหา 3) การทบทวนและเตรียมการ 4) การวางแผนแก้ปัญหา และ 5) การตรวจสอบ การปฏิบัติที่ดีขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยและพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวง การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มีการดำเนินงานวิจัย 4 ระยะ ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 ขั้นตอนการวิจัย

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียน สาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (R1)

การศึกษาศภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต โดยมีรายละเอียดผู้ให้ข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ผู้ให้ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ครูโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 5 คน เนื่องจากโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม มีรายวิชาสะเต็มศึกษาโดยเฉพาะ และส่งเสริมให้นักเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมีการบูรณาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จึงทำให้ครูมีความเชี่ยวชาญและมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. มีความรู้ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับหลักการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
2. มีประสบการณ์การสอนรายวิชาสะเต็มศึกษาหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ไม่น้อยกว่า 5 ปี
3. มีประสบการณ์การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลากหลายรูปแบบ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์กึ่งมีโครงสร้างเกี่ยวกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีการตรวจสอบคุณภาพของแบบสัมภาษณ์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาจากความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ และประเด็นในการสัมภาษณ์ (Index of Item - Objective congruence: IOC) พบว่า ประเด็นในการสัมภาษณ์ มีค่าดัชนี IOC เท่ากับ 1.00 ในทุกประเด็น ซึ่งมากกว่า 0.50 จึงถือว่าประเด็นในการสัมภาษณ์ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งมีประเด็นในการสัมภาษณ์ ดังนี้

1. การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบันเป็นอย่างไร ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือไม่ อย่างไร
2. ท่านคิดว่าการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เหมาะสมกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหรือไม่ อย่างไร

3. ท่านคิดว่าการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัด ประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้อย่างไร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์อาจารย์ที่มีประสบการณ์ เกี่ยวกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จะทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการวัด ประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเป็นการสะท้อนให้เห็นสภาพความเป็นจริงและ ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน จัดเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปฏิบัติการที่ทำให้ได้ผลการ สัมภาษณ์ที่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติสำหรับการปรับปรุง หรือพัฒนาการวัดประเมินการ จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาให้มีคุณภาพและส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างที่สุด ซึ่งมี ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ผู้วิจัยติดต่อขอเอกสารขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยจาก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้วิจัยส่งเอกสารขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยไปยังโรงเรียน สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม และประสานงานกับวัน-เวลา สถานที่ ในการสัมภาษณ์ พร้อมส่งประเด็นในการสัมภาษณ์ให้ตัวอย่างวิจัยล่วงหน้า
3. สัมภาษณ์ครูโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ซึ่งมี ประสบการณ์การสอนรายวิชาที่มีประสบการณ์การสอนรายวิชาสะเต็มศึกษาหรือมีประสบการณ์ ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน โดยใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 1 ชั่วโมง/คน พร้อมทั้งขออนุญาตบันทึกข้อมูลหรือบันทึกเสียงการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยใช้วิธีการและ เทคนิคในการสัมภาษณ์ โดยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้างรายบุคคล เนื่องจากอาจมี คำตอบที่หลากหลาย และเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาซึ่งอาจจะมีแนวทางแตกต่างกัน เริ่มต้นจากการสนทนาเกี่ยวกับหลักการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา จากนั้นใช้คำถามชวนคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จริงในห้องเรียน และเริ่มถามทีละ ประเด็นเกี่ยวกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษา โดยระหว่างสัมภาษณ์ ผู้วิจัยจดบันทึกผลการสัมภาษณ์ตลอดเวลา และเมื่อการสัมภาษณ์ เสร็จสิ้น ผู้วิจัยแจ้งผู้ให้ข้อมูลว่าข้อมูลการสัมภาษณ์ครั้งนี้จะถูกเก็บเป็นความลับโดยไม่เปิดเผย ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์ เนื่องจาก เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านความคิด ความรู้สึก หรือทัศนคติ ส่วนตัวของผู้ให้ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 5 คน เกี่ยวกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) พร้อมทั้งจัดกลุ่มข้อมูล เปรียบเทียบข้อมูล และตรวจสอบความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (D₁)

การวิจัยระยะที่ 2 เป็นการพัฒนาและประเมินคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เชิงปฏิบัติในห้องเรียน การวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียนทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเพื่อรวบรวมข้อมูล สำรวจและค้นหาปัจจัยหรือวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้ในห้องเรียนเชิงปฏิบัติภายใต้บริบทการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมกับหลักสูตรฐานสมรรถนะในบริบทการศึกษาไทย

2. ศึกษาเอกสารการสัมภาษณ์อาจารย์ที่มีประสบการณ์การสอนรายวิชาสะเต็มศึกษาหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจากระยะที่ 1

3. สร้างรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยยึดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้งหมด 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามารวมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียน

ข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) โดยการพัฒนา รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะคำนึงถึงการพัฒนา สมรรถนะของผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ (Knowledge) คุณลักษณะ (Attribute) และ ทักษะ (Skill) ด้วย

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการ จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1. สร้างแบบประเมินคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการ จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้าน ความถูกต้อง ด้านอรรถประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้และด้านความเหมาะสมชอบธรรม ตาม มาตรฐานทางจริยธรรมและการดำเนินงานการประเมิน (JCSEE: Joint Committee on Standards for Educational Evaluation) ซึ่งเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการ วัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 3 คน ผลการตรวจสอบ พบว่า ข้อคำถามทุกข้อ มีค่าดัชนี IOC เท่ากับ 1.00 แสดงว่า ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

2. ตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ด้านอรรถประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้ และด้านความเหมาะสมชอบธรรมของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการ วัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 5 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษา จำนวน 5 คน

3. วิเคราะห์ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 คน โดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ คะแนนการประเมิน และมีเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

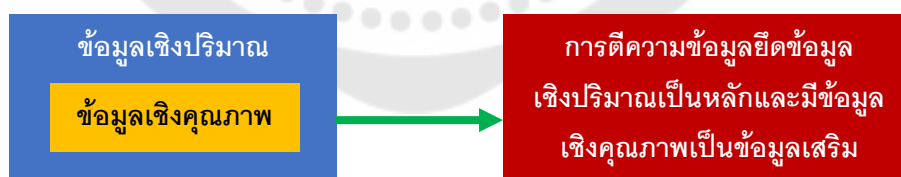
คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีคุณภาพน้อยที่สุด

4. แก้ไขรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (R_2)

การวิจัยและพัฒนาารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบการวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed methods research) รูปแบบเชิงฝังตัว (Embedded design) ซึ่งมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยมุ่งเน้นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณของสมรรถนะของผู้เรียน ได้แก่ ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์ผู้เรียนระหว่างการทดลอง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพร่วมกันเพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนระหว่างการทดลอง เพื่อทำความเข้าใจและสะท้อนผลวิจัยในเชิงเจาะลึกสภาพเป็นจริงตามความคิด และความรู้สึกของผู้เรียน ซึ่งจะบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ ความเหมาะสม และข้อเสนอแนะในการนำรูปแบบฯ ไปใช้จริงห้องเรียน และเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนาารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในอนาคตต่อไป ซึ่งรูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยเป็นไปดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 รูปแบบการวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed methods research)
รูปแบบเชิงฝังตัว (Embedded design)

ที่มา: Creswell & Clark (2007). Designing and Conducting Mixed Method Research

แบบแผนการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งปริมาณใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริงรูปแบบ randomized pretest-posttest control group design โดยแบ่งตัวอย่างวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ และกลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ ซึ่งแบบแผนการวิจัยเป็นดังนี้

การสุ่มเข้าสู่	กลุ่มทดลอง (E)	O_{pre}	X	O_{post}
การทดลอง (R)	กลุ่มควบคุม (C)	O_{pre}	—	O_{post}

O_{pre} หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

O_{post} หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ประชากรและตัวอย่างวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 10 แห่ง จำนวน 2,260 คน ซึ่งมีรายละเอียด ดังตาราง 12

ตาราง 12 จำนวนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียน
สาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (คน)
โรงเรียนดรฤณสิกขาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	18
โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	172
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม	220
โรงเรียนสาธิตนานาชาติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง	75
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา (ฝ่ายมัธยม)	63
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	137
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม)	262
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน	420
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)	494
รวม	2,260

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน โดยขนาดตัวอย่างได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power 3.1.9.2 โดยใช้สถิติ MANOVA: Global effects ขนาดอิทธิพล 0.79 (UGRAS, 2018, pp.170-172) ความน่าจะเป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error; α) เท่ากับ 0.05 อำนาจการทดสอบเท่ากับ 0.95 จำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม และจำนวนตัวแปรตาม 4 ตัวแปร พบว่า จำนวนตัวอย่างวิจัยที่ควรเก็บรวบรวมข้อมูล เท่ากับ 30 คน โดยนักเรียนสามารถตัดสินใจและมีสิทธิ์ในการไม่เข้าร่วมการวิจัยและไม่ตอบคำถามการวิจัยได้ รวมถึงสามารถถอนตัวระหว่างการวิจัยได้ตลอดเวลา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดตัวอย่างวิจัยเพิ่มเป็น 52 คน เพื่อสำรองข้อมูลไว้ในกรณีที่นักเรียนมีการถอนตัวระหว่างการวิจัย

การได้มาของตัวอย่างวิจัยใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน โดยโรงเรียนสาธิตแต่ละแห่งมีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) เพื่อให้ได้โรงเรียนสาธิต จำนวน 1 แห่ง และใช้การสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เพื่อสุ่มนักเรียนเข้าสู่วิจัยทดลอง (Random Assignment) จำนวน 2 กลุ่ม และสุ่มทรีตเมนต์ (Random Treatment) ในการสุ่มกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 3) แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน 4) แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และ 5) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 6) แบบประเมินคุณภาพผลงาน และ 7) แบบสัมภาษณ์ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้

การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติสำหรับกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกลุ่มละ 3 แผนการเรียนรู้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองยึดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา และบูรณาการกับวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ 5 วิธี ได้แก่ 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับกลุ่มควบคุมดำเนินการตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้วิจัยเลือกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดและงานวิจัยของวัชรภรณ์ อมรศักดิ์ (2563, น.18-19) และ STEM Education Thailand (2014) ที่มีจำนวน 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ระบุปัญหา (Problem Identification)
- 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Related Information Search)
- 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)
- 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)
- 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement)

6) นำเสนอ (Presentation)

2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้เลือกกลยุทธ์ วิธีการและเทคนิคที่หลากหลายเพื่อช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งได้แนวคิดมาจากทศนา แชมมณี (2558, น.162) และ Ministry of Education (2010, pp.33-36) ประกอบไปด้วย 5 วิธีการ ดังนี้

- 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้
- 2) การวัดประเมินตนเอง
- 3) การวัดประเมินเพื่อน
- 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด
- 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs)

3) ออกแบบกิจกรรมและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สำหรับกลุ่มควบคุม จำนวน 3 กิจกรรม 3 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการเรียนรู้ที่ 1 กิจกรรมอุปกรณ์คัดแยกขนาด แผนการเรียนรู้ที่ 2 กิจกรรมกักกันผลิตไฟฟ้า และแผนการเรียนรู้ที่ 3 กิจกรรมเรือชูชีพ โดยแต่ละแผนการเรียนรู้ใช้เวลา 2 สัปดาห์ และเรียนสัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้นเป็น 12 คาบ ในแต่ละแผนการเรียนรู้จะยึดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ตาราง 13 การเปรียบเทียบการวัดประเมินสำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับกลุ่มควบคุม	การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง
1) ระบุปัญหา	1. การตอบคำถามในชั้นเรียน 2. การบันทึกกิจกรรม	การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้
2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	1. การตอบคำถามในชั้นเรียน 2. การบันทึกกิจกรรม	การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้
3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1. การสังเกต 2. การบันทึกกิจกรรม	1. การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2. การเขียนข้อความสะท้อนการคิด
4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1. การสังเกต 2. การบันทึกกิจกรรม	การเขียนข้อความสะท้อนการคิด
5) ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา	1. การสังเกต 2. การบันทึกกิจกรรม	การเขียนข้อความสะท้อนการคิด
6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา	การสังเกต	1. การวัดประเมินตนเอง 2. การวัดประเมินเพื่อน
หลังจบกิจกรรม	การประเมินคุณภาพผลงานโดยครู	การเขียนบันทึกการเรียนรู้

4) ออกแบบกิจกรรมและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง จำนวน 3 กิจกรรม 3 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการเรียนรู้ที่ 1 กิจกรรมอุปกรณ์คัดแยกขนาด แผนการเรียนรู้ที่ 2 กิจกรรมกังหันผลิตไฟฟ้า และแผนการเรียนรู้ที่ 3 กิจกรรมเรือชูชีพ เนื่องจากกิจกรรมเหล่านี้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้มาก่อน จะทำให้นักเรียนมีความรู้เดิมเพียงพอสำหรับ

การบูรณาการองค์ความรู้ต่างๆ ในการแก้ปัญหาตามหลักสูตรเดิมศึกษา โดยแต่ละแผนการเรียนรู้ใช้เวลา 2 สัปดาห์ และเรียนสัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้นเป็น 12 คาบ ดังตาราง 12 ในแต่ละแผนการเรียนรู้จะยึดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา และบูรณาการกับวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ 5 วิธี ได้แก่ 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) สามารถสรุปได้ดังตาราง 13 ซึ่งในแต่ละกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีรายละเอียดการบูรณาการร่วมกับวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้กำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ใช้ ได้แก่ การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ ซึ่งครูจะใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียน เกี่ยวกับการพิจารณาปัญหาที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ซึ่งตัวอย่างประเด็นคำถาม มีดังนี้

1. ปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอย่างไร
2. ปัญหาที่เกิดขึ้นมีจุดประสงค์ในการแก้ไขปัญหายังไง
3. นักเรียนคิดว่านักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าวได้หรือไม่

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ใช้ ได้แก่ การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ ซึ่งครูจะใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียน เกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้เรียนพิจารณาว่าการรวบรวมข้อมูลควรมีประเด็นใดบ้างที่เป็นประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมในขั้นถัดไป ซึ่งตัวอย่างประเด็นคำถาม มีดังนี้

1. การแก้ปัญหาในอดีตมีวิธีการใดบ้าง และการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถตอบจุดประสงค์ได้หรือไม่
2. การแก้ปัญหาในอดีตมีจุดแข็ง จุดอ่อน และจุดที่ต้องพัฒนาอย่างไรบ้าง
3. การแก้ปัญหาดังกล่าวต้องใช้กลยุทธ์ หลักการหรือวิธีการใดบ้าง
4. ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นเพียงพอต่อการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในขั้นถัดไปหรือไม่

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่

ใช้ได้แก่ การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ และการเขียนข้อความสะท้อนการคิด โดยการใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้เกี่ยวข้อง ส่วนการเขียนข้อความสะท้อนคิดเป็นการให้นักเรียนได้คิดพิจารณาสิ่งที่นักเรียนกำลังปฏิบัติและการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ มีตัวอย่างประเด็นคำถาม ดังนี้

1. วิธีการแก้ปัญหาที่คิดสามารถแก้ปัญหาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริงหรือไม่

2. ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นเพียงพอกับการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือไม่

3. นักเรียนต้องการความช่วยเหลือในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง

การเขียนข้อความสะท้อนการคิด มีตัวอย่างประเด็นคำถาม ดังนี้

1. เมื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเสร็จแล้วมีความรู้สึกอย่างไร
2. นักเรียนคิดว่าควรศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องใดบ้าง
3. นักเรียนรู้สึกไม่สบายใจหรือกังวลเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในเรื่องใดบ้าง

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา วิธีการวัดประเมินเป็นการ

เรียนรู้ที่ใช้ได้แก่ การเขียนข้อความสะท้อนการคิดเป็นการให้นักเรียนได้คิดพิจารณาสิ่งที่นักเรียนกำลังปฏิบัติและการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีตัวอย่างประเด็นคำถาม ดังนี้

1. เมื่อดำเนินการแก้ปัญหาเสร็จแล้ว นักเรียนรู้สึกอย่างไร
2. นักเรียนพึงพอใจกับการดำเนินการแก้ปัญหานี้หรือไม่ ถ้าไม่พึงพอใจ

นักเรียนจะออกแบบการแก้ไขต่อไปอย่างไร

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา

วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ใช้ได้แก่ การเขียนข้อความสะท้อนการคิดเป็นการให้นักเรียนได้คิดพิจารณาสิ่งที่นักเรียนกำลังปฏิบัติและการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีตัวอย่างประเด็นคำถาม ดังนี้

1. เมื่อนักเรียนทดสอบผลงานของตนเองเรียบร้อยแล้ว นักเรียนคิดว่าผลงานของนักเรียนสามารถตอบจุดประสงค์ของกิจกรรมหรือไม่
2. สิ่งที่ทำนักเรียนทำได้ดีมีอะไรบ้าง
3. นักเรียนจะปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดีขึ้นได้อย่างไร

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอ วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ใช้ได้แก่ การวัดประเมินตนเอง และการวัดประเมินเพื่อน เป็นการให้นักเรียนได้คิดพิจารณาเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง และในมุมมองของผู้อื่น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การวัดประเมินตนเอง มีตัวอย่างประเด็นการประเมิน ดังนี้

1. นักเรียนมีความพึงพอใจกับผลงานตนเองหรือไม่ อย่างไร
2. สิ่งที่ทำนักเรียนทำได้ดีคืออะไร
3. สิ่งที่ทำนักเรียนต้องพัฒนาคืออะไร

การวัดประเมินเพื่อน มีตัวอย่างประเด็นการประเมิน ดังนี้

1. เพื่อนของนักเรียนมีความเข้าใจปัญหาและสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมหรือไม่
2. สิ่งที่ทำเพื่อนของนักเรียนทำได้ดีคืออะไร
3. สิ่งที่ทำเพื่อนของนักเรียนต้องพัฒนาคืออะไร

หลังจบกิจกรรมแต่ละคาบ วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ใช้ได้แก่ การเขียนบันทึกการเรียนรู้เป็นการให้นักเรียนได้คิดพิจารณาการเรียนรู้ของตนเองอย่างละเอียดถี่ถ้วน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

การเขียนบันทึกการเรียนรู้ มีตัวอย่างประเด็นในการเขียน ดังนี้

1. นักเรียนพึงพอใจกับงานของตนเองหรือไม่ อย่างไร
2. หลังจากจบกิจกรรม นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง
3. จุดเด่นและจุดที่ต้องพัฒนาของนักเรียนมีอะไรบ้าง
4. นักเรียนมีอุปสรรคหรือปัญหาในการทำกิจกรรมหรือไม่ อย่างไร และนักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร

ตาราง 14 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้

แผนฯ ที่	สัปดาห์ ที่	จำนวน คาบ	เนื้อหาสาระ	วิธีการวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้
-	1	2	- อธิบายวัตถุประสงค์ของรายวิชา วิธีการเรียน วิธีการวัดประเมินผล และการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ - หลักการของสะเต็มศึกษา - ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง ดังนี้ 1) ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 2) ความเป็นอิสระของผู้เรียน 3) ความยืดหยุ่นผู้พันของผู้เรียน 4) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์	-
1	2-3	4	- กิจกรรมอุปกรณ์คัดแยกขนาด	1) การใช้คำถามตรวจสอบ
2	4-5	4	- กิจกรรมกักกันผลิตไฟฟ้า	การเรียนรู้
3	6-7	4	- กิจกรรมเรือชูชีพ	2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อน การคิด 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้
-	8	2	- ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง โดยการวัด 1) ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 2) ความเป็นอิสระของผู้เรียน 3) ความยืดหยุ่นผู้พันของผู้เรียน 4) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์	-

5) สร้างแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อนส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 3 คน พบว่า มีค่าดัชนี IOC เท่ากับ 1.00 ในทุกรายการประเมิน แสดงว่า รายการประเมินมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

6) ตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ด้านความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยคุณภาพตั้งแต่ 4.80 – 4.93 จัดอยู่ในระดับคุณภาพมากที่สุด โดยแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง แผนที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยคุณภาพ เท่ากับ 4.87, 4.87 และ 4.93 ตามลำดับ และสำหรับกลุ่มทดลอง แผนที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยคุณภาพ เท่ากับ 4.80, 4.84 และ 4.93 ตามลำดับ

7) แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2) แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา

แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นแบบทดสอบอัตนัยซึ่งเป็นแบบวัดสถานการณ์ จำนวน 2 สถานการณ์ สำหรับวัดก่อนเรียน 1 สถานการณ์ และวัดหลังเรียน 1 สถานการณ์โดยยึดตัวชี้วัดระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งมีวิธีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาตัวชี้วัดระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาหรือความรู้ที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบให้มีความสัมพันธ์กับจัดมุ่งหมายของหลักสูตรและความรู้เดิมของผู้เรียน

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้วิจัยเลือกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดและงานวิจัยของวัชรภรณ์ อมรศักดิ์ (2563, น.18-19) และ STEM Education Thailand (2014) ที่มีจำนวน 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Related Information Search) 3) ออกแบบวิธีการ

แก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement) และ 6) นำเสนอ(Presentation)

3. ศึกษาตัวอย่างแบบทดสอบอัตนัยซึ่งเป็นแบบวัดสถานการณ์ที่มี การบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4. สร้างแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 4 สถานการณ์ ซึ่งมีความยากง่ายใกล้เคียงกัน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยแบบทดสอบจะมีการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ศาสตร์ คือ วิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี และ วิชาคณิตศาสตร์ และตอบคำถามตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน ส่วน ขั้นตอนที่ 6 การนำเสนอผลงานจะถูกวัดในส่วนของความร่วมมือในชั้นเรียน ซึ่งแบบทดสอบมี โครงสร้างดังตาราง 15

ตาราง 15 โครงสร้างแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา

สถานการณ์	บูรณาการเนื้อหา			กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม	จำนวน ข้อสอบ	คะแนน เต็ม
	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์			
1. ยาน	✓	-	-	1) ระบุปัญหา	1	1
พาหนะลอย	✓	✓	✓	2) รวบรวมข้อมูล	1	3
น้ำ	✓	✓	✓	3) ออกแบบ	1	5
2. เครื่องเล่น				วิธีการแก้ปัญหา		
ไม้กระดก	✓	✓	✓	4) วางแผนและ	1	3
3. การขาด				ดำเนินการ		
แคลน				แก้ปัญหา	1	2
พลังงาน	✓	✓	✓	5) ทดสอบ		
4. ขยะลอย				ประเมินและ	1	2
กระทง				ปรับปรุง		
รวม					5	14

5. กำหนดเกณฑ์การประเมินแบบรูบรีค (Rubric scoring) ตั้งแต่ 0 ถึง 3 ในการให้คะแนนคำตอบแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีประเด็นในการประเมิน ดังนี้

5.1) ความถูกต้องของการระบุสภาพปัญหา (1 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ความถูกต้องของการระบุสภาพปัญหา	ระดับคะแนน	
	0	1
ปัญหา	ไม่สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้	สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 ปัญหา

5.2) ความเหมาะสมและครอบคลุมของการรวบรวมข้อมูล (3 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
ความเหมาะสมและครอบคลุมของการรวบรวมข้อมูล	ไม่สามารถระบุวัสดุที่นำมาออกแบบได้	สามารถระบุวัสดุที่ถูกต้องและระบุเหตุผลมีความสมเหตุสมผล 1 ชนิด	สามารถระบุวัสดุที่ถูกต้องและระบุเหตุผลมีความสมเหตุสมผล 2-3 ชนิด	สามารถระบุวัสดุที่ถูกต้องและระบุเหตุผลมีความสมเหตุสมผล 4-5 ชนิด

5.3) ความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา (5 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา	ระดับคะแนน		
	0	1	2
5.3.1) วาดภาพแบบจำลอง	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปไม่ได้ ไม่ระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ และไม่นำสิ่งอื่นมาประกอบ	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปได้ แต่ไม่ระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ หรือไม่นำสิ่งอื่นมาประกอบ	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปได้ พร้อมทั้งระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ โดยนำสิ่งอื่นมาประกอบ

ความเป็นไปได้ของ วิธีการแก้ปัญหา	ระดับคะแนน		
	0	1	2
5.3.2) คำนวณขนาดพื้นที่รูปเรขาคณิต	ไม่สามารถระบุรูปเรขาคณิต วิธีคำนวณและคำนวณขนาดพื้นที่ได้ถูกต้อง	สามารถระบุรูปเรขาคณิต ได้ถูกต้อง แต่เลือกวิธีคำนวณหรือคำนวณขนาดพื้นที่ไม่ถูกต้อง	สามารถระบุรูปเรขาคณิต วิธีคำนวณและคำนวณขนาดพื้นที่ได้ถูกต้อง

ความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา	ระดับคะแนน	
	0	1
5.3.3) การใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์	ไม่สามารถระบุหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการออกแบบได้	สามารถระบุหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการออกแบบได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 หลักการ

5.4) การวางแผนและแสดงขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหา (3 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
การวางแผนและแสดงขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหา	ไม่ระบุขั้นตอนการดำเนินการ	สามารถระบุขั้นตอนการดำเนินการได้ แต่ไม่สอดคล้องกับการออกแบบในข้อ 3	สามารถระบุขั้นตอนการดำเนินการที่สอดคล้องกับการออกแบบในข้อ 3 ได้ถูกต้องบางส่วน	สามารถระบุขั้นตอนการดำเนินการที่สอดคล้องกับการออกแบบในข้อ 3 ได้ถูกต้องทั้งหมดอย่างละเอียดชัดเจน

5.5) การวางแผนและแสดงขั้นตอนในทดสอบ ประเมินและปรับปรุงผลงานหรือวิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
การวางแผนและแสดง			
ขั้นตอนในทดสอบ	ไม่สามารถระบุวิธีการ	สามารถระบุวิธีการ	สามารถระบุวิธีการ
ประเมินและปรับปรุง	แก้ไขปัญหาที่มีความ	แก้ไขปัญหาที่มีความ	แก้ไขปัญหาที่มีความ
ผลงานหรือวิธีการ	เป็นไปได้	เป็นไปได้โดยบูรณา	เป็นไปได้โดยบูรณา
แก้ปัญหา		การความรู้ได้เพียง 1	การความรู้ตั้งแต่ 2
		ศาสตร์เท่านั้น	ศาสตร์ขึ้นไป

6. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาจากความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การประเมิน (Index of Item - Objective congruence: IOC) และคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนี IOC มากกว่า 0.50 ขึ้นไป (ณัฐสุภรณ์ หลาวทอง, 2559) พบว่าแบบทดสอบสถานการณ์ขาดแคลนพลังงานและสถานการณ์ขยะล้นกระทงมีค่าดัชนี IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ซึ่งมากกว่า 0.50 จึงถือว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

7. แก้ไขแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

8. นำแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์หรือรายวิชาสนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM ของโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จำนวน 30 คน

9. วิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบและแบบทดสอบ ดังนี้

9.1) วิเคราะห์ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) โดยการนำคะแนนที่ได้จากการตรวจของผู้ประเมิน 3 คน ซึ่งมีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มาหาค่าสัมประสิทธิ์ kappa ของ Fleiss พบว่าคะแนนที่ได้จากการตรวจของผู้ประเมินทั้ง 2 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.80 – 1.00 แสดงว่าผู้ประเมินมีการให้คะแนนที่สอดคล้องกันในระดับดีมาก

9.2) วิเคราะห์ความยากง่าย และอำนาจจำแนก เป็นการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ ข้อสอบที่คัดเลือกมาใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ควรเป็นข้อสอบมีค่าความยาก

ง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (โชติกา ภาชีผล, 2558 และศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) พบว่า ข้อสอบสถานการณ์การขาดแคลนพลังงาน มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.51 – 0.80 อยู่ในเกณฑ์ความยากง่ายปานกลางถึงค่อนข้างง่าย และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.55 – 0.74 อยู่ในเกณฑ์จำแนกได้ปานกลางถึงจำแนกได้ดีและข้อสอบสถานการณ์ขยะล้นกระทิง มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.43 – 0.77 อยู่ในเกณฑ์ความยากง่ายปานกลางถึงค่อนข้างง่าย และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.54 – 0.82 อยู่ในเกณฑ์จำแนกได้ปานกลางถึงจำแนกได้ดี ดังนั้น ข้อสอบทั้ง 2 สถานการณ์ สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

9.3) วิเคราะห์ความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่า แบบทดสอบสถานการณ์การขาดแคลนพลังงานและแบบทดสอบสถานการณ์ขยะล้นกระทิงมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.65 และ 0.64 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ความเชื่อมั่นระดับปานกลาง ดังนั้น แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับสามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจาก มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมากกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

3) แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน

แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนมีลักษณะข้อคำถามเป็นมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) 4 ระดับ ได้แก่ ไม่จริงเลย ค่อนข้างไม่จริง ค่อนข้างจริง และจริงมาก ผู้วิจัยได้สร้างข้อคำถามจำนวน 33 ข้อ ซึ่งมีวิธีการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยผู้วิจัยอ้างอิงจากเครื่องมือวิจัยของ Suphandee et al. (2018), Tassinari (2012) และ Zhang & Li (2004) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านการรู้คิด (Metacognitive) ด้านสังคม (Social) ด้านการปฏิบัติ (Action-oriented) ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive) และด้านอารมณ์ (Affective motivational) เป็นแบบวัดแบบมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ท (Likert Rating Scale) 5 ระดับ และเป็นการรายงานตนเอง (Self-report)

2. สร้างแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนตามการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงของผู้เรียน ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

- 1) ด้านการรู้คิด (Metacognitive) จำนวน 9 ข้อคำถาม
- 2) ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive) จำนวน 5 ข้อคำถาม

3) ด้านอารมณ์ (Affective motivational) จำนวน 6 ข้อคำถาม

4) ด้านการปฏิบัติ (Action-oriented) จำนวน 8 ข้อคำถาม

5) ด้านสังคม (Social) จำนวน 5 ข้อคำถาม

3. ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (Index of Item - Objective congruence: IOC) เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนี IOC มากกว่า 0.50 ขึ้นไป (ณัฐสุภรณ์ หลาวทอง, 2559) พบว่า เมื่อนำไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ข้อที่ 1 – 32 มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 ซึ่งมากกว่า 0.50 จึงถือว่าข้อคำถามมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ส่วนข้อที่ 33 มีค่า IOC เท่ากับ 0.40 ซึ่งน้อยกว่า 0.50 จึงถือว่าข้อคำถามข้อนี้ไม่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและตัดข้อคำถามนี้ทิ้ง จึงเหลือข้อคำถามจำนวน 32 ข้อ นำไปทดลองใช้ต่อไป

4. แก้ไขแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

5. นำแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียนไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จำนวน 57 คน

6. วิเคราะห์คุณภาพของข้อคำถามและแบบวัด ดังนี้

6.1) วิเคราะห์อำนาจ ของข้อคำถาม โดยใช้โปรแกรม SPSS และคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (โชติกา ภาชีผล, 2558 และศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก พบว่า ข้อคำถามมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.132 - 0.752 ซึ่งผู้วิจัยตัดข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.20 ทิ้ง ได้แก่ ข้อที่ 19 จึงเหลือข้อคำถามจำนวน 31 ข้อ จากนั้น ผู้วิจัยได้ตัดข้อคำถามที่มีเนื้อหาคล้ายเคียงกันออก เพื่อป้องกันการเหนี่ยวนำของตัวอย่างวิจัยระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยตัดข้อคำถามที่ 4, 8, 11, 26 และ 27 ดังนั้น จึงเหลือข้อคำถามสำหรับเก็บข้อมูลการวิจัย จำนวน 26 ข้อ แบ่งเป็น ข้อคำถามเชิงบวก จำนวน 23 ข้อ และข้อคำถามเชิงลบ จำนวน 3 ข้อ ซึ่งแบ่งจำนวนข้อตามองค์ประกอบ ได้ดังนี้

- 1) ด้านการรู้คิด (Metacognitive) จำนวน 7 ข้อคำถาม
- 2) ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive) จำนวน 4 ข้อคำถาม
- 3) ด้านอารมณ์ (Affective motivational) จำนวน 5 ข้อคำถาม
- 4) ด้านการปฏิบัติ (Action-oriented) จำนวน 6 ข้อคำถาม
- 5) ด้านสังคม (Social) จำนวน 4 ข้อคำถาม

6.2) วิเคราะห์ความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค โดยแบบวัดที่มีความเชื่อมั่นผ่านเกณฑ์ควรมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมากกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่น พบว่า แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน จำนวน 26 ข้อ มีความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.902 อยู่ในเกณฑ์ความเชื่อมั่นระดับสูงมาก ดังนั้น แบบวัดความเป็นอิสระจำนวน 26 ข้อ จึงสามารถนำไปใช้ได้

4) แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนมีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) 4 ระดับ ได้แก่ ไม่จริงเลย ค่อนข้างไม่จริง ค่อนข้างจริง และจริงมาก ผู้วิจัยได้สร้างข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีวิธีการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน โดยผู้วิจัยอ้างอิงจากเครื่องมือวิจัยของ Fredricks, Blumenfeld & Paris (2004, pp.65-68), Doğ̃an (2014), ชนัญชิตา ทูมมานนท์ และคณะ (2564) และวิมลพันธ์ ทราญทอง (2561) ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม 2) ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ และ 3) ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญาเป็นแบบวัดแบบมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) 5 ระดับ และเป็นการรายงานตนเอง (Self-report)

2. พัฒนาแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนตามการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงของผู้เรียน ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

- 1) ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม จำนวน 12 ข้อคำถาม
- 2) ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ จำนวน 9 ข้อคำถาม
- 3) ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา จำนวน 9 ข้อคำถาม

3. ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (Index of Item - Objective congruence: IOC) เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนี IOC มากกว่า 0.50 ขึ้นไป (ณัฐธรรณ์ หลาวทอง, 2559) ผลการตรวจสอบ พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ซึ่งมากกว่า 0.50 จึงถือว่าข้อคำถามมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แต่ผู้วิจัยตัดข้อคำถามที่ 8 ทิ้ง ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำข้อคำถามจำนวน 29 ข้อ ไปทดลองใช้ต่อไป

4. แก้ไขแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

5. นำแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จำนวน 30 คน

6. วิเคราะห์คุณภาพของข้อคำถามและแบบวัด ดังนี้

6.1) วิเคราะห์อำนาจจำแนก โดยใช้โปรแกรม SPSS ข้อคำถามที่คัดเลือกมามีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (โชติกา ภาชีผล, 2558 และศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก พบว่า ข้อคำถามมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ -0.125 - 0.701 ซึ่งผู้วิจัยตัดข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.20ทิ้ง ได้แก่ ข้อที่ 2, 3 และ 4 จึงเหลือข้อคำถามจำนวน 26 ข้อ ทำให้ข้อคำถามมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.30 – 0.71 ประกอบด้วย ข้อคำถามเชิงบวก จำนวน 24 ข้อ และข้อคำถามเชิงลบ จำนวน 2 ข้อ ซึ่งแบ่งจำนวนข้อตามองค์ประกอบ ได้ดังนี้

- 1) ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม จำนวน 8 ข้อคำถาม
- 2) ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ จำนวน 9 ข้อคำถาม
- 3) ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา จำนวน 9 ข้อคำถาม

6.2) วิเคราะห์ความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค โดยใช้โปรแกรม SPSS แบบวัดที่มีความเชื่อมั่นผ่านเกณฑ์ควรมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมากกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่น พบว่า แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน จำนวน 26 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.908 อยู่ในเกณฑ์ความเชื่อมั่นระดับสูงมาก ดังนั้น แบบวัดความเป็นอิสระจำนวน 26 ข้อ จึงสามารถนำไปใช้ได้

5) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นแบบทดสอบอัตนัยซึ่งเป็นแบบวัดสถานการณ์ จำนวน 2 สถานการณ์ แบ่งเป็น แบบทดสอบก่อนเรียน 1 สถานการณ์ และแบบทดสอบหลังเรียน 1 สถานการณ์ ซึ่งมีวิธีการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า มีขั้นตอนหลักทั้งหมด 4 ขั้นตอน (Creative Education Foundation, 2014 อ้างถึงใน จักรกฤต ภูวงศ์ประเวศ, 2563, น.103) ดังนี้

- 1) การระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข
- 2) การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างหลากหลายและแปลกใหม่
- 3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและดีที่สุด

4) การดำเนินงานแก้ปัญหาตามวิธีการที่วางแผนไว้อย่างสร้างสรรค์)

2. ศึกษาตัวอย่างแบบทดสอบอัตนัยซึ่งเป็นแบบวัดสถานการณ์การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3. สร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จำนวน 4 สถานการณ์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยอ้างอิงแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นโดยจักรกฤต ภูวงศ์ประเวศ (2563) ด้านองค์ประกอบและการให้คะแนนของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังตาราง 16

ตาราง 16 องค์ประกอบและการให้คะแนนของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละสถานการณ์

สถานการณ์	องค์ประกอบ	จำนวน คะแนน	
		ข้อ	เต็ม
1. ปัญหาขยะพลาสติก	องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข 1.1 การค้นหาสภาพปัญหา	1	2
2. ปัญหาฝุ่น PM 2.5	1.2 การรวบรวมข้อมูล 1.3 การระบุปัญหาที่สำคัญ	1	5
3. นวัตกรรมบรรเทาโควิด-19	องค์ประกอบที่ 2 การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหา 2.1 การค้นหาวิธีการแก้ปัญหามากมาย 2.2 การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่	1	3
4. ภาวะโลกร้อน	องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ปัญหา 3.1 การกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา 3.2 การพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด องค์ประกอบที่ 4 การดำเนินงานแก้ปัญหา 4.1 การวางแผนของวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก 4.2 การนำวิธีการที่เลือกไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง	1 1 1 1	2 3 3 5
รวม		6	20

4. กำหนดเกณฑ์การประเมินแบบรูบรีค (Rubric scoring) ตั้งแต่ 0 ถึง 3 ในการให้คะแนนคำตอบแต่ละรายการของการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยมีประเด็นในการประเมิน ดังนี้

4.1) ความถูกต้องของการระบุสภาพปัญหา (2 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ความถูกต้องของ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
การระบุสภาพปัญหา	ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ถูกต้องเลย	ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง 1-2 ข้อ	ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องมากกว่า 2 ข้อ

4.2) ความเหมาะสมของการรวบรวมข้อมูลและระบุปัญหาที่สำคัญที่สุด (5 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุ ของปัญหา	ระดับคะแนน		
	0	1	2
	ระบุสาเหตุของปัญหา ไม่ถูกต้องเลย	สามารถระบุสาเหตุ ของปัญหาได้ถูกต้อง บางส่วน	สามารถระบุสาเหตุของ ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด

การระบุปัญหาที่ สำคัญที่สุด	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
	ไม่สามารถเลือก ปัญหาที่สำคัญ ที่สุดได้	สามารถเลือกปัญหา ที่สำคัญที่สุดได้ แต่ไม่ สามารถให้เหตุผล สนับสนุนได้	สามารถเลือก ปัญหาที่สำคัญ ที่สุดได้ โดยมี เหตุผลสนับสนุนแต่ ยังไม่ชัดเจน	สามารถเลือก ปัญหาที่สำคัญ ที่สุดได้ โดยมี เหตุผลสนับสนุน ชัดเจน

4.3) ความเหมาะสมในการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายและ
แปลกใหม่ (3 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ความเป็นไปได้ ของวิธีการ แก้ปัญหา	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
	ไม่สามารถ เสนอวิธีการ แก้ปัญหาได้	สามารถเสนอวิธีการ แก้ปัญหาได้ แต่วิธีการ แก้ปัญหาส่วนใหญ่ ไม่ แปลกใหม่ เป็นวิธีการที่ ซ้ำซ้อนหรือเหมือนกับ แนวคิดที่มีอยู่แล้วใน ปัจจุบัน	สามารถเสนอวิธีการ แก้ปัญหาได้ และวิธีการ แก้ปัญหาส่วนใหญ่แปลก ใหม่ เป็นวิธีการที่ไม่ ซ้ำซ้อนหรือเหมือนกับ แนวคิดที่มีอยู่แล้วใน ปัจจุบัน	สามารถเสนอวิธีการ แก้ปัญหาได้ และ วิธีการแก้ปัญหา ทั้งหมดแปลกใหม่ เป็น วิธีการที่ไม่ซ้ำซ้อนหรือ เหมือนกับแนวคิดที่มี อยู่แล้วในปัจจุบัน

4.4) ความเหมาะสมของการกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ความเหมาะสมของการกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา	ไม่สามารถกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้	สามารถกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้เหมาะสมบางส่วน	สามารถกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้เหมาะสมทั้งหมด

4.5) ความสามารถในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ปัญหา (3 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา	ไม่สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้	สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล แต่ไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมและดีที่สุด และไม่มีความเป็นไปได้	สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล และมีความเป็นไปได้ แต่ไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมและดีที่สุด	สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและดีที่สุดได้อย่างสมเหตุสมผล และมีความเป็นไปได้

4.6) ความสามารถในการวางแผนและแสดงขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหา (5 คะแนน) มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
ความสามารถในการแสดงขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหา	ไม่สามารถระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ หรือระบุขั้นตอนที่ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง	สามารถระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ ถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง 1-2 ข้อ	สามารถระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ ถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง 3-4 ข้อ	สามารถระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ ถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง มากกว่า 4 ข้อ

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ความเป็นไปได้ของการ ดำเนินการ	ไม่สามารถระบุผลที่ เกิดขึ้นจากการปฏิบัติ	สามารถระบุผลที่ เกิดขึ้นจากการปฏิบัติ	สามารถระบุผลที่เกิดขึ้น จากการปฏิบัติตาม
	ตามขั้นตอนการ	ตามขั้นตอนการ	ขั้นตอนการแก้ปัญหาได้
	แก้ปัญหาได้ หรือระบุผล ที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติ	แก้ปัญหาได้	สอดคล้องกันทั้งหมด
	ตามขั้นตอนการ	สอดคล้องกันบางส่วน	
	แก้ปัญหาไม่		
	สมเหตุสมผล		

5. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินแบบรูบรีค (Rubric scoring) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาจากความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การประเมิน (Index of Item - Objective congruence: IOC) และคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนี IOC มากกว่า 0.50 ขึ้นไป (ณัฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) พบว่า ข้อสอบสถานการณ์ขยะพลาสติกและสถานการณ์ปัญหา PM 2.5 มีค่าดัชนี IOC ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 ซึ่งมากกว่า 0.50 จึงถือว่าข้อสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

6. แก้ไขแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

7. นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์หรือรายวิชาสนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM ของโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จำนวน 30 คน

8. วิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบและแบบทดสอบ ดังนี้

8.1) วิเคราะห์ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) โดยการนำคะแนนที่ได้จากการตรวจของผู้ประเมิน 3 คน ซึ่งมีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มาหาค่าสัมประสิทธิ์ kappa ของ Fleiss พบว่า คะแนนที่ได้จากการตรวจของผู้ประเมินทั้ง 2 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.94 – 1.00 แสดงว่าผู้ประเมินมีการให้คะแนนที่สอดคล้องกันในระดับดีมาก

8.2) วิเคราะห์ความยากง่าย และอำนาจจำแนกเป็นการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ ข้อสอบที่คัดเลือกมาใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ควรเป็นข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (โชติกา ภาณุผล, 2558 และศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) พบว่า ข้อสอบสถานการณ์ปัญหาขยะพลาสติกมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.34 – 0.73 อยู่ในเกณฑ์ความยากง่ายค่อนข้างยากถึงค่อนข้างง่าย และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.43 – 0.83 อยู่ในเกณฑ์จำแนกได้ปานกลางถึงจำแนกได้ดีมาก และข้อสอบสถานการณ์ปัญหา PM 2.5 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.44 – 0.67 อยู่ในเกณฑ์ความยากง่ายปานกลางถึงค่อนข้างง่าย และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.50 – 0.74 อยู่ในเกณฑ์จำแนกได้ปานกลาง ดังนั้น ข้อสอบทั้ง 2 สถานการณ์สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

8.3) วิเคราะห์ความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่า แบบทดสอบสถานการณ์การขยะพลาสติกและแบบทดสอบสถานการณ์ปัญหา PM 2.5 มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.72 และ 0.61 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ความเชื่อมั่นระดับสูงและปานกลาง ตามลำดับ ดังนั้น แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับสามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจาก มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมากกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

6) แบบประเมินคุณภาพผลงาน

การประเมินคุณภาพผลงานเป็นการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน (Performance-based assessments) จากผู้สอน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) โดยมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาเป็นฐาน (Problem Base Learning) การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project Base Learning) และมีประสบการณ์ในการเป็นที่ปรึกษาโครงงานหรือนวัตกรรมของนักเรียนไม่น้อยกว่า 5 ปี โดยจะทำการประเมินคุณภาพผลงานทั้งหมด 3 ครั้ง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง โดยผลการประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เป็นข้อมูลย้อนกลับสำหรับระหว่างเรียน ส่วนผลการประเมินครั้งที่ 3 เป็นการวัดหลังเรียนและจะนำไปคิดคะแนนในตัวแปรความสามารถในการแก้ไขปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งมีวิธีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินคุณภาพผลงาน โดยผู้วิจัยอ้างอิงแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของจักรกฤต ภูซังค์ประเวช (2563) ซึ่งเป็นแบบประเมินผลงานในรายวิชาสะเต็มศึกษา องค์ประกอบของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ด้านความแปลกใหม่ 2) ด้านการแก้ปัญหา และ 3) ด้านความประณีตและการสังเคราะห์ รายละเอียดดังตาราง 16 จำนวน 9 รายการประเมิน ซึ่งมีการให้คะแนนแบบรูบริก (scoring rubrics) 3 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 2

ตาราง 17 องค์ประกอบและเกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินคุณภาพผลงาน

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน		
		0	1	2
1. ความแปลกใหม่ (Novelty)	1. ความคิดริเริ่ม (Originality)	ผลงานไม่มีความแตกต่างจากผลงานทั่วไปทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์กระบวนการ และแนวคิด	ผลงานมีความแตกต่างจากผลงานทั่วไปในด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ “หรือ” แนวคิด	ผลงานมีความแตกต่างจากผลงานทั่วไปทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ “และ” แนวคิด
	2. ความประหลาดใจ (Surprising)	ผลงานไม่ทำให้รู้สึกน่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ หรือเกินความคาดหมาย	ผลงานทำให้รู้สึกน่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ แต่ไม่เกินความคาดหมาย	ผลงานทำให้รู้สึกน่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ หรือเกินความคาดหมาย
2. การแก้ปัญหา (Resolution)	3. ความสมเหตุสมผล (Logicalness)	ผลงานสร้างด้วยวิธีการที่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง “และ” ไม่เหมาะสม ทั้งในด้านความรู้ การเลือกวัสดุอุปกรณ์ “และ” การดำเนินงาน	ผลงานสร้างด้วยวิธีการที่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง “หรือ” ไม่เหมาะสม ในด้านความรู้ การเลือกวัสดุอุปกรณ์ “หรือ” การดำเนินงาน	ผลงานสร้างด้วยวิธีการที่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสม ทั้งในด้านความรู้ การเลือกวัสดุอุปกรณ์ และการดำเนินงาน

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน		
		0	1	2
2. การแก้ปัญหา (Resolution)	4. ความมีประโยชน์ (Usefulness)	ผลงานไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้จริง ไม่แข็งแรง และไม่สะดวกต่อการนำไปใช้	ผลงานสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ แต่ไม่แข็งแรง หรือไม่สะดวกต่อการนำไปใช้	ผลงานสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้จริง มีความแข็งแรง และสะดวกต่อการนำไปใช้งานจริง
	5. ความคุณค่า (Value)	ผลงานไม่มีประโยชน์ ไม่มีความจำเป็น และไม่มี ความสำคัญกับการดำเนินชีวิต	ผลงานมีประโยชน์ แต่ไม่มีความจำเป็น หรือไม่มี ความสำคัญกับการดำเนินชีวิต	ผลงานมีประโยชน์ มีความจำเป็น และมีความสำคัญกับการดำเนินชีวิต
	6. ความเข้าใจ (Understandability)	เมื่อชมผลงานแล้ว ผลงานไม่สามารถสื่อความหมายว่าคือสิ่งใด และไม่สามารถสื่อถึงวิธีการนำไปใช้	เมื่อชมผลงานแล้ว ทราบว่าคือสิ่งใด แต่ไม่สื่อถึงวิธีการนำไปใช้	เมื่อชมผลงานแล้ว ทราบว่าคือสิ่งใด และสื่อถึงวิธีการนำไปใช้ให้เข้าใจได้ง่าย
3. ความ ประณีตและการ สร้างสรรค์สิ่ง ใหม่ (Elaboration and Synthesis)	7. คุณภาพ (Organic qualities)	ผลงานไม่เสร็จสมบูรณ์ และไม่มีประสิทธิภาพ และมาตรฐานตามที่ต้องการ	ผลงานเสร็จแต่ไม่สมบูรณ์ทุกส่วน ต้องมีการออกแบบหรือปรับปรุงอุปกรณ์บางส่วน จึงจะทำให้มีประสิทธิภาพ และมาตรฐานตามที่ต้องการ	ผลงานเสร็จสมบูรณ์ทุกส่วน มีประสิทธิภาพ และมาตรฐานตามที่ต้องการ

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน		
		0	1	2
3. ความ ประณีตและการ สร้างสรรค์สิ่ง ใหม่ (Elaboration and Synthesis)	8. ความประณีต (Well-crafted)	ผลงานไม่มีความ พิถีพิถัน ไม่มี รายละเอียด และ แสดงถึงความไม่ ตั้งใจทำผลงานหรือ การทำงานอย่างเร่ง รีบ	ผลงานมีความ พิถีพิถันและมี รายละเอียด บางส่วน	ผลงานมีความ พิถีพิถัน มีความ ละเอียด และ แสดงถึงความ ตั้งใจทำผลงาน อย่างดี
3. ความ ประณีตและการ สร้างสรรค์สิ่ง ใหม่ (Elaboration and Synthesis)	9. ความสวยงาม (Elegance)	ผลงานไม่มีความ สวยงาม ดึงดูดใจ และไม่ทำให้เกิด ความเพลิดเพลิน	ผลงานมีความ สวยงาม ดึงดูดใจ แต่ไม่ทำให้เกิด ความเพลิดเพลิน ส่วนประกอบของ งานดูไม่กลมกลืน กัน	ผลงานมีความ สวยงาม ส่วนประกอบของ งานมีความ กลมกลืนกัน ดึงดูดใจ และทำ ให้เกิดความ เพลิดเพลิน

2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินคุณภาพผลงาน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา 3 คน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการคำถามกับองค์ประกอบ (Index of Item - Objective congruence: IOC) เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และเลือกรายการคำถามที่มีค่าดัชนี IOC มากกว่า 0.50 ขึ้นไป (ณัฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) ผลการตรวจสอบ พบว่า แบบประเมินคุณภาพมีดัชนี IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 และมีคะแนนเฉลี่ยของความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมิน เท่ากับ 1.00 จึงถือว่าแบบประเมินมีเกณฑ์การให้คะแนนที่เหมาะสม

3. แก้ไขแบบประเมินคุณภาพผลงานตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4. วิเคราะห์ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) โดยการนำคะแนนที่ได้จากการตรวจของผู้ประเมิน 3 คน มาหาค่าสัมประสิทธิ์ kappa ของ Fleiss โดยผู้ประเมินต้องเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หรือมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) เช่น มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาเป็นฐาน (Problem Base Learning)

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project Base Learning) หรือมีประสบการณ์ในการเป็นที่ปรึกษาโครงงานหรือนวัตกรรมของนักเรียนอย่างน้อย 5 ปี ผลการวิเคราะห์ พบว่า คะแนนที่ได้จากการตรวจของผู้ประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เท่ากับ 0.884 แสดงว่าผู้ประเมินมีการให้คะแนนที่สอดคล้องกันในระดับดี

7) แบบสัมภาษณ์ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลองเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพควบคู่กับการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพได้แก่ แบบสัมภาษณ์กึ่งมีโครงสร้างของผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งมีการตรวจสอบคุณภาพของแบบสัมภาษณ์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาจากความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ และประเด็นในการสัมภาษณ์ (Index of Item - Objective congruence: IOC) พบว่า ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีค่าดัชนี IOC เท่ากับ 1.00 ในทุกประเด็น ซึ่งมากกว่า 0.50 จึงถือว่าแบบสัมภาษณ์มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

นอกจากนี้ วิธีการและเทคนิคในการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้างรายบุคคล นอกชั้นเรียน เนื่องจากอาจมีคำตอบที่หลากหลาย และเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านความคิด ความรู้สึก หรือทัศนคติของผู้เรียน โดยการถามทีละประเด็น เริ่มจากการให้ความเป็นกันเองและชวนสนทนาเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน และแจ้งผู้เรียนว่าการสัมภาษณ์ในครั้งนี้ไม่มีผลกระทบทางลบต่อผลการประเมินกิจกรรมการเรียนการสอน ระหว่างสัมภาษณ์มีการจดบันทึกผลการสัมภาษณ์ตลอดเวลา และเมื่อสัมภาษณ์จบแจ้งให้ผู้เรียนทราบอีกครั้งว่าการสัมภาษณ์ครั้งนี้จะเป็นความลับ และจะไม่ถูกเผยแพร่ ซึ่งมีประเด็นสัมภาษณ์ ดังนี้

1. นักเรียนมีความพึงพอใจกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหรือไม่ อย่างไร
2. ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นอย่างไร
3. การใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระในการเรียนรู้

ความยืดหยุ่นผูกพันในการเรียน และมีทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นหรือไม่ อย่างไร

4. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม 2566 โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. ติดต่อโรงเรียนที่ต้องการเลือกเป็นตัวอย่างวิจัยเบื้องต้น และประสานงานถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

2. ติดต่อขอเอกสารขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. ส่งเอกสารขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยไปให้โรงเรียน และประสานงานกับโรงเรียนเกี่ยวกับระดับชั้น วัน-เวลา สถานที่ และวิธีการดำเนินการวิจัย

4. ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 และลงทะเบียนเรียนรายวิชาสนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้แบบแผนกึ่งการทดลอง Nonrandomized control group pretest-posttest design แบ่งตัวอย่างวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ และกลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ และมีขั้นตอนในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1) เตรียมนักเรียนก่อนการเรียน โดยผู้สอนแนะนำวัตถุประสงค์ของรายวิชา วิธีการเรียน การวัดประเมินผล และดำเนินการ และให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการของสะเต็มศึกษา

4.2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง ได้แก่ 1) ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 2) ความเป็นอิสระของผู้เรียน 3) ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน และ 4) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

4.3) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียน ในระหว่างการทดลองจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการประเมินผลงาน และการเก็บรวบรวมเชิงคุณภาพ จากการสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนการสัมภาษณ์

4.4) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน ได้แก่ 1) ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 2) ความเป็นอิสระของผู้เรียน 3) ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และ 4) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ตาราง 18 การเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แผนการทดลอง	การเก็บรวบรวมข้อมูล	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
ก่อนการทดลอง	1. ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา
	2. ความเป็นอิสระของผู้เรียน	แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน
	3. ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน	แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน
	4. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
ระหว่างการทดลอง	1. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	แบบประเมินคุณภาพผลงาน
	2. การสัมภาษณ์เกี่ยวกับผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน	แบบสัมภาษณ์ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
หลังการทดลอง	1. ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา
	2. ความเป็นอิสระของผู้เรียน	แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน
	3. ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน	แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน
	4. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแบบประเมินคุณภาพผลงาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ มีรายละเอียด ดังนี้

1) ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาหรือพิสัยพิจารณาจากความสอดคล้องของข้อความแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ (Index of Item - Objective congruence: IOC)

2) ความยากง่ายของข้อสอบอัตนัย คำนวณได้จากสูตรของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney, D.R. & Sabers, D.L., 1970 อ้างถึงใน ศันสนีย์ ยอดดำเนิน, 2563)

3) อำนาจจำแนกของข้อสอบอัตนัย คำนวณได้จากสูตรของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney, D.R. & Sabers, D.L., 1970 อ้างถึงใน ศันสนีย์ ยอดดำเนิน, 2563)

4) ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายในตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

5) ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์ kappa ของ Fleiss และมีเกณฑ์ในการแปลความหมายค่า Fleiss' kappa มีดังนี้ (Landis & Koch, 1977)

น้อยกว่า 0.00	ไม่มีความสอดคล้อง
0.00 - 0.20	มีความสอดคล้องต่ำ
0.21 - 0.40	มีความสอดคล้องพอใช้
0.41 - 0.60	มีความสอดคล้องปานกลาง
0.61 - 0.80	มีความสอดคล้องสูง
0.81 - 1.00	มีความสอดคล้องสูงมาก

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

1) วิเคราะห์สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis) ดังนี้

2.1 การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร (Multivariate Normal Distribution) สามารถตรวจสอบด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test

2.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรตาม (Linearity) สามารถตรวจสอบด้วยสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ของตัวแปรตาม

2.3 การตรวจสอบเมตริกความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Homogeneity of Variance Covariance Matrices) สามารถทดสอบได้จากสถิติทดสอบ Box's M

3) วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ ใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T^2

4) วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หลังการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T^2

ระยะที่ 4 การพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (D₂)

การจัดทำคู่มือรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยนำข้อมูลจากการทดลองใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระยะที่ 3 มาปรับปรุงและพัฒนาให้เป็นแนวทางการบูรณาการการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนสำหรับครูในการนำไปประยุกต์ใช้ในห้องเรียนจริง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 2) เพื่อประเมินคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และ 3) เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาศภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 3 ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 4 ผลการพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของ โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ผลการศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต โดยผู้วิจัยสัมภาษณ์ครูโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ซึ่งมีประสบการณ์การสอนรายวิชาที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน และใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ทำให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการวัดประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในบริบทโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ซึ่งนำไปสู่การพัฒนา รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ดังนี้

1.1 สภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบัน

การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบันส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning: AfL) เป็นการประเมินความรู้ระหว่างเรียนโดยครูเป็นผู้ประเมินหลัก และดำเนินการประเมินตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เพื่อนำไปสรุปผลการเรียนรู้ของนักเรียน (Assessment of Learning: AoL) ส่วนผู้เรียนดำเนินการคิด วิเคราะห์ตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา และจะได้ข้อมูลย้อนกลับจากครูผู้สอนเป็นหลัก ดังนั้น การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มปัจจุบันอาจทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนากระบวนการคิด และการทำงาน ในด้านความรู้และทักษะ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน แต่อาจจะยังไม่นำผู้เรียนไปสู่กระบวนการรู้คิดหรืออภิปัญญา นั่นคือการกำกับติดตาม การเรียนรู้ของตนเองด้วยตนเอง โดยปราศจากการกำกับจากบุคคลภายนอก นอกจากนี้ ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบัน คือ ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นกับตนเองและผู้อื่น แต่จะได้ข้อมูลย้อนกลับจากครูเป็นหลัก เป็นการรับรู้ความสามารถของตนเองผ่านช่องทางเดียว ดังนั้น ครูควรมีการสอนหรือฝึกผู้เรียนให้เกิดการกำกับตนเองและให้ข้อมูลย้อนกลับกับตนเองตั้งแต่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เช่น การส่งเสริมการประเมินตนเองและประเมินเพื่อน เพื่อให้เกิดการกล้าแสดงความคิดเห็น ให้ผู้เรียนสะท้อนคิดเพื่อวิเคราะห์ตนเองผ่านงานของตนเองและผู้อื่นเพื่อให้ได้มุมมองที่หลากหลายในการพัฒนาตนเอง ซึ่งการวัดประเมินตนเองนี้ควรให้ผู้เรียนทำบ่อยครั้งและมีร่องรอยหลักฐานการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง และนำไปสู่การพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังคำกล่าวต่อไปนี้

“การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบันส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพราะเป็นการประเมินแบบ *formative* ตลอดทาง ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ เนื่องจากนักเรียนจะได้ข้อมูลย้อนกลับหลังจากการนำเสนอในหลากหลายแง่มุมและหลากหลายมิติ รวมถึงได้วิเคราะห์ เพื่อปรับปรุง พัฒนาและต่อยอดงานของตนเองได้ นอกจากนี้ ยังสามารถต่อยอดกระบวนการคิดวิเคราะห์ไปปรับใช้กับการเรียนรู้ในวิชาอื่นๆ ได้ แต่นักเรียนบางคนไม่กล้าแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานของเพื่อน”

(ครูคนที่ 1, สัมภาษณ์, 10 ตุลาคม 2565)

“การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบันส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากการให้ข้อมูลย้อนกลับทำให้นักเรียนรู้สิ่งที่ควรพัฒนา ข้อดีและข้อบกพร่องของการทำงาน และช่วยพัฒนาทักษะในการเรียนรู้การทำงาน การคิดอย่างมีแบบแผนและเป็นระบบ นอกจากนี้ การให้ข้อมูลย้อนกลับจากครูยังเป็นข้อมูลที่ทำให้นักเรียนบางคนทราบระดับความสามารถที่แท้จริงของตนเอง เพราะมีนักเรียนบางคนประเมินระดับความสามารถของตนเองสูงเกินไป และไม่ทราบข้อจำกัดของตนเอง จึงทำให้การพัฒนาเป็นไปได้ช้า โดยควรฝึกให้นักเรียนประเมินตนเองและประเมินเพื่อนเพื่อเพิ่มทักษะในการรับรู้ความสามารถของตนเอง”

(ครูคนที่ 2, , สัมภาษณ์, 12 ตุลาคม 2565)

“การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบันส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้นักเรียนมีความคิดและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนางาน ข้อดี ข้อจำกัดของงาน และการวิพากษ์เชิงสร้างสรรค์ รวมทั้งส่งเสริมอัตลักษณ์ในการคิดและสร้างสรรค์งานเชิงนวัตกรรมในการแก้ปัญหาทักษะในศตวรรษที่ 21 นั่นคือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะการสื่อสาร ซึ่งควรให้ประสบการณ์เหล่านี้ตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น”

(ครูคนที่ 3, สัมภาษณ์, 14 ตุลาคม 2565)

“การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบันส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน กระบวนการทำงาน ความตั้งใจในการทำงาน การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน กระบวนการคิด ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นทักษะติดตัวนักเรียนไปตลอด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงและการทำงานร่วมกับผู้อื่น แต่ไม่มีการส่งเสริมด้านเนื้อหา”

(ครูคนที่ 4, สัมภาษณ์, 14 ตุลาคม 2565)

“การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบันส่งเสริมส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน กระตุ้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และทำให้นักเรียนสามารถได้ประสบการณ์จริงจากการเรียนรู้ แต่ต้องทำอย่างต่อเนื่อง จริงจัง และมีเวลาที่เพียงพอ”

(ครูคนที่ 5, สัมภาษณ์, 24 ตุลาคม 2565)

1.2 ความเหมาะสมของการนำการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีความเหมาะสมสำหรับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เนื่องจาก การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นการวัดประเมินระหว่างเรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถกำกับกับการเรียนรู้ของตนเองได้ และช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการการทำงาน การคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นแบบแผน และทำให้ผู้เรียนสามารถนำกระบวนการคิดที่ได้จากการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ ดังคำกล่าวต่อไปนี้

“การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สามารถทำให้ผู้เรียนกำกับกับการเรียนรู้ของตนเอง และสามารถนำกระบวนการคิดที่ได้จากการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ไปใช้ในการเรียนในอนาคตได้”

(ครูคนที่ 1, สัมภาษณ์, 10 ตุลาคม 2565)

“การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการเชิงวิศวกรรม การคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นแบบแผนในการทำงาน การสังเกต การแก้ไขปัญหา การสื่อสาร ทั้งนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการในการเรียนรู้และติดตัวไปใช้ในการเรียนรู้วิชาอื่นๆ หรือการเรียนรู้สิ่งต่างๆ ในชีวิตประจำวัน”

(ครูคนที่ 2, สัมภาษณ์, 12 ตุลาคม 2565)

“อาจจะเหมาะสมและไม่เหมาะสม ถ้าทำการวัดประเมินบ่อยครั้งอาจจะไม่ดี และจะเพิ่มภาระของนักเรียน เพราะมีข้อจำกัดด้านเนื้อหา เวลา และ กิจกรรม แต่ถ้าทำการวัดประเมินในแต่ละหน่วยอาจจะดี และส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนในหลายๆ ด้าน”

(ครูคนที่ 5, สัมภาษณ์, 24 ตุลาคม 2565)

1.3 การประยุกต์ใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการวัดประเมินการเรียนรู้

รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาควรมุ่งเน้นการวัดประเมินการปฏิบัติงานเพื่อพัฒนาผู้เรียนผ่านการวิเคราะห์ตนเองจากการได้รับข้อมูลย้อนกลับจากหลากหลายแหล่ง เช่น การวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินโดยเพื่อน และการวัดประเมินโดยครู ซึ่งการวัดประเมินแต่ละครั้งควรมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคและควรมีการให้เหตุผลประกอบการประเมิน เพื่อให้เกิดความเป็นปณัยในการวัดประเมิน นอกจากนี้ ผู้เรียนควรได้วิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองผ่านการเขียนสะท้อนคิด หรือจากการใช้คำถามสะท้อนคิดของครูเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของตนเอง รวมทั้งควรจดบันทึกข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากครูและเพื่อน และเขียนบันทึกการเรียนรู้ เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาการทำงานของตนเอง ดังคำกล่าวต่อไปนี้

“กระบวนการวัดประเมินแต่ละครั้ง ประกอบด้วย การวัดประเมินตนเอง เป็นการให้นักเรียนพูดเกี่ยวกับความสามารถของตนเอง เช่น นักเรียนทำสิ่งใดได้ดีแล้ว ควรเพิ่มหรือปรับปรุงสิ่งใด การวัดประเมินโดยเพื่อน เป็นการประเมินตามประเด็นที่ครูผู้สอนกำหนด และการวัดประเมินโดยครู มุ่งเน้นการวัดประเมินความก้าวหน้าในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ซึ่งจะทำการวัดประเมิน 4-5 ครั้งต่อภาคการศึกษา”

(ครูคนที่ 1, สัมภาษณ์, 10 ตุลาคม 2565)

“มุ่งเน้นการวัดประเมินพัฒนาการระหว่างการทำงาน โดยครูผู้สอนจะเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นหลัก และนักเรียนจะต้องมีการจดบันทึกข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปพัฒนาตนเองทุกครั้ง นอกจากนี้ ยังมีการวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินโดยเพื่อน และการวัดประเมินโดยครู ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค และคะแนนจากการวัดประเมินโดยครูจะมีสัดส่วนมากที่สุด”

(ครูคนที่ 2, สัมภาษณ์, 12 ตุลาคม 2565)

“การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้”ไปบูรณาการในการวัดประเมินระหว่างเรียน ควรมีการวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินโดยเพื่อน และการวัดประเมินโดยครู ซึ่งควรเป็นการวัดประเมินที่ให้เหตุผลประกอบ มีการจดบันทึกการให้ข้อมูลย้อนกลับและรายงานผลการวัดประเมินอย่างเป็นระบบทันที อีกทั้งควรมีการให้นักเรียนเขียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงานของตนเอง”

(ครูคนที่ 3, สัมภาษณ์, 14 ตุลาคม 2565)

“การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้”ไปใช้ในการวัดประเมินแบบ *formative* แต่ไม่ควรนำมาใช้ในการวัดประเมินมากเกินไป เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการเรียนการสอน โดยวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ควรนำมาใช้ ได้แก่ การวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินโดยเพื่อน การวัดประเมินโดยครู การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ ซึ่งควรมีเกณฑ์การประเมินแบบรูปรีด โดยมุ่งเน้นการวัดประเมินความสามารถในการปฏิบัติ ควรทำการประเมินหลังทำกิจกรรมทุกครั้ง แต่ไม่จำเป็นต้องให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันที ควรให้ผู้เรียนวิเคราะห์งานของกลุ่มอื่นเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนางานของตนเอง นอกจากนี้ควรให้มีการเขียนสะท้อนคิดหรือร่องรอยหลักฐานการเรียนรู้ของตนเอง”

(ครูคนที่ 4, สัมภาษณ์, 14 ตุลาคม 2565)

“ควรมีการวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินโดยเพื่อน และการวัดประเมินโดยครู โดยมุ่งเน้นการวัดประเมินความสามารถในการปฏิบัติและนักเรียนควรมีส่วนร่วมในการคิดเกณฑ์การประเมินด้วยตนเอง อีกทั้งควรมีการวัดประเมินเชิงคุณภาพเพื่อให้การวัดประเมินมีความยืดหยุ่น ควรมีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนคิดหาคำตอบ การให้ข้อมูลย้อนกลับ และควรมีการให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเองโดยใช้คำถาม และควรเป็นการวัดประเมินโดยการให้สถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน”

(ครูคนที่ 5, สัมภาษณ์, 24 ตุลาคม 2565)

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบ

สะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการพัฒนาและประเมินคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รายละเอียด ดังนี้

2.1 ผลการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (R₁)

2.1.1 ผู้วิจัยร่างรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ การวัดประเมินฐานสมรรถนะของผู้เรียนเพื่อรวบรวมข้อมูลสำรวจและค้นหาปัจจัยหรือวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้ในห้องเรียนเชิงปฏิบัติ ภายใต้บริบทการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมกับหลักสูตรฐานสมรรถนะในบริบทการศึกษาไทย รวมถึงศึกษาผลที่ได้จากการสัมภาษณ์อาจารย์ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระยะที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดสรุปได้ ดังตาราง

ตาราง 19 สรุปสาระสำคัญของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ฯ

ประเด็น	สาระสำคัญของ รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ฯ	แหล่งอ้างอิง
การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ควรเป็นการวัดประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) จากการประเมินผลการปฏิบัติงาน (Performance-based assessments) ซึ่งเป็นการวัด ประเมินการบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ ความสามารถในการปฏิบัติหรือสร้างผลงาน โดยการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 1) ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 2) คุณลักษณะ ได้แก่ ความเป็นอิสระของผู้เรียน และ	การ สังเคราะห์ เอกสารและ งานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง

ประเด็น	สาระสำคัญของ	แหล่งอ้างอิง
	รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ฯ	
	ความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน 3) ทักษะกระบวนการ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	
วิธีการวัดประเมินเป็น การเรียนรู้	วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ แบบสะสมเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีดังนี้ 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ หมายถึง การใช้คำถามของผู้สอนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดทบทวน และตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง 2) การวัดประเมินตนเอง หมายถึง การกำหนดสถานการณ์และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนวัดประเมิน การเรียนรู้ของตนเองเพื่อให้ผู้เรียนได้ข้อมูลย้อนกลับ จากการพิจารณาคุณภาพของงานนั้นๆ 3) การวัดประเมินเพื่อน หมายถึง การกำหนด สถานการณ์และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนวัดประเมิน การเรียนรู้ของเพื่อนเพื่อให้ผู้เรียนได้ข้อมูลย้อนกลับ จากการพิจารณาคุณภาพของงานนั้นๆ 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด หมายถึง การเขียนข้อความสั้นๆ เพื่อสะท้อนหรือทบทวน กระบวนการคิดและความรู้สึกของตนเองขณะเรียนรู้ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) หมายถึง การบันทึกผลการเรียนรู้ของตนเองหลังเรียน หรือหลังทำกิจกรรม เพื่อสะท้อนและทบทวนการ เรียนรู้ของตนเอง รวมถึงเป็นการวัดประเมินการ เรียนรู้ของตนเอง	การ สังเคราะห์ เอกสารและ งานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง

ประเด็น	สาระสำคัญของ รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ฯ	แหล่งอ้างอิง
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Related Information Search) 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement) 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Presentation)	การ สังเคราะห์ เอกสารและ งานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง
บทบาทครู	ครูควรมีบทบาทในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังนี้ 1) วัดประเมินก่อนเรียนเพื่อตรวจสอบจุดมุ่งหมายในการเรียนของผู้เรียนและผู้สอน แรงจูงใจในการเรียน ความคาดหวังจากรายวิชา และทำความเข้าใจกับผู้เรียน 2) สร้างความเข้าใจร่วมกันกับผู้เรียนเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายของรายวิชา และการวัดประเมินของรายวิชา 3) อธิบายจุดมุ่งหมายและความสำคัญของการวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินเพื่อน การเขียนสะท้อนคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ 4) ให้ผู้เรียนวิเคราะห์และประเมินตนเองก่อนเรียนเกี่ยวกับการวิเคราะห์ วางแผน และแก้ปัญหา ตาม	การสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็น	สาระสำคัญของ รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ฯ	แหล่งอ้างอิง
	สถานการณ์ที่กำหนด 5) ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาประกอบด้วยทั้ง 6 ขั้นตอน 6) ประเมินผลงานนักเรียนตามแบบประเมินคุณภาพผลงาน 7) ให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับผลการประเมินตนเอง ผลการประเมินโดยเพื่อน และผลการประเมินโดยครู	
บทบาทนักเรียน	1) วัดประเมินตนเอง และวัดประเมินเพื่อน ตามเกณฑ์การประเมินแบบรูบริค 2) เขียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง โดยมีประเด็นในการเขียน ดังนี้ 2.1 นักเรียนมีความพึงพอใจกับผลงานของตนเองอย่างไรบ้าง 2.2 หลังจบกิจกรรมนักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง 2.3 หลังจบกิจกรรมนักเรียนต้องเรียนรู้และพัฒนาสิ่งใดเพิ่มเติมบ้าง 2.4 เมื่อนักเรียนมีอุปสรรคในการทำกิจกรรม/การเรียนรู้ นักเรียนทำอย่างไร 2.5 นักเรียนมีการวางแผนในการพัฒนาตนเองอย่างไร 3) จัดบันทึกข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากครูผู้สอน	การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

2.1.2 ผลการสร้างรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีรายละเอียด ดังนี้

1) การชี้แจงและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการวัดประเมินผล (ก่อนการเรียนการสอนครั้งเดียว) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1.1) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาจุดมุ่งหมายของการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน

1.2) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาเกณฑ์การประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน

1.3) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนผลงานในด้านต่างๆ เช่น ด้านความคุ้มค่า ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคงทน ด้านความเหมาะสมและความเป็นไปได้ และเวลาที่ใช้ในการทำงาน เป็นต้น

2) กิจกรรมการเรียนการสอน จำนวน 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมอุปกรณ์คัดแยกขนาด กิจกรรมกังหันผลิตไฟฟ้า และกิจกรรมเรือชูชีพ แต่ละกิจกรรมใช้เวลา 4 คาบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการขึ้นรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอนเป็นหลัก แล้วพิจารณาวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่เป็นไปได้ในแต่ละขั้นตอน โดยพิจารณาถึงความเหมาะสม และความเป็นไปได้ของกิจกรรม และระยะเวลาที่จะสามารถนำไปใช้ได้จริงในชั้นเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 20 และรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในแต่ละกิจกรรม มีรายละเอียดเกี่ยวกับบทบาทครู บทบาทนักเรียน การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ เวลา และสื่อการเรียนรู้และอุปกรณ์ ดังตารางที่ 21

ตาราง 20 รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คาบ ที่	กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม	วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้				
		การใช้คำถาม ตรวจสอบการ เรียนรู้	การวัด ประเมิน ตนเอง	การวัด ประเมิน เพื่อน	การเขียน ข้อความ สะท้อนการคิด	การเขียน บันทึกการ เรียนรู้
1-2	1) ระบุปัญหา	✓	✓			
	2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	✓			✓	
	3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	✓	✓		✓	
3-4	4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา		✓	✓	✓	
	5) ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา				✓	
	6) นำเสนอ		✓	✓		
	หลังจบกิจกรรม					✓

ตาราง 21 รายละเอียดรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในแต่ละกิจกรรม

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
1) ระบุ ปัญหา	1. กำหนด สถานการณ์ ปัญหาให้ นักเรียน ศึกษาจาก คลิปวีดิทัศน์ และบทความ	1. ศึกษา สถานการณ์ ปัญหาที่ครู กำหนดให้	1. ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบ การเรียนรู้ ดังนี้ 1.1) จากสถานการณ์ที่ กำหนดให้ ปัญหาและความ ต้องการคืออะไร 1.2) จากสถานการณ์ที่ กำหนดให้ ปัญหาที่เกิดขึ้นมี ความสำคัญกับชีวิตประจำวัน อย่างไรบ้าง 1.3) ข้อจำกัดในการ แก้ปัญหาคืออะไรบ้าง 1.4) ถ้านักเรียนต้องการ แก้ปัญหา ต้องพิจารณาถึง ปัจจัยใดบ้าง 1.5) ถ้านักเรียนต้องการ สร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรม เพื่อแก้ปัญหา นักเรียนจะทำ อย่างไร	10	1. วีดิทัศน์ 2. Power point 3. เอกสาร ประกอบการ สอน
	2. กำหนด อุปกรณ์และ เงื่อนไขในการ สร้างผลงาน	2. สรุปปัญหา จากสถานการณ์ และจุดบันทึกผล เอกสาร ประกอบการ สอน	2. ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนประเมินตนเอง ดังนี้ 1.4) นักเรียนคิดว่าปัญหาที่ เกิดขึ้นจะสามารถแก้ไขได้ หรือไม่ อย่างไร		

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
2) รวบรวม ข้อมูลที่ เกี่ยวข้อง	1. มอบหมาย ให้นักเรียน ค้นคว้าหา ข้อมูล เกี่ยวกับวิธี แก้ปัญหา และตัวอย่าง การแก้ปัญหา	1. ศึกษาค้นคว้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กับวิธีแก้ปัญหา และตัวอย่างการ แก้ปัญหาจาก อินเทอร์เน็ต 2. บันทึกข้อมูล การศึกษา ค้นคว้าเกี่ยวกับ วิธีแก้ปัญหา และตัวอย่างการ แก้ปัญหา	1. ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบ การเรียนรู้ ดังนี้ 1.1) การสร้างผลงานเพื่อ แก้ปัญหาต้องคำนึงถึงปัจจัย ใดบ้าง 1.2) การแก้ปัญหาในอดีตรมี วิธีการใดบ้าง และการ แก้ปัญหาดังกล่าวสามารถ ตอบจุดประสงค์ได้หรือไม่ 1.3) การแก้ปัญหาในอดีตรมี จุดแข็ง จุดอ่อน และจุดที่ต้อง พัฒนาอย่างไรบ้าง 1.4) การแก้ปัญหาดังกล่าว ต้องใช้ กลยุทธ์ หลักการหรือวิธีการ ใดบ้าง 1.5) จากการสืบค้นข้อมูล ควรใช้วัสดุที่มีลักษณะอย่างไร	20	อุปกรณ์พกพา ส่วนตัว ได้แก่ โทรศัพท์ มือถือ แท็บเล็ต ไอแพด
	2. ครูกำหนด ประเด็น คำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียน สะท้อนคิด	3. นักเรียนเขียน สะท้อนคิดตาม ประเด็นที่ครู กำหนด	2. ครูตั้งประเด็นให้นักเรียน เขียนสะท้อนคิด ดังนี้ 2.1) นักเรียนคิดว่าปัจจัยใด ที่จะทำให้การแก้ไขปัญหานี้ สำเร็จ 2.2) นักเรียนต้องการความ ช่วยเหลือจากครูอย่างไรบ้าง 2.3) นักเรียนได้เรียนรู้อะไร จากการรวบรวมข้อมูลที่ เกี่ยวข้อง		

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
3) ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา	1. ครู มอบหมายให้ นักเรียนแต่ละ คนออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา อภิปราย แนวคิดของ ตนเอง และ ระดม ความคิด ภายในกลุ่ม ตนเอง	1. ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา พร้อมวาด ภาพประกอบ โดยคำนึงถึง ปัจจัย เงื่อนไข อุปกรณ์ และ ข้อจำกัดในการ สร้างสรรค์ ผลงาน	1. ครูใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียน ตรวจสอบการเรียนรู้ ดังนี้ 1.1) จากการรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวข้อง นักเรียนคิดว่าเป็น ประโยชน์ในการออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาหรือไม่ 1.2) นักเรียนใช้หลัก วิทยาศาสตร์ใดบ้างในการ สร้างผลงาน	30	เอกสาร ประกอบการ สอน
	2. ครูกำหนด ประเด็น คำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียน สะท้อนคิด	3. นักเรียนเขียน สะท้อนคิดตาม ประเด็นที่ครู กำหนด	2. ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนประเมินตนเอง ดังนี้ 2.1) นักเรียนสามารถ ดัดแปลงแนวคิดการออกแบบ นวัตกรรมโดยใช้เทคนิคสร้าง ความคิดสร้างสรรค์ SCAMPER ได้หรือไม่ อย่างไร 3. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียนสะท้อนคิด ดังนี้ 3.1) ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้น เพียงพอกับการออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่ เพียงพอขาดข้อมูลใด 3.2) เมื่อออกแบบวิธีการ แก้ปัญหาเสร็จแล้วมี ความรู้สึกละอย่างไร		

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
4) วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา (สัปดาห์ที่ 1)	1. ครู มอบหมายให้ นักเรียนแต่ละ คนพิจารณา และอภิปราย แนวคิดของ ตนเอง พร้อม ลงความเห็น เกี่ยวกับการ ดำเนินการ แก้ปัญหาของ กลุ่มตนเอง	1. อภิปรายและ ระดมความคิด เพื่อให้ได้แนวคิด ในการแก้ปัญหา ที่ดีที่สุด 2. วาดภาพ วิธีการแก้ปัญหา/ ผลงานพร้อมระบุ อุปกรณ์ 3. วางแผนการ ทำงาน และ มอบหมายหน้าที่ ของแต่ละคนใน กลุ่ม	1. ครูตั้งประเด็นคำถามให้ นักเรียนประเมินตนเองและ ประเมินเพื่อน โดยการ พิจารณาและลงความเห็นงาน ในกลุ่มของตนเอง ดังนี้ 1.1) แนวคิดของใครเหมาะสม ที่จะนำมาแก้ปัญหามากที่สุด 1.2) นักเรียนจะพัฒนาหรือ ปรับปรุงงานจากแนวคิดหลัก หรือไม่ อย่างไร	30	เอกสาร ประกอบการ สอน

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
4) วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา (สัปดาห์ที่ 2)	1. ให้ความ ช่วยเหลือ ระหว่าง นักเรียนสร้าง ผลงาน กระตุ้นให้ นักเรียน ทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งดูแล ความ เรียบร้อยและ ความ ปลอดภัย ระหว่างการ ทำกิจกรรม	1. สร้างสรรค์ และทดสอบ ผลงานของกลุ่ม ตนเอง	1. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียนสะท้อนคิด ดังนี้ 1.1) เมื่อดำเนินการ สร้างสรรค์ผลงานเพื่อ แก้ปัญหาเสร็จแล้ว นักเรียน รู้สึกอย่างไร 1.2) นักเรียนพึงพอใจกับ การดำเนินการแก้ปัญหานี้ หรือไม่ 1.3) ถ้านักเรียนไม่พึงพอใจ จะแก้ไขอย่างไร	60	1. อุปกรณ์ การสร้างสรรค์ ผลงานตามที่ ครูกำหนด 2. เอกสาร ประกอบการ สอน
	2. ครูกำหนด ประเด็น คำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียน สะท้อนคิด	2. นักเรียนเขียน สะท้อนคิดตาม ประเด็นที่ครู กำหนด			

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
5) ทดสอบ ประเมินและ ปรับปรุงแก้ไข วิธีการ แก้ปัญหา	1. นำ อภิปราย ตารางบันทึก ผลการ ทดสอบ และ กำหนด ประเด็น คำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียน สะท้อนคิด	1. ระดมความคิด ในการออกแบบ ตารางบันทึกผล การทดสอบ	1. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียน เขียนสะท้อนคิด ดังนี้ 1.1) นักเรียนคิดว่าผลงาน ของนักเรียนสามารถนำไป แก้ปัญหาได้จริงหรือไม่ อย่างไร 1.2) นักเรียนคิดว่าผลงาน ของกลุ่มตนเองมีประสิทธิภาพ อย่างไร เมื่อเทียบกับคะแนนที่ ได้	20	อุปกรณ์พกพา ส่วนตัว ได้แก่ โทรศัพท์ มือถือ แท็บเล็ต ไอแพด
	2. อำนวย ความสะดวก ในการ ทดสอบ	2. ทดสอบและ บันทึกผลการ ทดสอบผลงาน ของแต่ละกลุ่ม	1.3) ผลงานของกลุ่มตนเอง มีข้อดี และข้อจำกัดอย่างไร บ้าง 1.4) การทำงานของกลุ่ม ตนเองมีข้อบกพร่องอย่างไร บ้าง 1.5) นักเรียนมีแนวทางการ พัฒนาผลงานของกลุ่มตนเอง อย่างไร 1.6) จากกิจกรรมนี้ นักเรียน สามารถนำความรู้ได้ไป ประยุกต์ใช้อย่างไรได้บ้าง		
	3. ครูสร้าง แบบประเมิน (ออนไลน์และ ส่ง Link ให้ นักเรียน ประเมิน)	3. ประเมินผล งานของกลุ่ม ตนเองตาม เกณฑ์ที่พิจารณา ร่วมกัน (ผ่าน แพลตฟอร์ม ออนไลน์)			

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
6) นำเสนอ	1. ดูแลความ เรียบร้อยใน การนำเสนอ ผลงานและ ผลการ ทดสอบของ แต่ละกลุ่ม	1. นำเสนอ ผลงานและผล การทดสอบของ กลุ่มตนเอง	1. นักเรียนประเมินตนเองโดย การให้คะแนนตามเกณฑ์การ ประเมินที่ตกลงร่วมกัน พร้อม ระบุเหตุผลของการให้คะแนน 2. นักเรียนประเมินเพื่อนโดย การให้คะแนนตามเกณฑ์การ ประเมินที่ตกลงร่วมกัน พร้อม ระบุเหตุผลของการให้คะแนน	20	อุปกรณ์พกพา ส่วนตัว ได้แก่ โทรศัพท์ มือถือ แท็บเล็ต ไอแพด
	2. ครูสร้าง แบบประเมิน (ออนไลน์และ ส่ง Link ให้ นักเรียน ประเมิน)	2. ประเมิน ตนเองและ ประเมินเพื่อน (ผ่าน แพลตฟอร์ม ออนไลน์)			

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
หลังจบ กิจกรรม	1. ประเมิน คุณภาพ ผลงานของแต่ละ กลุ่ม	1. เขียนบันทึก การเรียนรู้ของ ตนเอง	1. ครูให้ผู้เรียนเขียนบันทึกการ เรียนรู้ของตนเองรายบุคคล โดยมีประเด็นในการเขียน ดังนี้ 1.1) นักเรียนมีความพึง พอใจกับผลงานของกลุ่ม ตนเองอย่างไรบ้าง 1.2) สิ่งที่ตนเองทำได้ ระหว่างทำกิจกรรมมีอะไรบ้าง 1.3) ข้อบกพร่องของตนเอง ระหว่างทำกิจกรรมมีอะไรบ้าง 1.4) หลังจบกิจกรรม นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง 1.5) นักเรียนสามารถนำ ความรู้ไปประยุกต์ใน ชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง 1.6) หลังจบกิจกรรม นักเรียนต้องเรียนรู้และพัฒนา สิ่งใดเพิ่มเติมบ้าง 1.7) นักเรียนมีการวางแผน ในการพัฒนาตนเองอย่างไร	(นอก เวลา เรียน)	อุปกรณ์พจนาน ส่วนตัว ได้แก่ โทรศัพท์ มือถือ แท็บเล็ต ไอแพด

2.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินคุณภาพรูปแบบภาพรวม เท่ากับ 4.42 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมาก ประกอบด้วย ด้านความถูกต้อง เท่ากับ 4.44 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมาก ด้านอรรถประโยชน์ เท่ากับ 4.68 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมากที่สุด ด้าน

ความเป็นไปได้ เท่ากับ 4.53 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมากที่สุด และด้านความเหมาะสมชอบธรรม เท่ากับ 4.26 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมาก ซึ่งรายละเอียด ดังตาราง 22

ตาราง 22 ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับ คุณภาพ
	M	SD	
ความถูกต้อง (Accuracy)			
1. รูปแบบ ฯ นี้มีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ถูกต้องตามหลักการ	4.50	0.53	มากที่สุด
2. รูปแบบ ฯ นี้มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ถูกต้องตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	4.40	0.70	มาก
3. รูปแบบ ฯ นี้มีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนและเป็นระบบ	4.50	0.53	มากที่สุด
4. รูปแบบ ฯ นี้ระบุบทบาทครูและบทบาทนักเรียนชัดเจน	4.60	0.52	มากที่สุด
5. รูปแบบ ฯ นี้ใช้เทคนิคการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่เหมาะสมและสามารถพัฒนาผู้เรียนได้ตรงตามวัตถุประสงค์	4.20	0.63	มาก
อรรถประโยชน์ (Utility)			
6. รูปแบบ ฯ นี้ ทำให้ครูทราบข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียน	4.70	0.67	มากที่สุด
7. รูปแบบ ฯ นี้ ทำให้ครูทราบข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้	4.70	0.48	มากที่สุด
8. รูปแบบ ฯ นี้ ทำให้ผู้เรียนทราบข้อมูลสำหรับนำไปพัฒนาตนเอง	4.70	0.48	มากที่สุด
9. รูปแบบ ฯ นี้ช่วยทำให้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น	4.60	0.52	มากที่สุด
ความเป็นไปได้ (Feasibility)			
10. รูปแบบ ฯ นี้สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้จริง	4.70	0.48	มากที่สุด
11. รูปแบบ ฯ นี้ใช้ทรัพยากรที่ประหยัด และคุ้มค่า สอดคล้องกับบริบทการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน	4.40	0.84	มาก
12. รูปแบบ ฯ นี้สามารถพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้จริง	4.50	0.71	มากที่สุด
ความเหมาะสม (Propriety)			
13. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.60	0.52	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับคุณภาพ
	M	SD	
14. การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	4.60	0.52	มากที่สุด
15. วิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละขั้น	4.50	0.53	มากที่สุด
16. บทบาทครูและนักเรียนมีความเหมาะสม	4.60	0.52	มากที่สุด
17. สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้มีความเหมาะสม	4.30	0.67	มาก
18. ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม	3.70	1.16	มาก
19. รูปแบบฯ นี้ส่งเสริมการแสดงความคิดเห็นร่วมกันโดยคำนึงถึงความต้องการของผู้เรียนเป็นหลัก	3.90	0.57	มาก
20. รูปแบบฯ นี้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน	4.00	0.67	มาก
21. รูปแบบฯ นี้ มีการวัดประเมินที่มีความยุติธรรมกับผู้เรียนทุกคน	4.10	0.74	มาก
ภาพรวม	4.42	0.29	มาก

ตอนที่ 3 ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (R_2)

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยโดยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม จากนั้นทดลองใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2566 และลงทะเบียนเรียนรายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ จำนวน 26 คน และกลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 26 คน และเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และ

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และการเก็บรวบรวมเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

การวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ และนักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 9.192 และ 8.615 คะแนน ตามลำดับ และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 12.192 และ 10.000 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน

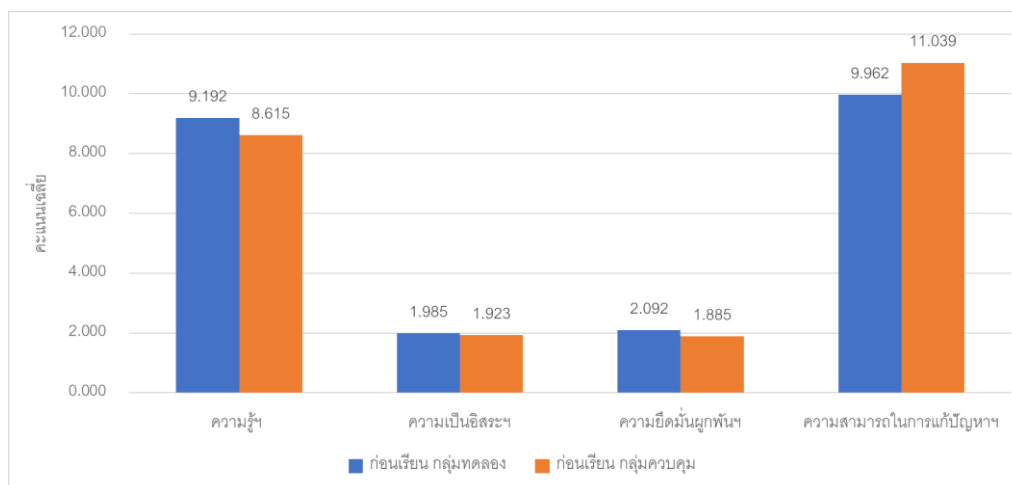
ค่าเฉลี่ยของคะแนนความเป็นอิสระของผู้เรียนก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.985 และ 1.923 คะแนน ตามลำดับ และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.923 และ 1.587 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2.092 และ 1.885 คะแนน ตามลำดับ และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2.201 และ 1.367 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน

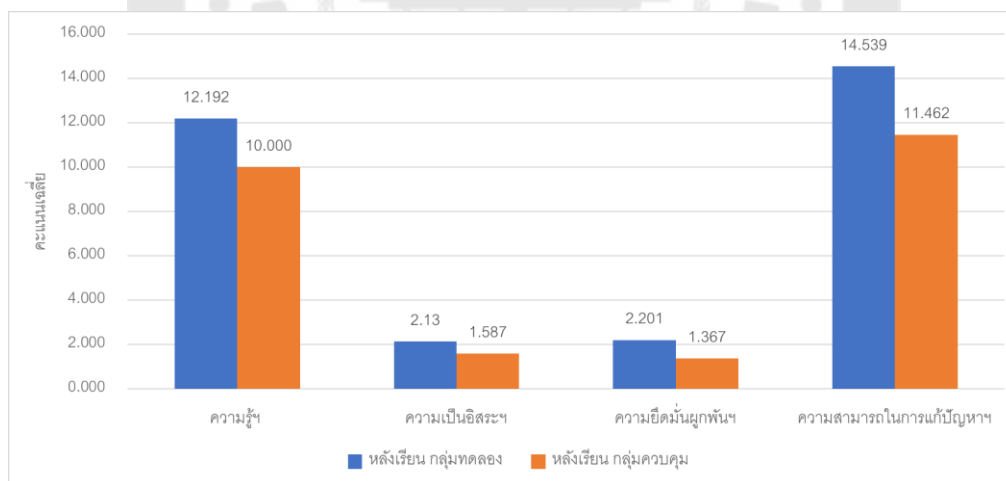
ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 9.962 และ 11.039 คะแนน ตามลำดับ และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 14.539 และ 11.462 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน

ตาราง 23 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

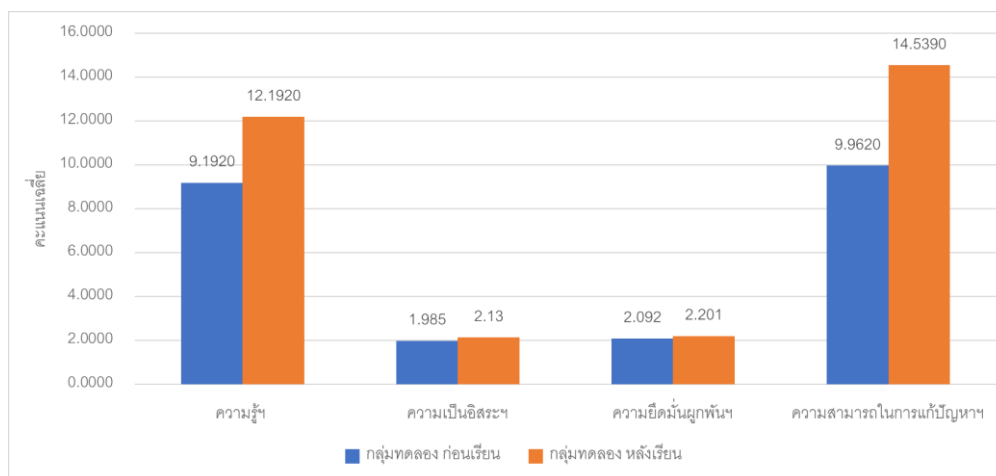
ตัวแปรตาม	กลุ่ม	n	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
				M	SD	M	SD
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	กลุ่มทดลอง	26	14	9.192	2.417	12.192	1.650
	กลุ่มควบคุม	26	14	8.615	2.913	10.000	2.135
ความเป็นอิสระของผู้เรียน	กลุ่มทดลอง	26	3	1.985	0.380	2.130	0.351
	กลุ่มควบคุม	26	3	1.923	0.401	1.587	0.444
ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน	กลุ่มทดลอง	26	3	2.092	0.363	2.201	0.371
	กลุ่มควบคุม	26	3	1.885	0.414	1.367	0.379
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	กลุ่มทดลอง	26	20	9.962	3.842	14.539	2.470
	กลุ่มควบคุม	26	20	11.039	4.123	11.462	4.207



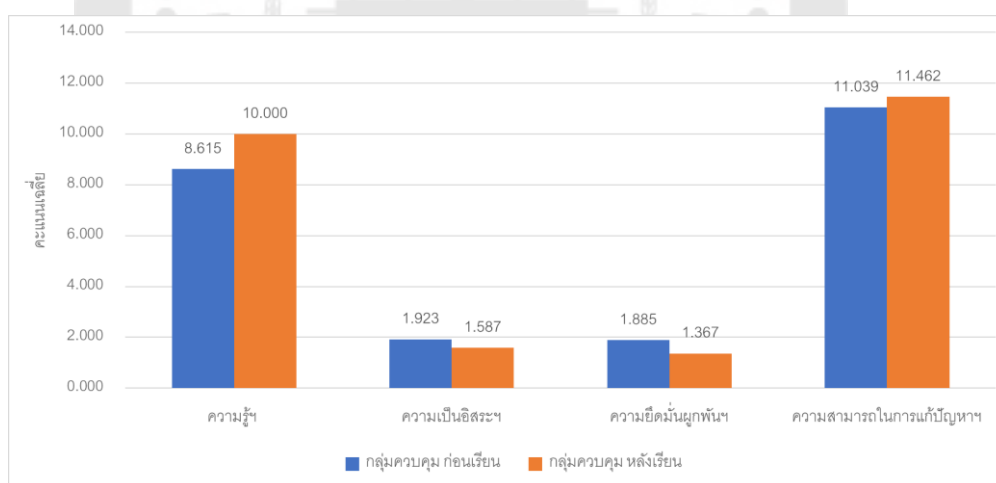
ภาพประกอบ 16 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม



ภาพประกอบ 17 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม



ภาพประกอบ 18 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความเชื่อมั่นผู้กัพนฯของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง



ภาพประกอบ 19 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความเชื่อมั่นผู้กัพนฯของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การวิเคราะห์ Independent samples t-test พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนก่อนเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ($M = 9.192$, $SD = 2.417$) ความเป็นอิสระของผู้เรียน ($M = 1.985$, $SD = 0.380$) ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ($M = 2.092$, $SD = 0.363$) และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ($M = 9.962$, $SD = 3.842$) แตกต่างจากคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ($M = 8.615$, $SD = 2.913$) ความเป็นอิสระของผู้เรียน ($M = 1.923$, $SD = 0.401$) ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ($M = 1.885$, $SD = 0.414$) และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ($M = 11.039$, $SD = 4.123$) ของนักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(50) = .777$, $p = .441$, $t(50) = .573$, $p = .569$, $t(50) = 1.918$, $p = .061$, $t(50) = -.974$, $p = .335$) ดังตาราง 24

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนระหว่างผู้เรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตัวแปรตาม	กลุ่ม	N	M	SD	t	p
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	กลุ่มทดลอง	26	9.192	2.417	.777	.441
	กลุ่มควบคุม	26	8.615	2.913	Levene's Test for equality of variance $F = 1.104$, $p = .298$	
ความเป็นอิสระของผู้เรียน	กลุ่มทดลอง	26	1.985	0.380	.573	.569
	กลุ่มควบคุม	26	1.923	0.401	Levene's Test for equality of variance $F = .055$, $p = .816$	
ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน	กลุ่มทดลอง	26	2.092	0.363	1.918	.061
	กลุ่มควบคุม	26	1.885	0.414	Levene's Test for equality of variance $F = .000$, $p = .000$	
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	กลุ่มทดลอง	26	9.962	3.842	-.974	.335
	กลุ่มควบคุม	26	11.039	4.123	Levene's Test for equality of variance $F = .261$, $p = .612$	

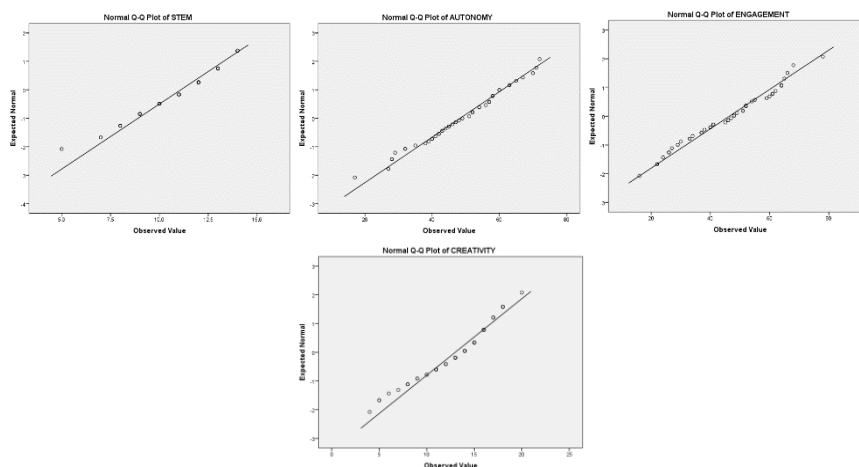
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis)

2.1 การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร (Multivariate Normal Distribution)

การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปรตามแต่ละตัวสามารถตรวจสอบด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test ผลการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร พบว่า คะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีการแจกแจงไม่เป็นไปตามโค้งปกติ ส่วนคะแนนความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนมีการแจกแจงตามโค้งปกติ ดังตาราง 25 และเมื่อพิจารณา Normal Q-Q plot พบว่า กราฟมีแนวโน้มการกระจายของจุดเป็นเส้นตรง แสดงว่า คะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ มีการแจกแจงของคะแนนเบี่ยงเบนไปจากปกติเพียงเล็กน้อย ดังภาพ 21 จึงสรุปได้ว่า ตัวแปรตามน่าจะมีแจกแจงตามโค้งปกติ และสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One-way MANOVA) ได้

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติของตัวแปร

ตัวแปรตาม	Kolmogorov-Smirnov	df	p
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็ม	.160	52	.002
ความเป็นอิสระของผู้เรียน	.077	52	.200
ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน	.075	52	.200
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	.145	52	.008



ภาพประกอบ 20 Normal Q-Q plot ของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา (ซ้ายสุด) ความเป็นอิสระของผู้เรียน (ภาพ 2 จากซ้าย) ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน (ภาพ 3 จากซ้าย) และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (ขวาสุด)

2.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรตาม (Linearity)

การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรตาม (Linearity) ได้แก่ คะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ด้วยสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรตามแต่ละตัวแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($\text{Chi-Square}(4,6) = 89.420, p < .001$) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามแต่ละคู่มีค่าตั้งแต่ .345 - .807 ดังตาราง 26 จึงสรุปได้ว่า ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One-way MANOVA)

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามแต่ละคู่

ตัวแปรตาม	ความรู้แบบบูรณาการตามแนว สะเต็ม		ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์ พบว่า	
	ความรู้แบบบูรณาการตามแนว สะเต็ม	ความเป็นอิสระ ของผู้เรียน	ความยืดหยุ่น ของผู้เรียน	การแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์ พบว่า
ความรู้แบบบูรณาการตามแนว สะเต็ม		.345 ($p = .012$)	.521 ($p < .001$)	.468 ($p < .001$)
ความเป็นอิสระ ของผู้เรียน			.807 ($p < .001$)	.477 ($p < .001$)
ความยืดหยุ่น ของผู้เรียน				.550 ($p < .001$)
Chi-Square (2, 6) = 89.420 $p < .001$				

2.3 การตรวจสอบเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Homogeneity of Variance Covariance Matrices)

การตรวจสอบเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Homogeneity of Variance Covariance Matrices) ด้วยสถิติทดสอบ Box's M ซึ่งมีสมมติฐานการทดสอบ ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรของประชากรพบว่า ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของตัวแปรตามของตัวอย่างวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F(10,11952.191) = 1.431, p = .159$) ดังตาราง 27 จึงสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One-way MANOVA) ได้

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ Box's M ของตัวอย่างวิจัย

Box's M	F	df ₁	df ₂	p
15.672	1.431	10	11952.191	.159

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ ใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T² ผลการวิเคราะห์ พบว่า กลุ่มทดลองมีค่า Hotelling T² ที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 332.623 และ ค่า Hotelling's T² จากตาราง เมื่อ $p = 4$, $df = 47$ พบว่า Hotelling's T² เท่ากับ 11.044 ดังนั้น ค่า Hotelling T² จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 28 นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ค่า Hotelling T² ของกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่า Hotelling T² ที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 80.648 และ ค่า Hotelling's T² จากตาราง เมื่อ $p = 4$, $df = 47$ พบว่า Hotelling's T² เท่ากับ 11.044 ดังนั้น ค่า Hotelling T² จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 29

ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

สถิติทดสอบ	ค่าที่คำนวณได้	F	Hypothesis df	Error df	p
Pillai's Trace	.461	10.047	4.000	47.000	<.001
Wilks' Lambda	.539	10.047	4.000	47.000	<.001
Hotelling's Trace	.855	10.047	4.000	47.000	<.001
Roy's Largest Root	.855	10.047	4.000	47.000	<.001
Hotelling's T ² = 332.623, df = 47 (Hotelling's T ² > 11.044)					

ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม

สถิติทดสอบ	ค่าที่คำนวณได้	F	Hypothesis df	Error df	p
Pillai's Trace	.430	8.852	4.000	47.000	<.001
Wilks' Lambda	.570	8.852	4.000	47.000	<.001
Hotelling's Trace	.753	8.852	4.000	47.000	<.001
Roy's Largest Root	.753	8.852	4.000	47.000	<.001
Hotelling's $T^2 = 80.648$, $df = 47$ (Hotelling's $T^2 > 11.044$)					

4. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หลังการใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หลังการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T^2 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่า Hotelling T^2 ที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 70.005 และ ค่า Hotelling's T^2 จากตาราง เมื่อ $p = 4$, $df = 47$ พบว่า Hotelling's T^2 เท่ากับ 11.044 ดังนั้น ค่า Hotelling T^2 จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, Wilks' Lambda = .584, $F(4, 47) = 16.465$, $p < .001$ ดังตาราง ดังตาราง 30

ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของคะแนนหลังเรียนของคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

สถิติทดสอบ	ค่าที่คำนวณได้	F	Hypothesis df	Error df	p
Pillai's Trace	0.584	16.465	4	47	<.001
Wilks' Lambda	0.416	16.465	4	47	<.001
Hotelling's Trace	1.401	16.465	4	47	<.001
Roy's Largest Root	1.401	16.465	4	47	<.001
Hotelling's $T^2 = 70.005$, $df = 47$ (Hotelling's $T^2 > 11.044$)					

การวัดประเมินการเรียนรู้ที่ต่างกันมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามแต่ละตัว โดยนักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับการวัดประเมินแบบปกติ และมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่นักเรียนกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการวัดประเมินปกติมีคะแนนหลังเรียนของความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนต่ำกว่าก่อนเรียน โดยรูปแบบการวัดประเมินมีขนาดอิทธิพลต่อตัวแปรตามทุกตัวในระดับสูง (Richardson, 2011) ดังตาราง 31

ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของแต่ละตัวแปร

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p	η_p^2
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา						
ระหว่างกลุ่ม	1	62.481	62.481	17.161**	.000	.256
ความคลาดเคลื่อน	50	182.038	3.641			
รวม	51	244.519				
ความเป็นอิสระของผู้เรียน						
ระหว่างกลุ่ม	1	2590.173	2590.173	23.915**	.000	.324
ความคลาดเคลื่อน	50	5415.269	108.305			
รวม	51	8005.442				

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p	η_p^2
ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน						
ระหว่างกลุ่ม	1	6117.231	6117.231	64.377**	.000	.563
ความคลาดเคลื่อน	50	4751.077	95.022			
รวม	51	10868.308				
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์						
ระหว่างกลุ่ม	1	123.077	123.077	10.344**	.002	.171
ความคลาดเคลื่อน	50	594.923	11.898			
รวม	51	718.000				

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนคุณภาพผลงานหลังการทดลองกับนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน ซึ่งได้รับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ และนักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน ซึ่งจะได้รับการวัดประเมินแบบปกติ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การวิเคราะห์ Independent samples t-test พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนคุณภาพผลงานหลังเรียน ($M = 12.731$, $SD = 1.756$) สูงกว่า นักเรียนกลุ่มควบคุม ($M = 10.731$, $SD = 2.341$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(46.363) = 3.484$, $p = .001$) ดังตาราง 32

ตาราง 32 ผลการเปรียบเทียบคะแนนคุณภาพผลงานหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	N	M	SD	t	p
กลุ่มทดลอง	26	12.731	1.756	3.484**	.001
กลุ่มควบคุม	26	10.731	2.341	Levene's Test for equality of variance F = 1.903, p = .174	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5. ผลการสัมภาษณ์ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพระหว่างการทำทดลอง มีผลการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังนี้

5.1 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

นักเรียนมีความพึงพอใจกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังจากได้ใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มากขึ้น นักเรียนเห็นว่าเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์กับชีวิตประจำวัน คิดแก้ปัญหาได้เร็วขึ้น รวมทั้งได้ลองผิดลองถูกทำให้เห็นจุดบกพร่องของงานและของตนเอง นำไปสู่การพัฒนาตนเอง นอกจากนี้ นักเรียนรู้สึกภูมิใจในตนเอง เมื่อเห็นว่าตนเองมีความสามารถในการทำงานให้สำเร็จได้ และทราบว่าตนเองพัฒนาได้ดีมากน้อยแค่ไหน ทำให้มีความรู้สึกดีกับการเรียน และมั่นใจในตนเองมากยิ่งขึ้น ดังคำกล่าวต่อไปนี้

“ชอบเรียนวิชานี้ อยากให้มีวิชานี้สอนในทุกระดับชั้น การเรียนแบบนี้ทำให้สามารถเห็นจุดบกพร่องของตนเอง สิ่งที่ตนเองต้องพัฒนา และเห็นพัฒนาการของตนเอง คิดแก้ปัญหาได้ดีขึ้นและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นประโยชน์กับการเรียนวิชาอื่นๆ ในชีวิตประจำวันด้วย”

(นักเรียนคนที่ 1, สัมภาษณ์, 5 เมษายน 2567)

“พึงพอใจมาก ได้เรียนรู้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ ได้นำความรู้ไปต่อยอด ทำให้เราเห็นจุดบกพร่อง สิ่งที่ทำได้ดี และสิ่งที่ต้องปรับปรุง”

(นักเรียนคนที่ 2, สัมภาษณ์, 12 เมษายน 2567)

“พึงพอใจมาก ได้ทั้งประสบการณ์ใหม่และความรู้ใหม่ๆ”

(นักเรียนคนที่ 3, สัมภาษณ์, 17 เมษายน 2567)

“พึงพอใจ สนุก และได้ลองคิดแก้ปัญหาจริง”

(นักเรียนคนที่ 4, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“พึงพอใจ ชอบทำกิจกรรมที่ต้องใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหาพร้อมกับผู้อื่น”

(นักเรียนคนที่ 5, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“พึงพอใจมาก เพราะชอบประดิษฐ์ ลองผิดลองถูก และภูมิใจที่คิดและทำออกมาได้ตามที่คิด สามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้”

(นักเรียนคนที่ 6, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

5.2 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

5.2.1 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ ทำให้นักเรียนเห็นข้อบกพร่องของตนเอง สิ่งที่ต้องพัฒนา ทราบพัฒนาการของตนเอง คิดเป็นระบบมากยิ่งขึ้น มีการวางแผนในการทำงานและการพัฒนาตนเองให้ดีขึ้น รวมถึงพัฒนาคุณลักษณะด้านความยืดหยุ่นของผู้เรียน ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกและอยากเรียนวิชาสะเต็มศึกษามากยิ่งขึ้น ดังคำกล่าวต่อไปนี้

“การเรียนแบบนี้ทำให้เห็นจุดบกพร่องของตนเองและเห็นการพัฒนาของตนเอง ช่วงแรกๆ ไม่มั่นใจในตนเองเลย รู้สึกว่าตนเองไม่เก่ง ทำงานได้ไม่ดี แต่พอตอนหลังรู้สึกว่าคุณทำได้ดีขึ้น คิดแก้ปัญหาได้เร็วขึ้นกว่าเดิม”

(นักเรียนคนที่ 1, สัมภาษณ์, 5 เมษายน 2567)

“สามารถนำความรู้ไปต่อยอดและใช้กับชีวิตประจำวันได้ รู้ว่าตนเองมีจุดบกพร่องตรงไหน แล้วจะทำให้ดีขึ้นได้อย่างไร”

(นักเรียนคนที่ 2, สัมภาษณ์, 12 เมษายน 2567)

“ได้ทำกิจกรรมที่สนุกและได้ความรู้ด้วย การเรียนการสอนแบบนี้ทำให้ดิฉันมีกระบวนการคิดที่เป็นขั้นตอน มีการจัดลำดับความสำคัญ และวางแผนให้ดีกว่าตอนที่ลงมือทำ”

(นักเรียนคนที่ 3, สัมภาษณ์, 17 เมษายน 2567)

“ได้ลองคิดแก้ปัญหาและปฏิบัติจริง”

(นักเรียนคนที่ 4, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“กิจกรรมที่จัดทำให้ได้เรียนรู้และเข้าใจ STEM มากขึ้น ได้พัฒนาชิ้นงานที่ไม่เหมือนใครและเป็นแนวคิดของตนเอง”

(นักเรียนคนที่ 5, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“รู้สึกเรียนแล้วสนุก ได้ประดิษฐ์ชิ้นงานจริง มีความคิดที่เป็นระบบขึ้น จากการตอบคำถามในแบบบันทึก และสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทั้งในด้านความรู้วิชาการ ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น วางแผนการพัฒนาตนเองให้ทำงานได้สำเร็จมากยิ่งขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 6, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

5.2.2 ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ ต้องใช้เวลานอกเหนือการเรียนในห้องเรียนในการ ตกผลึกการเรียนรู้ของตนเองผ่านการเขียนบันทึกในแบบบันทึกกิจกรรมซึ่งเป็นการเพิ่มภาระของผู้เรียน และข้อจำกัดในด้านเวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างน้อยเกินไป ทำให้ชิ้นงานอาจจะไม่มีประสิทธิภาพตามแผนที่วางไว้ นอกจากนี้ ยังมีประเด็นเกี่ยวกับการประเมินเพื่อนที่ทำให้ผู้เรียน ลำบากใจในการประเมินเพื่อน รวมทั้งการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอาจจะไม่ได้ทำชิ้นงานตาม ความคิดของตนเอง ดังคำกล่าวต่อไปนี้

“การทำแบบบันทึกกิจกรรมเป็นการเพิ่มภาระงานนอกเหนือเวลาเรียนทำให้รู้สึกไม่ชอบที่ต้องมีการบ้าน”

(นักเรียนคนที่ 1, สัมภาษณ์, 5 เมษายน 2567)

“บางคำถามเป็นเรื่องเกี่ยวกับเพื่อน ทำให้ตอบได้ยากและตอบได้ไม่เต็มที่”

(นักเรียนคนที่ 2, สัมภาษณ์, 12 เมษายน 2567)

“ในบางกิจกรรมเวลาไม่เพียงพอ”

(นักเรียนคนที่ 3, สัมภาษณ์, 17 เมษายน 2567)

“เวลาค่อนข้างกระชั้นชิด ทำให้ขั้นตอนบางอย่างขาดไป หรือทำได้ไม่เสร็จสมบูรณ์”

(นักเรียนคนที่ 4, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“บางครั้งมีความคิดไม่ตรงกันกับเพื่อนในกลุ่ม แต่ก็ต้องยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนและทำตาม ทำให้ชิ้นงานที่สร้างออกมาไม่ใช่แนวคิดของตนเองทั้งหมด”

(นักเรียนคนที่ 5, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“เวลาในการประดิษฐ์น้อยเกินไป ทำให้งานไม่ค่อยประณีตเท่าที่ควร”

(นักเรียนคนที่ 6, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

5.3 ผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน

การใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้น ทั้งความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้แต่ละศาสตร์ในการแก้ปัญหา และมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการคิดตามแนวสะเต็มศึกษามากยิ่งขึ้น มีความเป็นอิสระในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความสามารถในการกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้ รู้สิ่งที่ตนเองพัฒนาขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียน รู้จุดบกพร่องและจุดที่ต้องพัฒนาต่อไป และสามารถนำสิ่งเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้กับการเรียนวิชาอื่นๆ ได้ นักเรียนมีความยึดมั่นผูกพันในการเรียนเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนรู้สึกมีความสุข สนุกเมื่อได้เรียนวิชานี้ อยากมาเรียนและต้องการมีส่วนร่วมในการทำงาน เพื่อแก้ไขปัญหาให้สำเร็จ และมีทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น โดยมีการคิดแก้ปัญหาที่ละเอียดขึ้น รอบคอบขึ้น และมีมุมมองหรือไอเดียในการคิดรอบด้านมากยิ่งขึ้น พยายามสร้างสรรค์ผลงานที่ทำให้ดูดีและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ นักเรียนยังได้พัฒนาทักษะทางสังคม เช่น การทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่น การรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ดังคำกล่าวต่อไปนี้

“การเรียนแบบนี้ทำให้มีความรู้และทักษะการแก้ปัญหามากขึ้น คิดแก้ปัญหาได้เร็วขึ้นและไอเดียดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น และรู้สึกดีที่ทำงานได้สำเร็จ แต่ในด้านการกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองยังไม่ค่อยเห็นการเปลี่ยนแปลงของตนเองมากนัก อาจจะเป็นเพราะตอนแรกมีความรับผิดชอบอยู่แล้ว”

(นักเรียนคนที่ 1, สัมภาษณ์, 5 เมษายน 2567)

“การเรียนวิชานี้ได้ความรู้หลายด้าน ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การประยุกต์ การทำงานร่วมกับผู้อื่น อีกทั้งได้ทดลองประดิษฐ์อุปกรณ์ต่างๆ ทำให้เห็นจุดบกพร่องแล้วจะรู้ว่าต้องพัฒนาต่อไปอย่างไร ซึ่งสามารถนำไปใช้กับวิชาอื่นๆ และชีวิตประจำวันได้ งานในแต่ละสัปดาห์มีความท้าทาย ไม่น่าเบื่อ ทำให้ชอบเรียนวิชานี้ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และทักษะทางสังคม หลักจากเรียนวิชานี้มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน คือ

กระบวนการคิดละเอียดขึ้น รอบคอบขึ้น และมีมุมมองในการคิดที่สร้างสรรค์รอบด้านขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 2, สัมภาษณ์, 12 เมษายน 2567)

“การเรียนวิชานี้ได้ความรู้และสนุก นอกจากนี้ยังทำให้มีกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นลำดับมากขึ้น มีความสามัคคีและร่วมมือกันทำงานให้สำเร็จมากขึ้น และได้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาในหลายๆ มุมมอง ทักษะทางสังคมกับทั้งเพื่อนในกลุ่มและเพื่อนกลุ่มอื่นๆ”

(นักเรียนคนที่ 3, สัมภาษณ์, 17 เมษายน 2567)

“หลังจากเรียนจบรู้สึกกว่าตนเองมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิชาสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกิจกรรมเรือฝาน้ำท่วมได้ใช้ STEM ในการประดิษฐ์สามารถกำกับติดตามและประเมินการเรียนรู้ของตนเองได้เพิ่มขึ้น ทำให้รู้พัฒนาการของตนเองเมื่อเทียบกับตอนต้นเทอม สามารถวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบได้ ทำให้นำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 4, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“กิจกรรม STEM ทำให้มีความรู้เกี่ยวกับ STEM เพิ่มขึ้น เข้าใจที่มาของปัญหา ได้เรียนรู้กระบวนการการแก้ปัญหาและออกแบบการแก้ปัญหาให้เข้ากับสถานการณ์จากการร่วมกันคิดและออกแบบในกลุ่ม ซึ่งการทำ Worksheet และการทดสอบชิ้นงานทำให้สามารถเห็นถึงพัฒนาการได้ จากกิจกรรมที่ผ่านมาทำให้สามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานได้ดีขึ้นและน่าสนใจมากขึ้น จากการเรียน STEM ทำให้ได้คิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหาร่วมกับเพื่อนคนอื่นๆ ทำให้มีความสุขที่ได้ทำกิจกรรมเช่นนี้ครับ”

(นักเรียนคนที่ 5, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“วิชานี้พัฒนาความรู้ด้านเนื้อหาไม่ได้มากนัก อาจจะเพราะเน้นการนำไปปรับใช้ในการประดิษฐ์ ทำให้ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นกลุ่มรู้จักฟังความคิดเห็นของคนอื่น มีความสามัคคีกันเพื่อให้งานสำเร็จ ได้มีการวางแผนปรับปรุงงานแต่ละชิ้น ปรับตัวกับการทำงานแข่งกับเวลาได้ดีขึ้น ช่วงแรกมีการวางแผนไม่ค่อยดี แต่ตอนหลังทุกคนสามารถร่วมกันคิด ร่วมกันทำ ปรับตัวและพัฒนาตนเองได้ดี นอกจากนี้วิชานี้เป็นวิชาที่สนุก ไม่น่าเบื่อ ทำให้ผมอยากมาเรียนและทำงานแข่งกับเพื่อนกลุ่มอื่นๆ”

(นักเรียนคนที่ 6, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

5.4 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 6 คนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1. ควรเพิ่มเวลาในการทำกิจกรรมให้มากขึ้น เพื่อให้งานออกมามีประสิทธิภาพดีขึ้น
2. ควรมีการปรับเปลี่ยนสมาชิกในกลุ่ม ไม่ควรอยู่กับสมาชิกกลุ่มเดิมตลอดทั้งเทอม หรือควรให้มีการเลือกตามความสมัครใจจะทำงานเดี่ยวหรืองานกลุ่ม
3. ควรเพิ่มเวลาเรียนต่อสัปดาห์ให้มากขึ้น เพื่อให้คิดได้อย่างเต็มที่และได้เรียนรู้ได้หลายกิจกรรมมากยิ่งขึ้น
4. แบบบันทึกการเรียนรู้ควรเป็นรูปแบบออนไลน์ เพื่อจะได้ลดภาระงานของนักเรียน

คำกล่าวของนักเรียน มีดังนี้

“อยากให้ทำแบบบันทึกกิจกรรมเป็นออนไลน์จะได้ลดภาระงานในการเขียนของนักเรียน และอยากให้มีวิชาแบบนี้ในทุกระดับชั้น”

(นักเรียนคนที่ 1, สัมภาษณ์, 5 เมษายน 2567)

“วิชานี้เป็นวิชาที่น่าสนใจ ดึงดูดให้นักเรียนมาเรียน พอเรียนแล้วได้ประโยชน์เยอะมาก ไม่ต่างจากวิชาหลักอื่นๆ เลย”

(นักเรียนคนที่ 2, สัมภาษณ์, 12 เมษายน 2567)

“หลังจากเรียนวิชาารู้สึกว่าตนเองมีการพัฒนาทางด้านการคิดมากขึ้น แต่ยังไม่ค่อยได้นำไปใช้โดยตรง”

(นักเรียนคนที่ 3, สัมภาษณ์, 17 เมษายน 2567)

“อยากให้มีการเปลี่ยนสมาชิกในกลุ่ม ไม่อยากให้กลุ่มเดิมตลอดทั้งเทอม และอยากให้เวลามากกว่านี้ เพื่อให้ในแต่ละขั้นตอนในการแก้ปัญหาทำได้มีประสิทธิภาพ”

(นักเรียนคนที่ 4, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“กิจกรรมที่จัดทำให้ได้เรียนรู้และเข้าใจ STEM แต่การทำงานเป็นกลุ่มนั้นก็ต้องยอมรับความคิดเห็นจากทุกคน ทำให้สิ่งที่ออกแบบจึงไม่ใช่ของตัวเองทั้งหมด เป็นข้อดีที่ทำให้สามารถพัฒนาชิ้นงานให้ดีขึ้นจากแนวคิดที่ไม่เคยมีและเป็นสิ่งที่ต้องมีในการทำงานร่วมกัน แต่บางคนอาจรับไม่ค่อยได้ที่แนวคิดที่ตัวเองไม่เห็นด้วยต้องอยู่บนชิ้นงาน จึงอาจเปิดให้แยกทำงานได้ หรือเปิดให้เปลี่ยนกลุ่มได้ตามความสมัครใจเพื่อให้แลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดได้มากขึ้น ซึ่งอาจจะมีข้อจำกัดอย่างเวลาที่ใช้ทดสอบชิ้นงานไม่พอ อุปกรณ์ไม่พอ”

(นักเรียนคนที่ 5, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

“อยากให้เพิ่มคาบเรียนต่อสัปดาห์ให้มากขึ้น เพราะจะได้ประดิษฐ์ผลงานได้เยอะๆ และอยากให้เพิ่มเวลาตอนประดิษฐ์ให้มากยิ่งขึ้นเพื่อให้งานออกมาดีขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 6, สัมภาษณ์, 20 เมษายน 2567)

ตาราง 33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของตัวแปรตาม

ตัวแปรตาม	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม
	ข้อมูลเชิงปริมาณ	ข้อมูลเชิงคุณภาพของกลุ่มทดลอง	
	เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน		
1. ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	เพิ่มขึ้น	นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้น ทั้งความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้แต่ละศาสตร์ในการแก้ปัญหา และมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการคิดตามแนวสะเต็มศึกษามากยิ่งขึ้น	เพิ่มขึ้น

ตัวแปรตาม	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม
	ข้อมูลเชิงปริมาณ เปรียบเทียบคะแนน ก่อนเรียนและหลังเรียน	ข้อมูลเชิงคุณภาพของกลุ่ม ทดลอง	
2. ความเป็นอิสระ ของผู้เรียน	เพิ่มขึ้น	นักเรียนมีความสามารถในการ กำกับติดตามการเรียนรู้ของ ตนเองได้ รู้สิ่งที่ตนเองพัฒนาขึ้น จุดบกพร่องและจุดที่ต้องพัฒนา ต่อไป	ลดลง
3. ความ ยึด มั่น ผูกพันของผู้เรียน	เพิ่มขึ้น	นักเรียนรู้สึกมีความสุข สนุก อยากมาเรียนและต้องการมี ส่วนร่วมในการทำงาน	ลดลง
4. ความสามารถในการ แก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์	เพิ่มขึ้น	นักเรียนการคิดแก้ปัญหาที่ ละเอียดรอบคอบมากขึ้น มี มุมมองหรือไอเดียกว้างขึ้น และ พยายามสร้างสรรค์ผลงานให้มี ประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น	เพิ่มขึ้น

ระยะที่ 4 การพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (D₂)

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการศึกษา ระยะที่ 3 มาปรับปรุงรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แล้วจัดทำคู่มือสำหรับครูในการนำไปประยุกต์ใช้ในห้องเรียนจริง ซึ่งเป็นแนวทางการบูรณาการการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 หลักการรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นส่วนหนึ่งของปฏิญานิพนธ์ปรัชญา

ดุษฎิบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยรูปแบบนี้พัฒนามาจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ การวัด ประเมินฐานสมรรถนะของผู้เรียนเพื่อรวบรวมข้อมูล สํารวจและค้นหาปัจจัยหรือวิธีการวัดประเมิน เป็นการเรียนรู้ที่จะนำไปใช้ในห้องเรียนเชิงปฏิบัติภายใต้บริบทการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่เหมาะสมกับหลักสูตรฐานสมรรถนะในบริบทการศึกษาไทย รวมถึงศึกษาผลที่ได้จากการ สัมภาษณ์อาจารย์ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่ง พบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ ในการแก้ปัญหา และเทคนิคการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่นิยมและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ ในห้องเรียน ประกอบด้วย 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การ วัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) สรุปได้ดังภาพ 22 ดังนั้น จึงมีการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งด้านความรู้ (Knowledge) คุณลักษณะ (Attribute) และทักษะ (Skill) โดยรูปแบบฯ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังตาราง 34



ภาพประกอบ 21 รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การดำเนินการตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน บูรณาการ ร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ทั้ง 5 วิธี มีรายละเอียดดังตาราง 34 และตาราง 35

ตาราง 34 ขั้นตอนและกิจกรรมในรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบ
สะเต็มศึกษา

ขั้นตอน	กิจกรรม	ระยะเวลา (นาที)
1. การชี้แจงและ อภิปรายร่วมกัน เกี่ยวกับการวัด ประเมินผล (คาบแรก)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการวัดประเมินผล โดยครูนำเสนอเสนอเกณฑ์การให้คะแนนและร่วมกันอภิปรายในประเด็นต่างๆ ดังนี้ 1.1) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาจุดมุ่งหมายของการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน 1.2) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาเกณฑ์การประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน 1.3) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนผลงานในด้านต่างๆ เช่น ด้านความคุ้มค่า ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคงทน ด้านความเหมาะสมและความเป็นไปได้ และเวลาที่ใช้ในการทำงาน เป็นต้น	100
2. กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมอุปกรณ์คัดแยกขนาด : ให้นักเรียนออกแบบและสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่แยกได้รวดเร็วและแม่นยำที่สุด แต่ใช้งบประมาณน้อยที่สุด	100
	กิจกรรมกักกันผลิตไฟฟ้า : ให้นักเรียนออกแบบและสร้างกักกันผลิตไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดและใช้งบประมาณน้อยที่สุด	100
	กิจกรรมเรือชูชีพ : ให้นักเรียนออกแบบและสร้างเรือที่รับน้ำหนักได้มากที่สุดและใช้งบประมาณน้อยที่สุด	100

ตาราง 35 รายละเอียดรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในแต่ละกิจกรรม

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
1) ระบุ ปัญหา	1. กำหนด สถานการณ์ ปัญหาให้ นักเรียน ศึกษาจาก คลิปวีดิทัศน์ และบทความ	1. ศึกษา สถานการณ์ ปัญหาที่ครู กำหนดให้	1. ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบ การเรียนรู้ ดังนี้ 1.1) จากสถานการณ์ที่ กำหนดให้ ปัญหาและความ ต้องการคืออะไร 1.2) จากสถานการณ์ที่ กำหนดให้ ปัญหาที่เกิดขึ้นมี ความสำคัญกับชีวิตประจำวัน อย่างไรบ้าง 1.3) ข้อจำกัดในการ แก้ปัญหาคืออะไรบ้าง 1.4) ถ้านักเรียนต้องการ แก้ปัญหา ต้องพิจารณาถึง ปัจจัยใดบ้าง 1.5) ถ้านักเรียนต้องการ สร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรม เพื่อแก้ปัญหา นักเรียนจะทำ อย่างไร	10	1. วีดิทัศน์ 2. Power point 3. เอกสาร ประกอบการ สอน
	2. กำหนด อุปกรณ์และ เงื่อนไขในการ สร้างผลงาน	2. สรุปปัญหา จากสถานการณ์ และจุดบันทึกลง เอกสาร ประกอบการ สอน	2. ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนประเมินตนเอง ดังนี้ 1.4) นักเรียนคิดว่าปัญหาที่ เกิดขึ้นจะสามารถแก้ไขได้ หรือไม่ อย่างไร		

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
2) รวบรวม ข้อมูลที่ เกี่ยวข้อง	1. มอบหมาย ให้นักเรียน ค้นคว้าหา ข้อมูล เกี่ยวกับวิธี แก้ปัญหา และตัวอย่าง การแก้ปัญหา	1. ศึกษาค้นคว้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กับวิธีแก้ปัญหา และตัวอย่างการ แก้ปัญหาจาก อินเทอร์เน็ต 2. บันทึกข้อมูล การศึกษา ค้นคว้าเกี่ยวกับ วิธีแก้ปัญหา และตัวอย่างการ แก้ปัญหา	1. ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบ การเรียนรู้ ดังนี้ 1.1) การสร้างผลงานเพื่อ แก้ปัญหาต้องคำนึงถึงปัจจัย ใดบ้าง 1.2) การแก้ปัญหาในอดีตรมี วิธีการใดบ้าง และการ แก้ปัญหาดังกล่าวสามารถ ตอบจุดประสงค์ได้หรือไม่ 1.3) การแก้ปัญหาในอดีตรมี จุดแข็ง จุดอ่อน และจุดที่ต้อง พัฒนาอย่างไรบ้าง 1.4) การแก้ปัญหาดังกล่าว ต้องใช้ กลยุทธ์ หลักการหรือวิธีการ ใดบ้าง 1.5) จากการสืบค้นข้อมูล ควรใช้วัสดุที่มีลักษณะอย่างไร	20	อุปกรณ์พกพา ส่วนตัว ได้แก่ โทรศัพท์ มือถือ แท็บเล็ต ไอแพด
	2. ครูกำหนด ประเด็น คำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียน สะท้อนคิด	3. นักเรียนเขียน สะท้อนคิดตาม ประเด็นที่ครู กำหนด	2. ครูตั้งประเด็นให้นักเรียน เขียนสะท้อนคิด ดังนี้ 2.1) นักเรียนคิดว่าปัจจัยใด ที่จะทำให้การแก้ไขปัญหานี้ สำเร็จ 2.2) นักเรียนต้องการความ ช่วยเหลือจากครูอย่างไรบ้าง 2.3) นักเรียนได้เรียนรู้อะไร จากการรวบรวมข้อมูลที่ เกี่ยวข้อง		

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
3) ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา	1. ครู มอบหมายให้ นักเรียนแต่ละ คนออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา อภิปราย แนวคิดของ ตนเอง และ ระดม ความคิด ภายในกลุ่ม ตนเอง	1. ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา พร้อมวาด ภาพประกอบ โดยคำนึงถึง ปัจจัย เงื่อนไข อุปกรณ์ และ ข้อจำกัดในการ สร้างสรรค์ ผลงาน	1. ครูใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียน ตรวจสอบการเรียนรู้ ดังนี้ 1.1) จากการรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวข้อง นักเรียนคิดว่าเป็น ประโยชน์ในการออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาหรือไม่ 1.2) นักเรียนใช้หลัก วิทยาศาสตร์ใดบ้างในการ สร้างผลงาน	30	เอกสาร ประกอบการ สอน
	2. ครูกำหนด ประเด็น คำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียน สะท้อนคิด	3. นักเรียนเขียน สะท้อนคิดตาม ประเด็นที่ครู กำหนด	2. ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนประเมินตนเอง ดังนี้ 2.1) นักเรียนสามารถ ดัดแปลงแนวคิดการออกแบบ นวัตกรรมโดยใช้เทคนิคสร้าง ความคิดสร้างสรรค์ SCAMPER ได้หรือไม่ อย่างไร 3. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียนสะท้อนคิด ดังนี้ 3.1) ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้น เพียงพอกับการออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่ เพียงพอขาดข้อมูลใด 3.2) เมื่อออกแบบวิธีการ แก้ปัญหาเสร็จแล้วมี ความรู้สึกละอย่างไร		

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
4) วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา (สัปดาห์ที่ 1)	1. ครู มอบหมายให้ นักเรียนแต่ละ คนพิจารณา และอภิปราย แนวคิดของ ตนเอง พร้อม ลงความเห็น เกี่ยวกับการ ดำเนินการ แก้ปัญหาของ กลุ่มตนเอง	1. อภิปรายและ ระดมความคิด เพื่อให้ได้แนวคิด ในการแก้ปัญหา ที่ดีที่สุด 2. วาดภาพ วิธีการแก้ปัญหา/ ผลงานพร้อมระบุ อุปกรณ์ 3. วางแผนการ ทำงาน และ มอบหมายหน้าที่ ของแต่ละคนใน กลุ่ม	1. ครูตั้งประเด็นคำถามให้ นักเรียนประเมินตนเองและ ประเมินเพื่อน โดยการ พิจารณาและลงความเห็นงาน ในกลุ่มของตนเอง ดังนี้ 1.1) แนวคิดของใครเหมาะสม ที่จะนำมาแก้ปัญหามากที่สุด 1.2) นักเรียนจะพัฒนาหรือ ปรับปรุงงานจากแนวคิดหลัก หรือไม่ อย่างไร	30	เอกสาร ประกอบการ สอน

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
4) วางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา (สัปดาห์ที่ 2)	1. ให้ความ ช่วยเหลือ ระหว่าง นักเรียนสร้าง ผลงาน กระตุ้นให้ นักเรียน ทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งดูแล ความ เรียบร้อยและ ความ ปลอดภัย ระหว่างการ ทำกิจกรรม	1. สร้างสรรค์ และทดสอบ ผลงานของกลุ่ม ตนเอง	1. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียนสะท้อนคิด ดังนี้ 1.1) เมื่อดำเนินการ สร้างสรรค์ผลงานเพื่อ แก้ปัญหาเสร็จแล้ว นักเรียน รู้สึกอย่างไร 1.2) นักเรียนพึงพอใจกับ การดำเนินการแก้ปัญหานี้ หรือไม่ 1.3) ถ้านักเรียนไม่พึงพอใจ จะแก้ไขอย่างไร	60	1. อุปกรณ์ การสร้างสรรค์ ผลงานตามที่ ครูกำหนด 2. เอกสาร ประกอบการ สอน
	2. ครูกำหนด ประเด็น คำถามเพื่อให้ นักเรียนเขียน สะท้อนคิด	2. นักเรียนเขียน สะท้อนคิดตาม ประเด็นที่ครู กำหนด			

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
5) ทดสอบ ประเมินและ ปรับปรุงแก้ไข วิธีการ แก้ปัญหา	1. นำ	1. ระดมความคิด	1. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียน	20	อุปกรณ์พกพา
	อภิปราย	ในการออกแบบ	เขียนสะท้อนคิด ดังนี้		ส่วนตัว ได้แก่
	ตารางบันทึก	ตารางบันทึกผล	1.1) นักเรียนคิดว่าผลงาน		โทรศัพท์
	ผลการ	การทดสอบ	ของนักเรียนสามารถนำไป		มือถือ
	ทดสอบ และ		แก้ปัญหาได้จริงหรือไม่		แท็บเล็ต
	กำหนด		อย่างไร		ไอแพด
	ประเด็น		1.2) นักเรียนคิดว่าผลงาน		
	คำถามเพื่อให้		ของกลุ่มตนเองมีประสิทธิภาพ		
	นักเรียนเขียน		อย่างไร เมื่อเทียบกับคะแนนที่		
	สะท้อนคิด		ได้		
	2. อำนวย	2. ทดสอบและ	1.3) ผลงานของกลุ่มตนเอง		
	ความสะดวก	บันทึกผลการ	มีข้อดี และข้อจำกัดอย่างไร		
	ในการ	ทดสอบผลงาน	บ้าง		
	ทดสอบ	ของแต่ละกลุ่ม	1.4) การทำงานของกลุ่ม		
			ตนเองมีข้อบกพร่องอย่างไร		
	3. ครูสร้าง	3. ประเมินผล	บ้าง		
	แบบประเมิน	งานของกลุ่ม	1.5) นักเรียนมีแนวทางการ		
	(ออนไลน์และ	ตนเองตาม	พัฒนาผลงานของกลุ่มตนเอง		
	ส่ง Link ให้	เกณฑ์ที่พิจารณา	อย่างไร		
	นักเรียน	ร่วมกัน (ผ่าน	1.6) จากกิจกรรมนี้ นักเรียน		
	ประเมิน)	แพลตฟอร์ม	สามารถนำความรู้ได้ไป		
		ออนไลน์)	ประยุกต์ใช้อย่างไรได้บ้าง		

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
6) นำเสนอ	1. ดูแลความ เรียบร้อยใน การนำเสนอ ผลงานและ ผลการ ทดสอบของ แต่ละกลุ่ม	1. นำเสนอ ผลงานและผล การทดสอบของ กลุ่มตนเอง	1. นักเรียนประเมินตนเองโดย การให้คะแนนตามเกณฑ์การ ประเมินที่ตกลงร่วมกัน พร้อม ระบุเหตุผลของการให้คะแนน 2. นักเรียนประเมินเพื่อนโดย การให้คะแนนตามเกณฑ์การ ประเมินที่ตกลงร่วมกัน พร้อม ระบุเหตุผลของการให้คะแนน	20	อุปกรณ์พกพา ส่วนตัว ได้แก่ โทรศัพท์ มือถือ แท็บเล็ต ไอแพด
	2. ครูสร้าง แบบประเมิน (ออนไลน์และ ส่ง Link ให้ นักเรียน ประเมิน)	2. ประเมิน ตนเองและ ประเมินเพื่อน (ผ่าน แพลตฟอร์ม ออนไลน์)			

ขั้นตอนการ จัดการ เรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้		การวัดประเมินเป็นการ เรียนรู้	เวลา (นาท)	สื่อการ เรียนรู้ และอุปกรณ์
	บทบาทครู	บทบาท นักเรียน			
หลังจบ กิจกรรม	1. ประเมิน คุณภาพ ผลงานของแต่ละ กลุ่ม	1. เขียนบันทึก การเรียนรู้ของ ตนเอง	1. ครูให้ผู้เรียนเขียนบันทึกการ เรียนรู้ของตนเองรายบุคคล โดยมีประเด็นในการเขียน ดังนี้ 1.1) นักเรียนมีความพึง พอใจกับผลงานของกลุ่ม ตนเองอย่างไรบ้าง 1.2) สิ่งที่ตนเองทำได้ ระหว่างทำกิจกรรมมีอะไรบ้าง 1.3) ข้อบกพร่องของตนเอง ระหว่างทำกิจกรรมมีอะไรบ้าง 1.4) หลังจบกิจกรรม นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง 1.5) นักเรียนสามารถนำ ความรู้ไปประยุกต์ใน ชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง 1.6) หลังจบกิจกรรม นักเรียนต้องเรียนรู้และพัฒนา สิ่งใดเพิ่มเติมบ้าง 1.7) นักเรียนมีการวางแผน ในการพัฒนาตนเองอย่างไร	(นอก เวลา เรียน)	อุปกรณ์พกพา ส่วนตัว ได้แก่ โทรศัพท์ มือถือ แท็บเล็ต ไอแพด

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัย 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 2) เพื่อประเมินคุณภาพของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และ 3) เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต (R_1) ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (D_1) ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (R_2) และระยะที่ 4 การพัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (D_2) ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน โดยการสัมภาษณ์และใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริงรูปแบบ randomized pretest-posttest control group design มีรายละเอียดการสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. การศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

จากสัมภาษณ์ครูซึ่งมีประสบการณ์การสอนรายวิชาที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 5 คน และใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) พบว่า การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เนื่องจาก การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นการวัดประเมินระหว่างเรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ และช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการการทำงาน การคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นแบบแผน และทำให้ผู้เรียนสามารถนำ

กระบวนการคิดที่ได้จากการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ โดยควรมุ่งเน้นการวัดประเมินการปฏิบัติงานเพื่อพัฒนาผู้เรียนผ่านการวิเคราะห์ตนเองจากการได้รับข้อมูลย้อนกลับจากหลากหลายแหล่ง เช่น การวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินโดยเพื่อน และการวัดประเมินโดยครู ซึ่งการวัดประเมินแต่ละครั้งควรมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดและควรมีการให้เหตุผลประกอบการประเมิน เพื่อให้เกิดความเป็นปรนัยในการวัดประเมิน นอกจากนี้ผู้เรียนควรได้วิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองผ่านการเขียนสะท้อนคิด หรือจากการใช้คำถามสะท้อนคิดของครูเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของตนเอง รวมทั้งควรจดบันทึกข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากครูและเพื่อน และเขียนบันทึกการเรียนรู้ เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาการทำงานของตนเอง

2. การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

2.1 การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากลยุทธ์ วิธีการ และเทคนิคในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และผลที่ได้จากการสัมภาษณ์อาจารย์ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถสร้างรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งรูปแบบฯ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การชี้แจงและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการวัดประเมินผล (ก่อนการเรียนการสอนครั้งเดียว) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1.1) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาจุดมุ่งหมายของการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน

1.2) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาเกณฑ์การประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน

1.3) ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนผลงานในด้านต่างๆ เช่น ด้านความคุ้มค่า ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคงทน ด้านความเหมาะสมและความเป็นไปได้ และเวลาที่ใช้ในการทำงาน เป็นต้น

2. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน จำนวน 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมอุปกรณ์คัดแยกขนาด กิจกรรมกักกันผลิตไฟฟ้า และกิจกรรมเรือชูชีพ แต่ละกิจกรรมใช้เวลา 4 คาบ โดยดำเนินการตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา บูรณาการร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ การวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินเพื่อน การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) โดยมีบทบาทครูและบทบาทนักเรียน ดังนี้

2.1 บทบาทครู ครูควรมีบทบาทในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังนี้

1. วัดประเมินก่อนเรียนเพื่อตรวจสอบจุดมุ่งหมายในการเรียนของผู้เรียนและผู้สอน แรงจูงใจในการเรียน ความคาดหวังจากรายวิชา และทำความเข้าใจกับผู้เรียน
2. สร้างความเข้าใจร่วมกันกับผู้เรียนเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายของรายวิชา และการวัดประเมินของรายวิชา
3. อธิบายจุดมุ่งหมายและความสำคัญของการวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินเพื่อน การเขียนสะท้อนคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้
4. ให้ผู้เรียนวิเคราะห์และประเมินตนเองก่อนเรียนเกี่ยวกับการวิเคราะห์ วางแผน และแก้ปัญหา ตามสถานการณ์ที่กำหนด
5. กำหนดสถานการณ์และเงื่อนไขการเรียนรู้
6. กำหนดประเด็นคำถามเพื่อให้นักเรียนสะท้อนคิด
7. ให้ความช่วยเหลือระหว่างนักเรียนสร้างผลงาน กระตุ้นให้นักเรียนทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งดูแลความเรียบร้อยและความปลอดภัยระหว่างการทำกิจกรรม
8. อำนวยความสะดวกระหว่างการทำกิจกรรม ผ่านการชี้แนะให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง
9. ประเมินผลงานนักเรียนและให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับผลการประเมินตนเอง ผลการประเมินโดยเพื่อน และผลการประเมินโดยครู

2.2 บทบาทนักเรียน นักเรียนควรมีบทบาทในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังนี้

1. ดำเนินการศึกษาศถานการณ์ปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน
2. วัดประเมินตนเอง วัดประเมินเพื่อน และสะท้อนคิดผ่านคำถาม ที่ครูตั้งประเด็นไว้ และตามเกณฑ์การประเมินแบบรูปรีด
3. เขียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง
4. นำผลการให้ข้อมูลย้อนกลับและการสะท้อนคิดไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไป

2.2 การตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินคุณภาพรูปแบบ ๔ ด้านความถูกต้อง เท่ากับ 4.44 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมาก อรรถประโยชน์ เท่ากับ 4.68 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมากที่สุด ด้านความเป็นไปได้ เท่ากับ 4.53 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมากที่สุด และด้านความเหมาะสมชอบธรรม เท่ากับ 4.26 จัดอยู่ในเกณฑ์มีคุณภาพมาก

3. การศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

จากการทดลองใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2566 และลงทะเบียนเรียนรายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ จำนวน 26 คน และกลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 26 คน และเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า ก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนก่อนเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่น

ผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภายหลังการทดลองใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกตัวแปร แต่นักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งได้รับการวัดประเมินปกติมีคะแนนหลังเรียนของความเป็นอิสระของผู้เรียน และความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียนต่ำกว่าคะแนนก่อนเรียน นอกจากนี้ ยังพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับการวัดประเมินแบบปกติ มีความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความเชื่อมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

อภิปรายผล

1. การศึกษาสภาพการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

การวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปัจจุบันมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของตนเองมากที่สุด โดยให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์ตนเองและพัฒนาตนเอง คิดอย่างมีเหตุผล และกระตุ้นการประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่พบว่าการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาควรวัดประเมินทั้งด้านเนื้อหา คุณลักษณะ ทักษะกระบวนการ และการบูรณาการการใช้ความรู้ผ่าน การสร้างสรรค์ผลงานที่เชื่อมโยงทั้ง 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ผลงานเพื่อให้การวัดประเมินผลสะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน (Thibaut et al, 2018, pp.7, Vasquez, 2013 อ้างถึงใน วัชรภรณ์ อมรศักดิ์, 2563, น.22) โดยการวัดประเมินดังกล่าวจัดเป็นการวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียน โดยการพยายามส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิดวิเคราะห์และพัฒนาตนเองอย่างเป็นระบบและมีเหตุผล จะนำไปสู่การตระหนักถึงการเรียนรู้ของตนเอง สามารถกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้ และกลายเป็นผู้ที่มีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Earl, 2003, pp.21, 25, 26; อัจศรา ประเสริฐสิน และคณะ, 2564, น.25)

เมื่อการวัดประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มควรใช้การวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียน โดยกระบวนการการวัดประเมินในชั้นเรียนที่เหมาะสมกับการวัดประเมินสมรรถนะของผู้เรียนและส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนได้นั้น คือ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) เป็นการวัดประเมินระหว่างเรียนที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการรู้คิดหรืออภิปัญญา (Metacognition) และช่วยให้ผู้เรียนสามารถกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้ และพัฒนาตนเองสำหรับการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ต่อไป จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในปัจจุบันมีหลากหลายวิธี แต่ไม่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจาก วิธีนี้เพิ่มภาระงานของครู แต่เป็นประโยชน์สำหรับผู้เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee, Mak & Yuan (2019) ที่ได้ทำการสัมภาษณ์ครูที่ได้ใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้

จากการสัมภาษณ์เกี่ยวกับเทคนิคการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ใช้จริงในห้องเรียน เช่น การวัดประเมินตนเอง การประเมินเพื่อน การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ และการให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค จากงานวิจัย พบว่า วิธีการเหล่านี้ช่วยส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน และความสามารถทางการเรียนของผู้เรียน (Loi, 2017; Ratminingsih, Marhaeni & Vigayanti, 2018; Shen, Bai & Xue, 2020) แต่ยังเห็นผลไม่ชัดเจนสำหรับการพัฒนากระบวนการรู้คิด (Metacognition) งานวิจัยนี้จึงได้เพิ่มวิธีการเขียนสะท้อนคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ เพื่อจะช่วยเหลือกระบวนการรู้คิดของผู้เรียน ซึ่งงานวิจัยของ Stephens & Winterbottom (2010) ได้เสนอว่า การเขียนบันทึกการเรียนรู้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการรับรู้และการวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองอย่างมีวิจารณญาณ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ไตร่ตรองการเรียนรู้ของตนเองและสะท้อนพัฒนาการที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และส่งเสริมให้เป็นการเรียนรู้ที่มีอิสระ วิธีการวัดประเมินที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดล้วนแล้วแต่เป็นวิธีการที่ส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน (Shen, Bai & Xue, 2020; Ratminingsih, Marhaeni & Vigayanti, 2018; Loi, 2017; Stephens & Winterbottom, 2010; Ministry of Education, 2010; Manitoba Education, 2006) และความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน (Fuller, 2017; Barkley, 2010; Munns & Woodward, 2006) และยังสอดคล้องกับข้อมูลของ ความเป็นอิสระของผู้เรียนและความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียนถือเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของผู้เรียนที่จะส่งผลให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ทุกที่ ทุกเวลา มีความมั่นใจและกระตือรือร้นในการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น รวมทั้งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น (Muhammad, 2020) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับทฤษฎี ฌามมณี (2558, น.162) และ Ministry of Education (2010, pp.33-36)

พบว่า วิธีการเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง ได้คิดทบทวนเกี่ยวกับความคิด ความรู้สึก และการเรียนรู้ของตนเองขณะเรียน และการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองต่อไป

2. การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในงานวิจัยนี้มี 2 ขั้นตอน คือ การชี้แจงและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการวัดประเมินผล และกิจกรรมการเรียนการสอน โดยดำเนินการตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอวิธีการ ผลงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา ตามแนวคิดของ วัชรภรณ์ อมรศักดิ์ (2563, น.18-19) และ STEM Education Thailand (2014) บุคลากรร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ การใช้คำถาม ตรวจสอบการเรียนรู้ การวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินเพื่อน การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ตามแนวคิดของ (ทิตินา แคมมณี, 2558, น. 162) และ Ministry of Education (2010, pp.33-36) ประกอบกับผู้วิจัยเลือกตามความเหมาะสมกับบริบทในห้องเรียน ซึ่งการบูรณาการระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้จะทำให้นักเรียนพัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ การบูรณาการความรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้จริงได้ รวมถึงพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการทำงานอย่างเป็นระบบ และทัศนคติในการเรียน (ดุสิต ทองสุขนอก และณัฐกานต์ ศาสตร์สูงเนิน, 2565, น.128; ณพัฐอร บัวขุน, 2564, น.52; วัชรภรณ์ จันทรรักษา, ปิยะนารถ จันทรเล็ก และภักพงศ์ ปวงสุข, 2563, น.33; วรรณธนะ ปัดชา และสืบสกุล อยู่เย็น, 2559, น.830) อีกทั้ง การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการรู้คิด (Metacognition) สามารถวางแผน ติดตาม พัฒนา ปรับปรุง ประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ของตนเอง และเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือปรับเปลี่ยนแนวความคิดเพื่อให้ตนเองมีพัฒนาการและความก้าวหน้าสู่ความสำเร็จ อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตด้วยเช่นกัน (lifelong learning) (Earl, 2003, pp.25-28; ทิตินา แคมมณี, 2558, น.159)

จากการวิเคราะห์เนื้อหาการสัมภาษณ์ครูผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาพบว่า บทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คือ การวัดประเมินก่อนเรียนและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายของการ

เรียน และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดและติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้ด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเป็นการสอนให้นักเรียนรู้จักการวิเคราะห์และประเมินตนเอง การกำหนดสถานการณ์ การใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้ การให้ข้อมูลย้อนกลับ รวมถึงการอำนวยความสะดวกในด้านอื่นๆ ระหว่างการเรียนรู้ โดยจะต้องไม่ใช่วิธีการที่ครูป้อนให้กับนักเรียนโดยตรง แต่จะต้องเป็นวิธีการที่ทำให้นักเรียนได้สะท้อนคิดและเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งบทบาทครูดังกล่าวสอดคล้องกับ Earl (2003), Manitoba Education (2006), Ministry of Education (2010) และ ทิศนา ขัมมณี (2558) ที่กล่าวว่า เป้าหมายของการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ คือ การทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการรู้คิด (Metacognition) สามารถประเมินตนเอง สะท้อนคิดเกี่ยวกับตนเอง พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองและตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองได้ ดังนั้น ครูควรกระตุ้นและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการกำกับติดตามหรือตรวจสอบกระบวนการรู้คิด และการเรียนรู้ของตนเอง เช่น การให้ข้อมูลย้อนกลับในการพัฒนาตนเอง แนะนำแนวทางในการกำกับติดตามความก้าวหน้าของตนเอง หรือออกแบบการเรียนการสอนให้มีการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อนเพื่อเป็นตัวอย่างหรือแบบอย่างในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง

บทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คือ ดำเนินตามแก้ไขปัญหาตามขั้นตอนที่ครูวางแผนไว้ นั่นคือ การดำเนินการตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ขั้นตอน ได้แก่ กำหนดปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และนำเสนอ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานของตนเอง โดยนักเรียนจะต้องคิด พิจารณา และไตร่ตรองในการบูรณาการความรู้หลากหลายศาสตร์เพื่อสร้างชิ้นงาน และใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงานที่แปลกใหม่ และไม่ซ้ำกับชิ้นงานอื่นๆ จากที่กล่าวมาข้างต้นจะสอดคล้องกับการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากระตุ้นให้ผู้เรียนระบุปัญหา ดำเนินการวิจัย และออกแบบทางวิศวกรรม รวมไปถึงการสร้างและพัฒนาการแก้ปัญหา จากนั้นจะทดสอบ ประเมิน และออกแบบใหม่ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสืบเสาะและเรียนรู้อย่างอิสระและเกิดการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 ศาสตร์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้หาคำตอบที่ถูกต้องจากหลากหลายวิธีการที่เป็นไปได้และสามารถใช้ศิลปะในการทำให้ชิ้นงานมีความดึงดูด และน่าสนใจเพื่อแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (EducationWeek, 2021; STEM Education Thailand, 2014) นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ นักเรียนได้ฝึกการวัดประเมินตนเอง วัดประเมินเพื่อนตามเกณฑ์การประเมินแบบรูบริค สะท้อน

คิดผ่านคำถามที่ครูตั้งประเด็นไว้ เขียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง และการนำผลที่ได้รับจากการให้ข้อมูลย้อนกลับ ไปปรับปรุงและพัฒนางานต่อไป ซึ่งวิธีการเหล่านี้เป็นกระบวนการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนและความยืดหยุ่นของผู้เรียน (Shen, Bai & Xue, 2020; Ratminingsih, Marhaeni & Vigayanti, 2018; Loi, 2017; Stephens & Winterbottom, 2010; Ministry of Education, 2010; Manitoba Education, 2006; Fuller, 2017; Barkley, 2010; Munns & Woodward, 2006) ซึ่งจะสอดคล้องกับ ทิศนา แชมมณี (2558, น.160) ที่ระบุว่า ในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องเรียนรู้วิธีการประเมินตนเอง ประเมินเพื่อน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น กำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง และสะท้อนความคิดของตนเองจากการนำผลที่ได้มากำหนดหรือปรับเปลี่ยนการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองต่อไป

3. การศึกษาผลการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และนักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับ การวัดประเมินแบบปกติ มีคะแนนหลังเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการนำความรู้ที่บูรณาการทั้งวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาชีวิตจริง ดังนั้น นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน (Bybee, 2010; STEM Education Thailand, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยจำนวนมากที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการบูรณาการ ทักษะการทำงานอย่างเป็นระบบ และทักษะด้านสะเต็ม (Tongsuknok & Sartsoongnoen, 2022; Buachoon, 2020; Chantahansa et al., 2019; Pudcha & Yooyuanyong, 2016) นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลยังพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม เนื่องจาก นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการวัดประเมินที่เน้นกระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้เป็นสำคัญ ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการรู้คิด

(metacognition) นำไปสู่การวางแผนและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเอง นอกจากนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ยังช่วยส่งเสริมความรับผิดชอบ ความสามารถในการประเมินตนเอง ความสามารถในการคิดสะท้อนตนเอง และความสามารถในการนำตนเองในการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนมีทักษะในการรู้คิดและสามารถประเมินตนเองได้ ก็จะทำให้ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนแผนการเรียนรู้ของตนเองและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ (Khemmani, 2015) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจกับความรู้ที่ได้รับเชื่อมโยงกับความรู้เดิม มีความเชี่ยวชาญในทักษะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ (Earl, 2003) อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในห้องเรียนเป็นการกระตุ้นการรับรู้และการวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ไตร่ตรองการเรียนรู้ของตนเองและทำให้ประสิทธิภาพในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น (Stephens & Winterbottom, 2010)

นอกจากนี้ การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ยังส่งเสริมให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนของความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจาก การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้ของผู้เรียนและการตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองด้วย (Manitoba Education, 2006; Ministry of Education, 2010) สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้กลยุทธ์การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ เช่น การประเมินโดยเพื่อน (Peer assessment) การประเมินตนเอง (Self-assessment) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) และการมอบหมายงานที่มีการกำหนดเกณฑ์การประเมินร่วมกันระหว่างผู้สอนและนักศึกษา และมีการวางแผนการทำงานต่างๆ ภายใต้การดูแลของครูต่างก็ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียน (Shen et al., 2020; Ratminingsih et al., 2018, Loi, 2017; Stephens & Winterbottom, 2010) อีกทั้ง การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) จะทำให้ผู้เรียนไตร่ตรองและเขียนเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงการวินิจฉัยจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเอง เพื่อสร้างแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบกับการเรียนรู้ของตนเองและฝึกฝนทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้อย่างอิสระ อีกทั้งสามารถกำกับตนเองได้ (Barkley, 2010) นอกจากนี้ Munns and Woodward (2006) ยังเสนอว่าความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนทำให้ผลลัพธ์ทางการศึกษาของผู้เรียนดีขึ้น จึงสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้ คุณลักษณะ และทักษะที่เพิ่มขึ้น

ในทางตรงข้ามกัน นักเรียนกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ มีคะแนนหลังเรียนของความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนต่ำกว่าก่อนเรียน เนื่องจากนักเรียนไม่ได้รับการฝึกวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ได้แก่ การตรวจสอบการเรียนรู้ การวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินเพื่อน การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเข้าถึงและควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง ไม่ได้ตระหนักหรือไตร่ตรองถึงความสำคัญของการกำกับ ติดตามการเรียนรู้ของตนเอง และทำให้การแสดงออกทางพฤติกรรมอาจจะไม่ได้กระตุ้นหรือรันท่ำกับกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ จากทฤษฎีการประเมินการรู้คิด (Cognitive Evaluation Theory) ของ Deci และ Ryan (2000) พบว่า การประเมินการรู้คิดที่มาจากปัจจัยภายนอก เช่น การวัดประเมินโดยเพื่อน และความเป็นอิสระในการกำหนดตนเองจะช่วยส่งเสริมแรงจูงใจภายในและมีผลต่อพฤติกรรมของผู้เรียน ดังนั้น การที่นักเรียนกลุ่มควบคุมไม่ได้ฝึกวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งเป็นวิธีที่จะช่วยส่งเสริมการกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง จะทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจภายใน ซึ่งพอนักเรียนขาดแรงจูงใจภายในและขาดความเป็นอิสระในการเรียนรู้จะทำให้ไม่เกิดการกำกับตนเองในการเรียนรู้ ไม่เห็นคุณค่า ไม่สนใจ และไม่มีความสามารถในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง ส่งผลให้ความยึดมั่นผูกพันในการเรียนก็ลดลงด้วย และจากงานวิจัยของ Shen et al. (2020) พบว่า กลุ่มควบคุมไม่ได้รับการประเมินโดยเพื่อนทำให้ขาดการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนด้วยเช่นกัน เมื่อนักเรียนมีความอิสระมากมักจะประสบความสำเร็จและมีทัศนคติทางบวกต่อการเรียนและการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้โดยผ่านการควบคุมตนเองอย่างมีสติ (Little, 1995) ดังนั้น เมื่อนักเรียนนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความเป็นอิสระน้อยจึงทำให้ความยึดมั่นผูกพันในการเรียนลดลงด้วยเช่นกัน (Chiu, 2021; Archambault et al., 2020; Fong et al., 2019; Innum, 2018; Barkley, 2010) อีกทั้ง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สหวิทยาการ เน้นความร่วมมือ และการตัดสินใจแก้ปัญหาผ่านการปฏิบัติ หากนักเรียนไม่ได้รับการวัดประเมินที่ถูกต้องเหมาะสม ไม่เป็นระบบ และไม่ส่งเสริมความเป็นอิสระของนักเรียน อาจจะทำให้นักเรียนรู้สึกว่างงานที่ได้รับมอบหมายค่อนข้างซับซ้อนและยากเกินกว่าจะทำให้สำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีความต้องการพื้นฐาน (Basic psychological needs) นั่นคือ ความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ได้แก่ ความเป็นอิสระในการเรียนรู้จะส่งผลต่อความรู้สึก ถ้านักเรียนรู้สึกว่างงานเป็นผู้ที่มีความสามารถในการเรียนรู้และสามารถทำงานที่ท้าทายและซับซ้อนได้ด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนรู้สึกถึงความเป็นอิสระในการเรียนรู้ของตนเอง คือ การเริ่มต้นการปฏิบัติงานด้วยตนเอง ซึ่งเป็นความรู้สึกที่จะส่งเสริมแรงจูงใจ

ภายในและคุณลักษณะที่ดีของผู้เรียนได้ แต่ถ้านักเรียนรู้สึกว่างานที่ได้รับมอบหมายค่อนข้างยาก ซ้ำซ้อน และไม่มีความเป็นอิสระในการเรียนรู้ แรงจูงใจภายในก็จะไม่เกิดขึ้นกับผู้เรียน (Deci & Ryan, 1985)

ผลการสัมภาษณ์ความพึงพอใจพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และมองเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับตนเองที่ไม่เพียงแต่ได้ความสนุกสนานผ่านการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา แต่ยังได้รับ 1) ความรู้แบบบูรณาการ 2) ทักษะกระบวนการ เช่น ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และทักษะทางสังคม เป็นต้น 3) คุณลักษณะของผู้เรียนที่ควรจะเป็น ทั้งความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยืดหยุ่นของผู้เรียน และ 4) ได้ฝึกการปฏิบัติ การลงมือทดลองเพื่อหาวิธีที่ถูกต้อง และเหมาะสม ซึ่งประเด็นนี้ทำให้นักเรียนมองเห็นข้อบกพร่อง และสิ่งที่ควรจะพัฒนาตนเองต่อไป ผลงานวิจัยดังกล่าวมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ 1) เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษามากขึ้น 2) เพื่อส่งเสริมการบูรณาการ 4 ศาสตร์ เพื่อใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน 3) เพื่อส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงาน และ 4) เพื่อปลูกฝังให้นักเรียนมีความสามารถในการทำงาน การสื่อสาร และมีทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 (สลิษา ปีบกลาง, 2563) ในทางตรงข้ามการจัดการเรียนรู้แบบนี้ยังมีข้อจำกัดในด้านเวลาที่อาจจะไม่เพียงพอสำหรับนักเรียนบางกลุ่ม ทำให้งานที่ออกมาไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งสอดคล้องกับสลิษา ปีบกลาง (2563) ที่ระบุว่าการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมาก แต่ถ้ากิจกรรมใช้เวลามาก อาจจะมอบหมายงานนอกชั้นเรียนร่วมด้วย (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557) และ Shahid Lakha (2023) เสนอว่า การบริหารจัดการเวลาสำหรับการเรียนสะเต็มศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนควรวางแผนล่วงหน้าที่ดี เช่น ตั้งเป้าหมาย สร้างตารางเวลา ระบุรายการสิ่งที่ต้องทำ เพื่อให้งานเสร็จทันเวลาและมีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ในทางตรงข้าม นักเรียนไม่จำเป็นต้องประสบความสำเร็จในการทำงานทุกครั้ง ควรมีประสบการณ์ที่ผิดพลาดหรือล้มเหลวบ้าง นักเรียนจะรู้สึกว่าได้ทำงานที่ทำหาย และเรียนรู้จากสิ่งที่ผิดพลาดเพื่อนำไปสู่ประสบการณ์อื่นๆ และมีความเข้าใจกับสิ่งที่ทำมากยิ่งขึ้น (Manitoba Education, 2006, pp.43; ทิศนา แคมมณี, 2558, น.161)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่มีสมรรถนะทั้งด้านความรู้ คุณลักษณะ และทักษะมากขึ้น ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรพยายามจัดการเรียนรู้โดยแทรกการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ระหว่างเรียน (Formative assessment) ให้มากขึ้น เช่น การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ การวัดประเมินตนเองและเพื่อน การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถสะท้อนตนเองจากทั้งมุมมองของตนเอง และมุมมองของผู้อื่น เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาตัวเองในรอบด้าน และเป็นการฝึกให้นักเรียนได้กำกับ ติดตาม การเรียนรู้ของตนเอง โดยปราศจากการควบคุมจากบุคคลหรือปัจจัยอื่นๆ เพื่อนำไปสู่การเป็นผู้เรียนอย่างยั่งยืน และประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้และยกระดับคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

1.2 การชี้แจงและอภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการก่อนการเรียนการสอนเกิดขึ้น เช่น ร่วมกันพิจารณาจุดมุ่งหมายของการประเมินตนเอง และการประเมินเพื่อน เกณฑ์การประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน เกณฑ์การให้คะแนน ผลงานในด้านต่างๆ เช่น ด้านความคุ้มค่า ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคงทน ด้านความเหมาะสม และความเป็นไปได้ และเวลาที่ใช้ในการทำงาน เป็นต้น ถ้านักเรียนทราบจุดมุ่งหมายหรือเกณฑ์การประเมินที่เกิดจากการตกลงร่วมกัน จะทำให้ผู้เรียนยอมรับและเต็มใจเรียน นักเรียนจะเห็นว่าตนเองมีส่วนร่วมและเป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบสิ่งที่ต้องการจะเรียนรู้ และรู้สึกถึงความยุติธรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ นอกจากนี้ ครูต้องเป็นผู้ริเริ่มและสร้างโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกเรียนรู้เกี่ยวกับการประเมินตนเอง การประเมินเพื่อน การให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบบูรณาการ ใช้คำถามแบบตะล่อมถามเพื่อให้ นักเรียนตอบได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการเพื่อให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองในอนาคตอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ถึงแม้ว่าการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะมีข้อจำกัดในด้านเวลาที่จำกัด ภาระงานที่มากขึ้นของครูและนักเรียน และความยุ่งยากในการดำเนินการแต่ละขั้น นักเรียนอาจจะไม่ชอบการเขียนสะท้อนคิดและบันทึกการเรียนรู้ แต่เมื่อนักเรียนเห็นว่าเกิดประโยชน์กับนักเรียนจริง นักเรียนก็สามารถยอมรับได้ในที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกลยุทธ์และวิธีการของครูในการชี้แจงและอภิปรายร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน

1.3 ครูผู้สอนจะต้องมีความรู้รอบด้าน ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้คำปรึกษาและคำแนะนำนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างสรรค์ชิ้นงานที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะใช้หลักการที่แตกต่างกัน ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานนั้นๆ ให้รอบคอบและมากที่สุด

1.4 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ควรถูกจัดไว้ในรายวิชาเพิ่มเติมซึ่งเวลาสามารถยืดหยุ่นได้ และไม่ถูกกำหนดด้วยเนื้อหาที่มากเกินไป เนื่องจาก ในแต่ละกิจกรรมมีขั้นตอนในการดำเนินการค่อนข้างมาก ทั้งการคิด การหาข้อมูล การออกแบบ การสร้างชิ้นงาน การทดสอบและปรับปรุง การสะท้อนคิด การประเมินตนเอง การประเมินเพื่อน และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ และแต่ละขั้นตอนมีจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกัน ดังนั้น ควรจัดการเรียนรู้ให้ครบทุกขั้นตอน ไม่ควรข้ามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไป จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ไม่ต่อเนื่องและไม่เป็นระบบ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนหลังเรียนต่ำกว่าคะแนนก่อนเรียนในตัวแปรความเป็นอิสระของผู้เรียนและความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงสาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้คะแนนหลังเรียนต่ำกว่าก่อนเรียน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่นำมาสู่การอธิบายผลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งหาแนวทางการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนต่อไป

2.2 การวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีหลากหลายวิธีการ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เพียง 5 วิธีการเท่านั้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจนำวิธีการอื่นมาใช้ในการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ และศึกษาเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นในการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียน

2.3 ควรมีสร้างและศึกษาผลการใช้แพลตฟอร์มการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ เพื่อให้นักเรียนสามารถทราบผลการประเมินของเพื่อนและของครู รวมถึงนักเรียนสามารถเขียนบันทึกการเรียนรู้และได้รับข้อมูลย้อนกลับจากครูได้สะดวกมากขึ้น รวมถึงยังลดภาระการทำงานของครูและนักเรียนด้วย

2.4 การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาที่ตัวอย่างวิจัยในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังนั้น จึงควรมีการศึกษารูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระดับชั้นอื่นๆ เช่น ระดับประถมศึกษา เนื่องจาก มีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการพัฒนากระบวนการรู้คิด (metacognition) ควรพัฒนาในระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษา ไม่ควรพัฒนาใน

ระดับอุดมศึกษาเพราะผู้เรียนจะมีความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เคยผ่านมา ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาค่อนข้างยาก ดังนั้น ถ้ายิ่งพัฒนากระบวนการรู้คิดได้เร็วก็จะเป็นการปลูกฝังและทำให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงการกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตด้วย



บรรณานุกรม

- Alsharari, N. M., & Alshurideh, M. T. (2020). Student retention in higher education: the role of creativity, emotional intelligence and learner autonomy. *International Journal of Educational Management*. Anderson, T., & Dron, J. (2010). Three generations of distance education pedagogy. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(3), 80–97.
- Archambault, I., Pascal, S., Tardif-Grenier, K., Dupéré, V., Janosz, M., Parent, S., & Pagani, L.S. (2020) The contribution of teacher structure, involvement, and autonomy support on student engagement in low-income elementary schools, *Teachers and Teaching*, 26, 428-445, DOI: 10.1080/13540602.2020.1863208.
- Ardi, P. (2017). Promoting learner autonomy through schoology m-learning platform in an class at an Indonesian University. *Teacher English with Technology*, 17(2), p.55-76.
- Arnold, L. (2006). Understanding and promoting autonomy in UK online higher education. *International Journal of Instructional Technology & Distance Learning*, 3(7).
- Axelson, R. D., & Flick, A. (2010) Defining Student Engagement, *Change: The Magazine of Higher Learning*, 43(1), pp.38-43, DOI: 10.1080/00091383.2011.533096.
- Barkley, E. F. (2009). *Student Engagement Techniques: A Handbook for College Faculty*. USA: Jossey-Bass A Wiley Brand.
- Barkley, E. F., & Major, C. H. (2020). *Student Engagement Techniques: A Handbook for College Faculty*, 2nd Edition. USA: Jossey-Bass A Wiley Brand.
- Basri, F. (2020). Factors influencing learner autonomy and autonomy support in a faculty of education. *Teaching in Higher Education*, p.1-16. DOI: 10.1080/13562517.2020.1798921.
- Bergsmann, E., Schultes, M., Winter, P., Schober, B., & Spiel, C. (2015). Evaluation of competence-based teaching in higher education: From theory to practice. *Evaluation and Program Planning*, 52, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/>

j.evalprogplan.2015.03.001.

Bhattacharya, A., & Chauhan, K. (2010). Augmenting learner autonomy through blogging. *ELT Journal*, 64(4), 376-384. <https://doi.org/10.1093/elt/ccq002>.

Bybee, R. W. (2010). What is STEM education?. *Science*, 329(5995), 996-996.

CBE Thailand. (2564). *Competency - based Education หลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน พุทธศักราช (หลักสูตรฐานสมรรถนะ)*. <https://cbethailand.com>.

Chiu, T. K. F. (2021): Applying the self-determination theory (SDT) to explain student engagement in online learning during the COVID-19 pandemic. *Journal of Research on Technology in Education*, DOI: 10.1080/15391523.2021.1891998.

Coates, H. (2006). *Student Engagement in Campus-based and Online Education*. New York; Routledge.

Creative Education Foundation. (2014). *What is Creative Problem Solving?*. <https://www.creativeeducationfoundation.org/what-is-cps/>.

Dafei, D. (2007). An Exploration of the Relationship Between Learner Autonomy and English Proficiency. *Asian EFL Journal*, 2007, p.1-23.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), p.227-268.

Desta, M. A. (2020). An Investigation into the Association between Learning Autonomy, Language Anxiety and Thinking Style: University Students in Focus. *Journal of Language Teaching and Research*, 11(2), p.309-317. DOI: <http://dx.doi.org/10.17507/jltr.1102.21>.

Domaleski, C., Gong, B., Hess, K., Marion, S., Curl, C., & Peltzman, A. (2015). *Assessment to Support Competency-Based Pathways*. Washington, DC: Achieve.

Earl, L. M. (2003). *Assessment as Learning: Using Classroom Assessment to Maximise Student Learning*. Thousand Oaks, CA, Corwin Press.

EducationWeek. (2021). *Six Characteristics of a Great STEM Lesson*. <https://www.edweek.org/teaching-learning/opinion-six-characteristics-of-a-great-stem-lesson/2014/06>.

- Fin, J.D., & Zimmer, K. S. (2012). *Student Engagement: What Is It? Why Does It Matter?*. Handbook of Research on Student Engagement, 97-131.
- Firat, M. (2016). Measuring the e-Learning Autonomy of Distance Education Students. *Open Praxis*, 8(3), p.191-201.
- Fong, C. J., Dillard, J. B. & Hatcher, M. (2019). Teaching self-efficacy of graduate student instructors: Exploring faculty motivation, perceptions of autonomy support, and undergraduate student engagement. *International Journal of Educational Research*, 98, 91–105.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld P. C., & Paris, A. H. (2004) School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.
- Fuller, K. (2017). Beyond Reflection: Using ePortfolios for Formative Assessment to Improve Student Engagement in Non-Majors Introductory Science. *The American Biology Teacher*, 79(6), 442-449. DOI: <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.6.442>.
- Ginanjar, S. E., (2020). Realibility and Validity of Learning Autonomy for the First Middle School Student Based on Demography. *HONAI: International Journal for Educational, Social, Political & Cultural Studies*, 3(1), p.45-56.
- Gradner, H. (1993). *The Unschool Mind* (3rd ed.). New York: Basic Books.
- Howell, D. C. (2009). *Statistical methods for psychology*. Belmont, CA: Wadsworth. Cengage Learning.
- Hu, S., & Kuh, G. D. (2002). Being (dis)engaged in educationally purposeful activities: The influences of student and institutional characteristics. *Research in Higher Education*, 43(5), pp. 555-575.
- Hume, A., & Coll, R. K. (2009) Assessment of learning, for learning, and as learning: New Zealand case studies. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 16(3), 269-290, DOI: 10.1080/09695940903319661.
- Hutapea, N. M., (2019). Improving Senior High School Students Learning Autonomy through Generative Learning. *Journal of Educational Sciences*, 3(1), 84-95.

- Jing, H. & Benson, P. (2013). Autonomy, Agency and Identity in Foreign and Second Language Education. *Chinese Journal of Applied Linguistics (Quarterly)*, 36(1), p.7-28.
- Khandanai, S. (2005). *Engineering Design Process: Education transfer plan*. Industry Initiatives for Science and Maths, Santa Clara, CA, USA.
- Lee, I., Mak, P., & Yuan, R. E. (2019). Assessment as learning in primary writing classrooms: An exploratory study. *Studies in Educational Evaluation*, 62, p.72–81.
- Leedy, P.D. & Ormrod, J.E. (2021). *Practical Research: Planning and Design*. Pearson Education Limited
- Little, D. (n.d.). *Learning autonomy: drawing together the threads of self-assessment, goal-setting and reflection*. https://www.ecml.at/Portals/1/resources/Articles%20and%20publications%20on%20the%20ECML/Little_Learner%20autonomy.pdf.
- Little, D. (1995). Learning as dialogue: the dependence of learner autonomy on teacher autonomy. *Elsevier Science Ltd*, 23(2), p.175-181.
- Little, D. (2007). Language Learner Autonomy: Some Fundamental Considerations Revisited. *Innovation in Language Learning and Teaching*. 1. p.14-29.
- Little, D. (2012). Explanatory autonomy and Coleman's boat. *THEORIA.Revista de Teoría, Historia y Fundamentos de la Ciencia*, 27(2), 137-151.
- Liu, H., Yao, M., Li, J., & Li, R. (2021) Multiple mediators in the relationship between perceived teacher autonomy support and student engagement in math and literacy learning, *Educational Psychology*, 41(2), 116-136, DOI: 10.1080/01443410.2020.1837346.
- Loi, N. V. (2017). Promoting learner autonomy: Lesson from using project work as a supplement in English skills courses. *Can Tho University Journal of Science*, 7, 118-225. DOI : 10.22144/ctu.jen.2017.057.
- Lynch, R., & Dembo, M. (2004). The relationship between self-regulation and online learning in a blended learning context. *The International Review of Research in Distance Learning*, 5(2), p.1-16.

- Maker, C. J. (2020). Identifying exceptional talent in science, technology, engineering, and mathematics: Increasing diversity and assessing creative problem-solving. *Journal of Advanced Academics*, 31(3), 161-210.
- Manitoba Education. (2006). *Rethinking Classroom Assessment with Purpose in Mind : assessment for learning, assessment as learning, assessment of learning*. Manitoba Education, Citizenship and Youth.
- Ministry of Education, Ontario. (2010). *Growing Success: Assessment, Evaluation and Reporting in Ontario's Schools*. Ontario, Canada: Ministry of Education.
- Mitchell, W. E., & Kowalik, T. F. (1999). *Creative problem solving* (3rd ed.) . Genigraphics Inc.
- Muhammad. (2020). Promoting Student's Autonomy through Online Learning Media in EFL Class. *International Journal of Higher Education*, 9(4), p.320-331.
- Munns, G., & Woodward, H. (2006) Student engagement and student self-assessment: the framework, *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 13(2), 193-213, DOI: 10.1080/09695940600703969.
- Nafati, D. A. (2017). Motivation, Creativity, and Self-Confidence as Forming Factors of Economic Learning Autonomy. *Dinamika Pendidikan*, 12(2), p.182-195. DOI: 10.15294/dp.v12i2.13566.
- O'Grady, G. (2014). Holistic Assessment and Problem Based Learning. *One-Day, One-Problem: An Approach to Problem-based Learning*. 187-212.
- Oxford, R. L. (2008). Hero with a thousand faces: Learner autonomy, learning strategies and learning tactics in independent language learning. *Language learning strategies in independent settings*, 41-63.
- Perkins, D. N., Jay, E., & Tishman, S. (1993). Beyond abilities: A dispositional theory of thinking. *Merrill-Palmer Quarterly* (1982-), 1-21.
- Professional Testing. (2017). *Conduct the Item Analysis*. https://www.proftesting.com/test_topics/pdfs/steps_9.pdf.
- Puccio, G. J., Burnett, C., Acar, S., Yudess, J. A., Holinger, M., & Cabra, J. F. (2020). Creative problem solving in small groups: the effects of creativity training on idea generation, solution creativity, and leadership effectiveness. *The Journal of*

Creative Behavior, 54(2), 453-471.

- Ratminingsih, N. M., Marhaeni, A. A. I. N., & Vigayanti, L. P. D. (2018). Self-Assessment: The Effect on Students' Independence and Writing Competence. *International Journal of Instruction*, 11(3), 277-290. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11320a>.
- Reeve, J. (2009). Why Teachers Adopt a Controlling Motivating Style Toward Students and How They Can Become More Autonomy Supportive. *Educational Psychologist*, 44(3), p.159-175.
- Rotthoff, T., Kadmon, M. & Harendza, S. It does not have to be either or! Assessing competence in medicine should be a continuum between an analytic and a holistic approach. *Adv in Health Sci Educ* 26, 1659–1673 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10459-021-10043-0>.
- Sanprasert, N. (2010). The application of a course management system to enhance autonomy in learning English as a foreign language. *System*, 38(1), 109-123.
- Sereti, S., & Giossos, Y. (2018). Development of a Learner Autonomy Scale. *Open Education The Journal for Open and Distance Education and Educational Technology*. 14(1), p.94-103.
- Shatri, Z., G., & Zabeli, N. (2018). Perceptions of students and teachers about the forms and student self-assessment activities in the classroom during the formative assessment. *Journal of Social Studies Education Research*, 9(2), p.28-46.
- Shehata, M. G. M (2018). Using Flipped Learning for Enhancing Faculty of Education English Majors' Reflective Teaching Skills and Learning Autonomy. *Journal of Research Curriculum, Instruction and Educational Technology*, 4(4), p.37-80.
- Shen, B., Bai, B., & Xue, W. (2020). The effects of peer assessment on learner autonomy: An empirical study in a Chinese college English writing class. *Studies in Educational Evaluation*, 64, p.1-10.
- Shirzad, F., & Ebadi, S. (2020). Developing a Learner Autonomy Questionnaire in English as a Foreign Language Reading Comprehension. *Teaching English Language*, 14(1), p.273-307.
- Smith, R. (2008). Learner autonomy. *ELT Journal*, 26(4), p.395-397.

- Starr, Meghan L. (2011). *The Relationship Between Parenting Styles, Learning Autonomy, and Scholastic Achievement in Undergraduate College Students (Master's Thesis)*. Bucknell University, Pennsylvania.
- Stefanou, C. R., Perencevich, K. C., DiCintio, M., & Turner, J. C. (2004). Supporting autonomy in the classroom: Ways teachers encourage student decision making and ownership. *Educational Psychologist*, 39(2), 97-110.
- STEM Education Thailand. (2014). รู้จัก น ส ะ เตี ม . http://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- Stephens, K., & Winterbottom, M. (2010). Using a learning log to support students' learning in biology lessons. *Journal of Biological Education*, 44(2), 72-80, DOI: 10.1080/00219266.2010.9656197.
- Stufflebeam, D. L., & Coryn, C. L. (2014). *Evaluation theory, models, and applications* (2nd Edition). John Wiley & Sons.
- Sumarni, W., & Kadarwati, S. (2020). Ethno-stem project-based learning: Its impact to critical and creative thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 11-21.
- Suphandee, U., Sripai, S., Woonprasert, J., Ardwichai, S., & Suphandee, T. (2018). Indicators characteristics of Learners Autonomy in English Language of Primary 6 students in the Northeast of Thailand. *Educational Research and Reviews*, 13, 590-597. DOI: <http://doi.org/10.5897/ERR2018.3562>.
- Suresh Kumar, P. M., & Aithal, P. S. (2019). Competency assessment and grading in higher education. [Online]. *SCHOLEDGE International Journal of Multidisciplinary & Allied Studies*, 6(12): 127-136.
- Swatevacharkul, R. (2010). Are Tertiary Students Ready for Learner Autonomy. *SUDDHIPARITAD*. 24(74), 39-60
- Swatevacharkul, R. (2012). Learner Autonomy : Teachers' Perspectives and Implications. *SUDDHIPARITAD*. 26(78), 75-89
- Swatevacharkul, R. (2015). Learner Autonomy for English Learning of Thai EP High School Students. *SUDDHIPARITAD*, 29(91), 331-350.
- Szöcs, K. (2017). Teachers' and learners' beliefs about language learning autonomy

- and implications in the classroom: A mixed method study. *Apples-Journal of Applied Language Studies*, 11(2), p.125-145. DOI: <http://dx.doi.org/10.17011/apples/um.201708233542>.
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., ... & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1-12.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2004) . Celebrating 50 years of reflective practice: Versions of Creative Problem Solving. *Journal of Creative Behavior*. 38(2), 75-102.
- Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving: The history, development, and implications for gifted education and talent development. *Journal of Gifted Child Quarterly*, 49(4), 342-353.
- Tsai, Y. (2019). Promotion of learner autonomy within the framework of a flipped EFL instructional model: perception and perspectives. *Computer Assisted Language Learning*. DOI: 10.1080/09588221.2019.1650779.
- UGRAS, M. (2018). The Effects of STEM Activities on STEM Attitudes, Scientific Creativity and Motivation Beliefs of the Students and Their Views on STEM Education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182.
- University of Colorado at Boulder. (2022). *TeachEngineering*. https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_convshoes_lesson01_activity1.
- Villanueva, M. L., Ruiz-Madrid, M. N., & Luzón, M. J. (2010). *Learner autonomy in digital environments: Conceptual framework*. In M. J. Luzón, M. N. Ruiz-Madrid, and M. L. Villanueva (eds.), *Digital genre, new literacies and autonomy in language learning* (pp. 1-16). Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.
- White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important. *Florida Association Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-9.
- Yuan, J., & Kim, C. (2017). The effects of autonomy support on student engagement in

peer assessment. *Education Tech Research Dev*, 66, 25-52. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9538-x>.

- จักรกฤต ภูษงค์ประเวศ. (2563). ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา [ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิราภรณ์ มีสง่า และชนกานต์ ขาวลำลี. (2563). การพัฒนารูปแบบชุมชนแห่งการสืบสอบเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงของนักศึกษาครู. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 26(2), 104-118.
- ชนัญชิดา ทุมมานนท์, ปิยวรรณ วิเศษสุวรรณภูมิ, ชุติมา สุระเศรษฐ, จรินทร์ วินทะไชย์ และดุสิตา ทินมาลา. (2564). ผลของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสานที่มีต่อระดับการยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรี. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 23(2), 140-151.
- เชษฐา พวงหัตถ์. (2559). ว่าด้วยการทำความเข้าใจ สภาวะสมัยใหม่. *วารสารกึ่งวิชาการ*, 37(3), 92-96.
- โชติกา ภาชีผล ณัฐภรณ์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตั้งธนกานนท์. (2558). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณพัชร บัวขุน. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*. 14(3). 52-64.
- ณัฐพงศ์ กาญจนฉายา. (2016). การจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์. *Journal of Multidisciplinary in Social Sciences*, 12(3), 207-224.
- ณัฐภรณ์ หลาวทอง. (2551). *การวัดและการประเมินผลการศึกษา*. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). *การสร้างเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดุสิต ทองสุขนอก และณัฐกานต์ ศาสตรสูงเนิน. (2565). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

- ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว.
วารสารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 19(84), 128-138.
- ทิตนา แหมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ บริษัทเดอะ
มาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้น จำกัด.
- ทิตนา แหมมณี. (2548). *ศาสตร์การสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ด้านสุทธาการพิมพ์.
- ทิตนา แหมมณี. (2558). การประเมินขณะเรียนรู้. *วารสารราชบัณฑิตยสภา*, 40(3), 155-173.
- ทิตนา แหมมณี. (2562). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 23). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ธรรมโชติ เขียมทัศนะ, นฤมล พระใหญ่, รัญจวน คำขิรพิทักษ์ และวรรณุช แหมมแสง. (2560).
โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยทางสังคมที่มีต่อความยึด
มั่นผูกพันของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *Veridian E-Journal, Silpakorn
University*, 10(3), 52-67.
- บงกช วงศ์หล่อสายชล. (2555). *กลยุทธ์การสร้างความยึดมั่นผูกพันกับโรงเรียนของนักเรียนจาก
ผลการวิเคราะห์เอสอีเอ็ม: การพัฒนาและการนำไปปฏิบัติ* [วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต].
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปณตนนท์ เกียรติประภากุล. (2564). การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงผ่านการสอนโดยใช้ห้องเรียน
กลับด้านในรายวิชาปรัชญาการศึกษา. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยพะเยา*, 9(1), 72-86.
- ปัญจพล เกตราพูนสินไชย. (2565). รูปแบบการจัดการศึกษาที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีเปลี่ยนโลก
ในประเทศไทย: มหาวิทยาลัยเอกชน. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 41(1), 94-109.
- พัชรภรณ์ ฉันทพรรษา, ปิยะนารถ จันทรเล็ก และภาคพงศ์ ปวงสุข. (2563). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนเกษตร โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 19(3), 32-41.
- ภัศราภรณ์ สหะกิจ. (2021). ทรรศนะเกี่ยวกับทิศทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตร
ฐานสมรรถนะ ของประเทศไทย. *วารสารชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพครู*, 1(2), 112-137.
- โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม. (2562). *หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิต
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม พุทธศักราช 2553 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2562)*.

- วรพิชชา เวชวิริยะกุล และณัฐภรณ์ หลาวทอง. (2564). การวิเคราะห์ห้องค้ประคบและโปรไฟล์
แฟงของความยี้ดมั่นผูกพันของผู้เรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพมหานคร. *วารสาร
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 44(3), น. 111-127.
- วรรณธนะ ปัดชา และสืบสกุล อยู่ยีนง. (2559). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*,
9(3), 830-839.
- วัชรภรณ์ อมรศักดิ์. (2563). นวัตกรรมการบริหารวิชาการโรงเรียนมัธยมศึกษาตามแนวคิดการ
นำสะเต็มศึกษาไปใช้ในชีวิตจริง [ปริญญาดุชฎีบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วารินทร์พร พันเพื่องฟู. (2016). สะเต็มศึกษา. *Journal of Industrial Education*, 15(3), 198-203.
- วิมลพันธ์ ทรายทอง. (2561). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความ
ยี้ดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดย
การสอนแนะให้รู้คิดร่วมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ [ปริญญานิพนธ์
มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิลาวรรณ์ บั้นนุ่น และมนัสนันท์ น้ำสมบุญ. (2558). การศึกษาผลการเรียนรู้และทักษะการคิดชั้น
สูงเรื่อง เศรษฐศาสตร์นำรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ด้วย
รูปแบบซิปปา. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 8(2), 1144 – 1160.
- ศศิ กานต์ ลาจันทร์. (2557). ความรู้ทางวิทยาศาสตร์. <https://sites.google.com/site/sasikan04012534/khwam-ru-thang-withyasastr>.
- คันสนีย ียอดดำเนิน. (2563). การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 [ปริญญานิพนธ์
มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (*Classical Test Theory*).
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
(ม.ป.ป). การพัฒนาการคิดขั้นสูง [เอกสารที่ไม่มีการตีพิมพ์]. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา คณะกรรมการอิสระเพื่อการปฏิรูปการศึกษา. (2564).
รายงานเฉพาะเรื่องที่ ๑๒ หลักสูตรและการเรียนการสอนฐานสมรรถนะ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา.

[http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/05/STEMEducation2.](http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/05/STEMEducation2.pdf)

pdf.สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). **ความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ**. <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/scientific-literacy>.

สถน เสนาสวัสดิ์. (ม.ป.ป.). องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์. http://www.baanjommyut.com/library_2/scientific_thinking_skills/05.html.

สมเสมอ ทักษิณ, ปริณทร์ชัยวิสุทธิทางกูร, มนัส บุญประกอบ และพินิจ ขำวงษ์. (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ PACLE เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 11(2), 136-155.

สุภาพร จันทรดอกไม้. (2553). การพัฒนาแบบวัดทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น [ปริญาญาดุษฎีบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวรรณา อรรถชิตวาทีน. (2552). การสร้างแบบวัดทักษะการคิดขั้นสูงด้านการดำเนินชีวิตของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 [ปริญาญานิพนธ์มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุวิทย์ มูลคำ และอรรถัย มูลคำ. (2546). 19 วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ (พิมพ์ครั้งที่ 9). ภาพพิมพ์.

อัศรา ประเสริฐสิน, กมลทิพย์ ศรีหาเศษ และอารีรัตน์ ลาวน้อย. (2564). แนวทางการวัดและประเมินผลฐานสมรรถนะในศตวรรษที่ 21. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 27(2), 16-31.

อาภรณ์ ล้อสังวาลย์. (2545). *วิทยาศาสตร์พื้นฐาน*. กรุงเทพมหานคร : บริษัทพัฒนาวิชาการ.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ชยการ คีรีรัตน์
 ผู้ช่วยคณบดี คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิต
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
2. อาจารย์โกเมศ นาแฉ่ง
 อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิต
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
 อาจารย์ผู้สอนวิชาสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. อาจารย์รวิฏิกา ตั้งพุทธิพงศ์
 อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิต
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
 อาจารย์ผู้สอนวิชาสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
4. อาจารย์ศุจิภา งามสอาด
 อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิต
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
 อาจารย์ผู้สอนวิชาสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
5. อาจารย์จักรกฤต ภูวงศ์ประเวศ (อาจารย์สาธิตชำนาญการ)
 อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิต
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
 อาจารย์ผู้สอนวิชาสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินคุณภาพ
ของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธากา
อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวีภา ตั้งประภา
อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ดร. กิตติทัศน์ หวานจำ
อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย

**รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบรูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**

1. รองศาสตราจารย์.ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ
อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุทฤษฎ์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.รัชฎาภรณ์ พิณทอง
อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. อาจารย์เพ็ญนภา ศรีโสม
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) และหัวหน้าโครงการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
5. อาจารย์ จารุภา กิจเจริญปัญญา
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธากา
อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
7. อาจารย์ ดร. กิตติทัศน์ หวานจำ
อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8. อาจารย์ ดร.กรวรรณ แสงตระกูล
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
9. อาจารย์ ดร.ภัทรร เจนสุทธิเวชกุล
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
10. อาจารย์ชยวัฏ ศิริพันธุ์ศักดิ์
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และฝ่ายจัดการงานทั่วไป งานรูปแบบการเรียนรู้ไตรภาษา

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินคุณภาพ
แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้
เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1. อาจารย์ ดร. ณภาพัท พรหมแก้วงาม

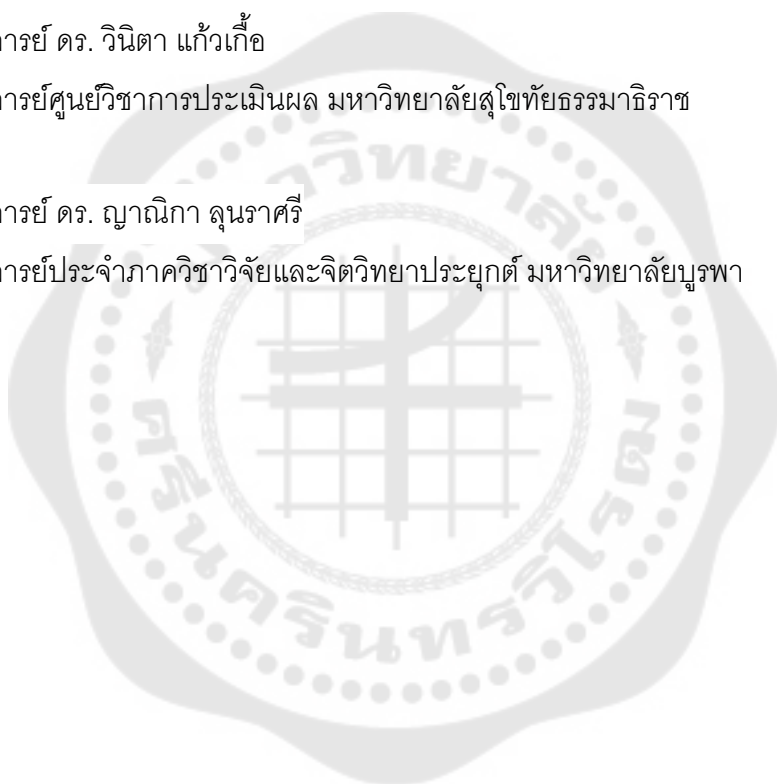
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ฝ่ายมัธยม

2. อาจารย์ ดร. วินิตา แก้วเกื้อ

อาจารย์ศูนย์วิชาการประเมินผล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

3. อาจารย์ ดร. ญาณิกา ดุนราศรี

อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยบูรพา



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
ที่ใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 2

1. รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ร่มพยอม วิจัยดิษฐ์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินดา วราสุนันท์
อาจารย์ประจำอาจารย์ภาควิชาครุศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
3. อาจารย์ปัทมธิดา ประสานสอน
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์
สิงหเสนี)

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน
ของแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา แบบวัดความเป็นอิสระของ
ผู้เรียน แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนแบบทดสอบและความสามารถในการ
แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุฤษฏี
อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ดร.กิตติทัศน์ หวานจำ
อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.ภัทรภร เจนสุทธิเวชกุล
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
4. ดร.เอกพล สุमानันทกุล
ผู้อำนวยการโรงเรียนสุमानันท์
5. อาจารย์จักรกฤต ภูงศ์ประเวศ
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน
ของเครื่องมือแบบประเมินคุณภาพผลงาน

1. อาจารย์ ดร. ณภาพัช พรหมแก้วงาม
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ฝ่ายมัธยม
2. ดร.เอกพล สุ่มานันท์กุล
ผู้อำนวยการโรงเรียนสุमानัน
3. ดร. สาวิตรี จุ้ยทอง
ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดสมุทรปราการ



ภาคผนวก ข
เอกสารจริยธรรมการวิจัย



ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย



ที่ อว 8718/

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

19 กันยายน 2565

เรื่อง ขออนุญาตผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 386/2565E

เรียน นางสาว ณัฐยานัน เลขาวัฒนพงษ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G-386/2565

ตามที่ท่านได้ส่งโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินผลเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 386/2565E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้ คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 19 กันยายน 2565 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number SWUEC/E/G-386/2565

Date of Approval 19 กันยายน 2565 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)

Date of Expiration 19 กันยายน 2566

Continuing Review ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 19 กันยายน 2566)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ขอความกรุณาให้ผู้วิจัยส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารที่ให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-386/2565) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุรพร กัทธสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 12430

โทรสาร 0-2259-1822

ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
(ต่อใบรับรองครั้งที่ 1)



ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและใบยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G-386/2565E (ต่อใบรับรองครั้งที่ 1)

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง : การพัฒนารูปแบบการวัดประเมินผลเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริม
สมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา
วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ชื่อผู้วิจัยหลัก : นางสาวณัฐธยาน์ เลขาวัฒนพงษ์

สังกัด : คณะศึกษาศาสตร์

เอกสารที่เสนอพิจารณาทบทวน :

แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย เพื่อขอต่ออายุการรับรอง ฉบับลงวันที่ 15 มกราคม 2567

วันที่ประชุม : 20 มีนาคม 2567 การประชุมครั้งที่ : 3/2567

ผลการพิจารณา : รับรอง

ข้อเสนอแนะ : โปรดจัดส่งรายงานความก้าวหน้าครั้งถัดไปก่อนใบรับรองหมดอายุล่วงหน้า 30 วัน
(ทั้งนี้ คณะกรรมการไม่รับรองการดำเนินงานวิจัยในช่วงระยะเวลาที่ใบรับรองหมดอายุ
ตั้งแต่วันที่ 20 กันยายน 2566 ถึงวันที่ 19 มีนาคม 2567)

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทนตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิตรกุล)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุรพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-386/2565

วันที่ให้การรับรอง : 20/03/2567

วันหมดอายุใบรับรอง : 19/09/2567



1. แผนการจัดการเรียนรู้



กลุ่มทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์คัดแยกขนาด

รายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2

ปีการศึกษา 2566

จำนวนชั่วโมง 4 ชั่วโมง

อาจารย์ผู้สอน อาจารย์ณัฐธยาน์ เลขะวัฒนพงษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้
2. อธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาดได้
3. อธิบายความหมายของความชัน และคำนวณความชันของอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้
4. อธิบายความหมายของแรงเสียดทานได้
5. บอกวิธีการคำนวณร้อยละประสิทธิภาพ และความผิดพลาดของการคัดแยกขนาดได้
6. บอกวิธีการคำนวณอัตราเร็วในการคัดแยกขนาดสัมได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ

7. สังเกตและระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
8. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้
9. ออกแบบ และวางแผนวิธีแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างสร้างสรรค์
10. สร้างผลงานหรือแบบจำลองเชิงสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้
11. ออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานหรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้
12. นำเสนอวิธีการ และผลงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้

ด้านคุณลักษณะ

13. มีความรับผิดชอบและมุ่งมั่นในการทำงาน
14. มีความใจกว้าง เปิดใจรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

เนื้อหาสาระ

1. หลักการทำงานของอุปกรณ์คัดแยกขนาด

อุปกรณ์คัดแยกขนาดผลผลิตทางการเกษตรโดยทั่วไปจะใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรกลิ้งลงมาในหลุมที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยหลุมที่มีขนาดเล็กจะต้องมีระยะห่างจากจุดเริ่มต้นน้อยกว่าหลุมที่มีขนาดใหญ่ จึงจะทำให้ผลผลิตที่มีขนาดใหญ่ไหลผ่านได้ แต่ผลผลิตที่มีขนาดเล็กไม่สามารถไหลผ่านและตกลงไปได้

2. ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการแยกขนาด

การคัดแยกขนาดจะต้องคำนึงถึงปัจจัย ดังนี้

2.1 ขนาดของช่องและทิศทางการออกแบบช่องหรือระยะระหว่างราง

การออกแบบขนาดของช่องหรือระยะระหว่างรางจะต้องพิจารณาถึงเส้นรอบวงของวัตถุที่นำมาใช้แยก และทิศทางการออกแบบช่องและราง โดยจะต้องให้วัตถุเริ่มไหลผ่านจากช่องที่มีขนาดเล็กไปยังขนาดใหญ่

2.2 ความชัน

ความชัน หมายถึง ค่าที่บอกถึงความลาดเอียงของช่องและราง โดยค่าความชันยิ่งมาก แสดงถึงระดับความลาดเอียงมาก

การคำนวณความชัน

$$\text{ความชัน} = \frac{\text{ระยะทางในแนวตั้ง}}{\text{ระยะทางในแนวระดับ}}$$

การนำความรู้เรื่องความชันมาประยุกต์ในการออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาด

การออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่มีความชันมีค่าน้อยเกินไปจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกถูกแยกได้ช้า แต่มีความแม่นยำมาก ในขณะที่หากความชันมีค่ามากเกินไปจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกถูกแยกได้เร็ว แต่มีความแม่นยำน้อย และถ้าความชันมีเท่ากับ 0 อาจจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

2.3 แรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน หมายถึง แรงต้านการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นบนผิวสัมผัสที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุ หรือแรงที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวสัมผัส ซึ่งส่งผลให้วัตถุดังกล่าวเคลื่อนที่ช้าลง หรือหยุดนิ่ง โดยจะมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ และมีขนาดขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุที่กระทำในลักษณะตั้งฉากกับพื้นที่ผิว และลักษณะของพื้นที่ผิวสัมผัส

การนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานมาประยุกต์ในการออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาด

การออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดในส่วนของกลไกในการแยกนั้น หากเลือกวัสดุที่มีลักษณะของพื้นที่ผิวเรียบเกินไปอาจจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกเคลื่อนที่เร็วจนไม่สามารถแยกได้ และหากเลือกวัสดุที่มีลักษณะของพื้นที่ผิวขรุขระเกินไปอาจจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกเคลื่อนที่ช้าเกินไปหรือไม่เคลื่อนที่ได้

2.4 ความแข็งแรงของวัสดุที่นำมาใช้สร้างเป็นกลไกในการแยก

การออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของวัสดุที่นำมาใช้ว่า จะต้องรองรับวัตถุที่ต้องการแยกได้

3. วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์คัดแยกขนาด

3.1 วิธีการหรร้อยละของประสิทธิภาพ และความผิดพลาดในการแยกขนาด

ร้อยละ หมายถึง อัตราส่วนที่ต้องการเทียบกับ 100 หรือ อัตราส่วนที่มีส่วนเป็น 100 โดยมีวิธีการหา ดังนี้

$$\text{ร้อยละของประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุที่คัดแยกได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนวัตถุที่นำมาคัดแยกทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของความผิดพลาดในการคัดแยกขนาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุที่คัดแยกผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุที่นำมาคัดแยกทั้งหมด}} \times 100$$

3.2 วิธีการหาอัตราเร็วในการแยก

$$\text{อัตราเร็วในการคัดแยก} = \frac{\text{จำนวนวัตถุที่นำมาคัดแยก (ลูก)}}{\text{ระยะเวลาในการคัดแยกทั้งหมด (วินาที)}} \times 100$$

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (10 นาที)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 – 4 คน จำนวน 6 กลุ่ม แบบคละความสามารถ
2. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับการคัดแยกขนาดจาก วีดิทัศน์ต่อไปนี้
 - 2.1 <https://youtube.com/shorts/w1FK3s7w-s?si=u3NtQe4gNoapp80E>
 - 2.2 <https://www.youtube.com/watch?v=Z5F8eErY9Q>
 - 2.3 <https://www.youtube.com/watch?v=Fj6qzDegfc4>
3. ครูตั้งประเด็นคำถามว่า “จากวีดิทัศน์ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรถูกคัดแยกขนาดได้อย่างไร”
(ใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงหรือแรงเหวี่ยงให้ผลิตภัณฑ์กลิ้งตกลงไปในช่องหรือรางที่มีขนาดแตกต่างกัน)
4. ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนศึกษา ดังนี้
“หากนักเรียนทำงานในโรงงานคัดแยกขนาดส้มซึ่งใช้เวลาในการคัดแยกนาน โดยมีเวลาในการคัดแยกส้มด้วยแรงงานคนปกติเฉลี่ย 50 นาที ต่อส้ม 25 กิโลกรัม ในขณะที่โรงงานใช้อุปกรณ์คัดแยกที่ใช้เวลาคัดแยกส้มเฉลี่ย 2 นาทีต่อส้ม 25 กิโลกรัม และโรงงานของนักเรียนเกิดความผิดพลาดในการแยกได้ง่าย อีกทั้งยังมีงบประมาณที่จำกัดไม่สามารถซื้อเครื่องจักรสำหรับคัดแยกขนาดส้มดังเช่นโรงงานในเมืองได้”
5. ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบการเรียนรู้ ดังนี้
 - 5.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาและความต้องการคืออะไร
(ต้องการคัดแยกขนาดส้มให้รวดเร็ว โดยต้องมีความแม่นยำและใช้งบประมาณน้อยที่สุด)
 - 5.2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาที่เกิดขึ้นมีความสำคัญกับชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง
(การคัดแยกสิ่งของที่มีหลายขนาดจะทำให้รวดเร็วยิ่งขึ้น และลดการใช้แรงงานมนุษย์และใช้อุปกรณ์ในการคัดแยกแทน)
 - 5.3 ข้อจำกัดในการแก้ปัญหาอะไรบ้าง
(งบประมาณจำกัด)
 - 5.4 นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจะสามารถแก้ไขได้หรือไม่ อย่างไร
(ได้ โดยออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดส้มอย่างง่ายและคำนึงถึงงบประมาณที่จำกัด โดยสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่มีช่องหรือรางขนาดแตกต่างกัน)

5.5 ถ้านักเรียนต้องการแก้ปัญหา ต้องพิจารณาถึงปัจจัยใดบ้าง

(ขนาดของผลสัม ความชันของพื้นเอียง ขนาดของช่อง ความแข็งแรงของวัสดุ และงบประมาณ)

5.6 ถ้านักเรียนต้องการสร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรมแก้ปัญหา นักเรียนจะอย่างไร

(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

6. นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น และความต้องการในการสร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรมแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรม

7. ครูกำหนดอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการสร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรมในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

7.1 กำหนดผลสัมจำลองโดยใช้ลูกบอล 4 ขนาด ขนาดละ 5 ลูก รวมเป็น 20 ลูก โดยลูกบอลแต่ละขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังนี้

1) ลูกบอลขนาด A มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 cm

2) ลูกบอลขนาด B มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.50 cm

3) ลูกบอลขนาด C มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 cm

4) ลูกบอลขนาด D มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.25 cm

7.2 นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะมีเงินจำลองเพื่อซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์คัดแยกขนาดจำนวน 1,200 บาท ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆ มีราคา ดังนี้

ยางรัด 5 เส้น	ราคา 100 บาท
ถุงแกง 3 ถุง	ราคา 100 บาท
ลูกโป่ง 3 ลูก	ราคา 100 บาท
หลอด 10 หลอด	ราคา 100 บาท
ไม้เสียบลูกชิ้น 10 ไม้	ราคา 100 บาท
ไม้ไอศกรีม 8 ไม้	ราคา 100 บาท
ตะเกียบ 3 คู่	ราคา 100 บาท
แก้วน้ำ 1 ใบ	ราคา 100 บาท
กรรไกร 1 เล่ม	ราคา 100 บาท
มีดคัตเตอร์ 1 อัน	ราคา 100 บาท
เทปใส 1 ม้วน	ราคา 100 บาท
เชือกขาว 1 เส้น	ราคา 200 บาท
เทปกาวสองหน้า 1 ม้วน	ราคา 200 บาท

ดินน้ำมัน 1 ก้อน	ราคา 200 บาท
จานกระดาษ 4 จาน	ราคา 200 บาท
จานพลาสติก 2 จาน	ราคา 200 บาท
กระดาษ A4 10 แผ่น	ราคา 200 บาท
กล่องกระดาษ 1 กล่อง	ราคา 200 บาท
แผ่นยาง 1 แผ่น	ราคา 200 บาท
แผ่นโฟมขนาด A4 1 แผ่น	ราคา 300 บาท
แผ่นกระดานไม้ขนาด A3 แผ่น	ราคา 300 บาท

8. ครูกำหนดเงื่อนไขในการสร้างและเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

8.1 กลุ่มใดสามารถสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่แยกขนาดผลส้มจำลองได้แม่นยำที่สุด รวดเร็วที่สุด และใช้จำนวนเงินน้อยที่สุด จะเป็นผู้ชนะ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

- 1) เกณฑ์ความแม่นยำในการแยก พิจารณาจากการที่ลูกบอลแต่ละขนาดถูกคัดแยกลงในช่องที่ถูกต้อง โดยให้นักเรียนคำนวณสัดส่วนความถูกต้องของการคัดแยก และสัดส่วนความผิดพลาดในการคัดแยก หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยมีการเทียบคะแนน ดังนี้

อันดับ 1	ได้ 10 คะแนน
อันดับ 2	ได้ 8 คะแนน
อันดับ 3	ได้ 6 คะแนน
อันดับ 4	ได้ 4 คะแนน
อันดับ 5-6	ได้ 2 คะแนน

- 2) เกณฑ์ความเร็วในการแยก พิจารณาจากการจับเวลาตั้งแต่เริ่มเทลูกบอล จำนวน 20 ลูก จนถึงเวลาที่ลูกบอลสุดท้ายตกลงไปในภาชนะที่ใช้แยก และให้นักเรียนคำนวณอัตราเร็วที่ได้ หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยมีการเทียบคะแนน ดังนี้

อันดับ 1	ได้ 5 คะแนน
อันดับ 2	ได้ 4 คะแนน
อันดับ 3	ได้ 3 คะแนน
อันดับ 4	ได้ 2 คะแนน
อันดับ 5-8	ได้ 1 คะแนน

- 3) เกณฑ์งบประมาณที่ใช้ จำนวนเงินที่เหลือ 100 บาท จะได้คะแนนเพิ่ม 1 คะแนน

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (20 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยของการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาด และตัวอย่างอุปกรณ์คัดแยกขนาดจากอินเทอร์เน็ต พร้อมให้นักเรียนบันทึกข้อมูลการศึกษาค้นคว้าในแบบบันทึกกิจกรรม ภายในเวลา 15 นาที
2. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่อง หลักการทำงานของอุปกรณ์คัดแยกขนาด ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด การคำนวณความชันของอุปกรณ์คัดแยกขนาด และแรงเสียดทาน
3. ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบการเรียนรู้ แล้วให้นักเรียนลงความคิดเห็นร่วมกันในกลุ่ม ดังนี้
 - 3.1 การสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหาต้องคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง
(ขนาดของช่องและทิศทางการออกแบบช่องหรือระยะระหว่างราง ความชันของพื้นเอียงที่เหมาะสม และวัสดุที่นำมาใช้เป็นพื้นเอียงโดยต้องพิจารณาถึงแรงเสียดทานและความแข็งแรงของพื้นเอียงด้วย)
 - 3.2 การแก้ปัญหาในอดีตมีวิธีการใดบ้าง และการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถตอบจุดประสงค์ได้หรือไม่
(คำตอบขึ้นอยู่กับการศึกษาค้นคว้าของแต่ละกลุ่ม)
 - 3.3 การแก้ปัญหาในอดีตมีจุดแข็ง จุดอ่อน และจุดที่ต้องพัฒนาอย่างไรบ้าง
(คำตอบขึ้นอยู่กับการศึกษาค้นคว้าของแต่ละกลุ่ม)
 - 3.4 การแก้ปัญหาดังกล่าวต้องใช้กลยุทธ์ หลักการหรือวิธีการใดบ้าง
(คำตอบขึ้นอยู่กับการลงความคิดเห็นร่วมกันของแต่ละกลุ่ม)
 - 3.5 จากการสืบค้นข้อมูลควรใช้วัสดุที่มีลักษณะอย่างไร
(วัสดุที่แข็งแรงที่สามารถรองรับน้ำหนักลูกบอลได้ มีความยาวเหมาะสมกับการดัดแปลงเป็นราง หรือสามารถตัดหรือเจาะให้เป็นรูได้ มีแรงเสียดทานพอเหมาะ)
4. ครูตั้งประเด็นให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสะท้อนคิด พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ดังนี้
 - 4.1 นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดที่จะทำให้การแก้ปัญหานี้สำเร็จ
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
 - 4.2 นักเรียนต้องการความช่วยเหลือจากครูอย่างไรบ้าง
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
 - 4.3 นักเรียนได้เรียนรู้อะไรจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (30 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนออกแบบวิธีการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดพร้อมวาดภาพประกอบในแบบบันทึกกิจกรรม
2. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบการเรียนรู้ ดังนี้
 - 2.1 จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง นักเรียนคิดว่าเป็นประโยชน์ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือไม่
(คำตอบขึ้นอยู่กับการศึกษาค้นคว้าของแต่ละกลุ่ม)
 - 2.2 นักเรียนใช้หลักวิทยาศาสตร์ใดบ้างในการสร้างผลงาน
(ความเร็วของการคัดแยกขนาดที่มีความสัมพันธ์กับความชันของพื้นเอียง)
 - 2.3 นักเรียนสามารถดัดแปลงแนวความคิดออกแบบนวัตกรรมโดยใช้เทคนิคสร้างความคิดสร้างสรรค์SCAMPER ได้หรือไม่ อย่างไร
(คำตอบขึ้นอยู่กับความเห็นร่วมกันแต่ละกลุ่มว่าการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดดังกล่าวสามารถลดสิ่งใดลงได้บ้าง สามารถเปลี่ยนสิ่งใดได้บ้าง สามารถใช้สิ่งใดแทนได้บ้าง เป็นต้น)
3. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้นักเรียนเขียนสะท้อนคิด พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ดังนี้
 - 3.1 ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นเพียงพอกับการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอขาดข้อมูลใด
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
 - 3.2 เมื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเสร็จแล้วมีความรู้สึกอย่างไร
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (90 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาและอภิปรายแนวคิดของตนเอง พร้อมลงความเห็นเกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่น่าจะแก้ปัญหาได้ดีที่สุด พร้อมวาดภาพการออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง และระบุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการสร้าง
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนวางแผนการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาด การเลือกซื้ออุปกรณ์จากเงินจำลอง และการมอบหมายหน้าที่ให้กับสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการสร้างลงในแบบบันทึกกิจกรรม
4. ครูตั้งประเด็นคำถามให้นักเรียนพิจารณาและลงความเห็นในกลุ่มของตนเอง ดังนี้

- 4.1 แนวคิดของใครเหมาะสมที่จะนำมาแก้ปัญหามากที่สุด
(คำตอบขึ้นอยู่กับความเห็นร่วมกันของแต่ละกลุ่ม)
- 4.2 นักเรียนจะมีการพัฒนาหรือปรับปรุงงานจากแนวคิดหลักหรือไม่ อย่างไร
(คำตอบขึ้นอยู่กับความเห็นร่วมกันของแต่ละกลุ่ม)
5. นักเรียนลงมือสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดตามที่ออกแบบไว้ภายในเวลา 60 นาที โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับลูกบอลทั้ง 4 ขนาด ขนาดละ 1 ลูก รวม 4 ลูก สำหรับวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อใช้ในการออกแบบและทดสอบผลงานระหว่างสร้าง
6. ครูคอยให้ความช่วยเหลือระหว่างนักเรียนสร้างผลงาน กระตุ้นให้นักเรียนทำงานร่วมกัน ให้ข้อมูลในการพัฒนาผลงานให้ดีขึ้น พร้อมทั้งดูแลความเรียบร้อยและความปลอดภัยระหว่างการทำกิจกรรม
7. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดเสร็จ นักเรียนสามารถทดสอบได้ไม่เกิน 2 ครั้ง เพื่อนำไปปรับปรุงอุปกรณ์คัดแยกขนาดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และบันทึกผลการทดสอบลงในแบบบันทึกกิจกรรม
8. ครูตั้งประเด็นคำถามให้นักเรียนเขียนสะท้อนคิด พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ดังนี้
 - 8.1 เมื่อดำเนินการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อแก้ปัญหาเสร็จแล้ว นักเรียนรู้สึกอย่างไร
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
 - 8.2 นักเรียนพึงพอใจกับการดำเนินการแก้ปัญหานี้หรือไม่
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
 - 8.3 ถ้านักเรียนไม่พึงพอใจ จะแก้ไขอย่างไร
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที)

1. ครูนำอภิปรายตารางบันทึกผลการทดสอบ และสอนวิธีการคิดประสิทธิภาพของการคัดแยกขนาด ความคลาดเคลื่อนในการแยก และความเร็วในการแยก โดยใช้คำถามดังนี้
 - 1.1 หากต้องการทราบว่าผลสัมฤทธิ์ตกไปในตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นร้อยละเท่าไร ควรทำอย่างไร
(นำผลสัมฤทธิ์ที่ตกอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องมาหารด้วยสัมพัทธ์ทั้งหมดคูณด้วย 100)
 - 1.2 หากต้องการทราบว่าผลสัมฤทธิ์ตกไปในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องเป็นร้อยละเท่าไร ควรทำอย่างไร
(นำผลสัมฤทธิ์ที่ตกอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องมาหารด้วยสัมพัทธ์ทั้งหมดคูณด้วย 100)

- 1.3 หากต้องการทราบว่าความเร็วในการแยกสั้มของเป็นเท่าไร ควรทำอย่างไร
(นำจำนวนสั้มที่ใช้แยกมาหารด้วยเวลาในการแยกสั้มทั้งหมด)
- 1.4 ในการหาอัตราเร็วในการแยกสั้ม นักเรียนควรจับเวลาอย่างไร เพราะเหตุใด
(เริ่มจับเวลาตั้งแต่ผลสั้มลูกแรกตกลงพื้นเอียง และหยุดจับเวลาเมื่อผลสั้มลูกสุดท้ายตกลง
ภาชนะที่แยก)
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบครั้งสุดท้ายพร้อมกัน และบันทึกผลการทดสอบลงในแบบบันทึก
กิจกรรม
3. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเขียนสะท้อนคิด พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ดังนี้
 - 3.1 นักเรียนคิดว่าผลงานของนักเรียนสามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริงหรือไม่ อย่างไร
(คำตอบขึ้นอยู่กับผลการทดสอบของแต่ละกลุ่ม)
 - 3.2 นักเรียนคิดว่าผลงานของกลุ่มตนเองมีประสิทธิภาพอย่างไร เมื่อเทียบกับคะแนนที่ได้
(คำตอบขึ้นอยู่กับผลการทดสอบของแต่ละกลุ่ม)
 - 3.3 ผลงานของกลุ่มตนเองมีข้อดี และข้อจำกัดอย่างไรบ้าง
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
 - 3.4 การทำงานของกลุ่มตนเองมีข้อบกพร่องอย่างไรบ้าง
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
 - 3.5 นักเรียนมีแนวทางการพัฒนาผลงานของกลุ่มตนเองอย่างไร
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
 - 3.6 จากกิจกรรมนี้ นักเรียนสามารถนำความรู้ใดไปประยุกต์ใช้อย่างไรได้บ้าง
(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)
4. นักเรียนประเมินผลงานของกลุ่มตนเองตามเกณฑ์ที่พิจารณาร่วมกันผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอ (30 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานและผลการทดสอบของกลุ่มตนเอง กลุ่มละ
3 นาที
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาด
ของกลุ่มตนเอง ผลการทดสอบของเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง เงินที่ใช้ และเงินที่
เหลือในการทำกิจกรรม
3. ครูตั้งประเด็นคำถาม เพื่อให้นักเรียนออกแบบการปรับปรุงผลงาน และให้นักเรียนบันทึกลงใน
แบบบันทึกกิจกรรม ดังต่อไปนี้

3.1 นักเรียนคิดว่าเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเองมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับคะแนนที่ได้ เพราะเหตุใด

(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

3.2 ถ้าหากนักเรียนต้องการแก้ไข และพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นักเรียนจะอย่างไร

(นักเรียนตอบตามความคิดของตนเอง)

3.3 การสร้างเครื่องคัดแยกขนาดใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หลักการใดบ้าง

(การหาความชัน อัตราเร็ว ประสิทธิภาพของผลงาน พื้นที่)

3.4 จากกิจกรรมนี้ นักเรียนสามารถนำความรู้ใดไปใช้ในชีวิตประจำวันได้บ้าง

(การคำนวณความชันของพื้นที่ในการสร้างทางลาด การใช้กลไกแยกสิ่งของโดยใช้ขนาดในการแยกเหรียญ เป็นต้น)

4. นักเรียนประเมินคุณภาพผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานของกลุ่มเพื่อนโดยการให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมิน

5. ครูประเมินผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยการให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมิน

หลังจบกิจกรรม (นอกเวลาเรียน)

1. ครูให้ผู้เรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเองรายบุคคล โดยมีประเด็นในการเขียน ดังนี้

1. นักเรียนมีความพึงพอใจกับผลงานของกลุ่มตนเองอย่างไร
2. สิ่งใดที่ตนเองทำได้ดีระหว่างทำกิจกรรม
3. ข้อบกพร่องของนักเรียนระหว่างทำกิจกรรมมีอะไรบ้าง
4. หลังจบกิจกรรมนักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง
5. นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร
6. หลังจบกิจกรรมนักเรียนต้องเรียนรู้และพัฒนาสิ่งใดเพิ่มเติมบ้าง
7. นักเรียนมีการวางแผนในการพัฒนาตนเองอย่างไร

2. ครูให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับผลการประเมินผลงาน และการทำงานร่วมกัน

สื่อการเรียนรู้

1. สื่อวีดิทัศน์ เกี่ยวกับอุปกรณ์การคัดแยกขนาด
2. วัสดุอุปกรณ์ในการจัดกิจกรรม

2.1 วัสดุ ได้แก่

2.1.1 ยางรัด

2.1.2 ถุงแกง

2.1.3 ลูกโป่ง

2.1.4 หลอด

2.1.5 ไม้เสียบลูกชิ้น

2.1.6 ไม้ไอศกรีม

2.1.7 ตะเกียบ

2.1.8 แก้วน้ำ

2.1.9 เทปใส

2.1.10 เชือกขาว

2.1.11 เทปกาบสองหน้า

2.1.12 ดินน้ำมัน

2.1.13 จานกระดาษ

2.1.14 จานพลาสติก

2.1.15 กระดาษ A4

2.1.16 กล่องกระดาษ

2.1.17 แผ่นยาง

2.1.18 แผ่นโฟมขนาด A4

2.1.19 แผ่นกระดานไม้ขนาด A3

2.1.20 ลูกบอล

2.2 อุปกรณ์ ได้แก่

2.2.1 กรรไกร

1 เล่มต่อกลุ่ม

2.2.2 มีดคัตเตอร์

1 อันต่อกลุ่ม

การวัดและประเมินการเรียนรู้

จุดประสงค์	การวัด	การประเมิน
1. อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้	1) การตอบคำถามในชั้นเรียน	1) ผู้เรียนตอบคำถามในชั้นเรียนได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
2. อธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาดได้	2) การบันทึกกิจกรรม	2) ผู้เรียนจดบันทึกในแบบบันทึกกิจกรรมได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
3. อธิบายความหมายของความชื้นและคำนวณความชื้นของอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้		
4. อธิบายความหมายของแรงเสียดทานได้		
5. บอกวิธีการคำนวณร้อยละประสิทธิภาพ และความผิดพลาดของการคัดแยกขนาดได้	1) การบันทึกกิจกรรม	1) ผู้เรียนจดบันทึกผลการคำนวณหาร้อยละประสิทธิภาพ และอัตราเร็วได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
6. บอกวิธีการคำนวณอัตราเร็วในการคัดแยกขนาดสัมได้	2) การสังเกต	2) ผู้เรียนมีการทดสอบเพื่อหาความชื้นประสิทธิภาพ และอัตราเร็วได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
7. สังเกตและระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1) การตอบคำถามในชั้นเรียน	1) ผู้เรียนตอบคำถามในชั้นเรียนได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
8. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้	2) การบันทึกกิจกรรม	2) ผู้เรียนจดบันทึกการระบุปัญหา การออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา และการทดสอบประสิทธิภาพในแบบบันทึกกิจกรรมได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
9. ออกแบบ และวางแผนวิธีแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างสร้างสรรค์		
11. ออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานหรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้	3) การสังเกต	3) นักเรียนเขียนสะท้อนคิดเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
		4) ผู้เรียนระบุปัญหา ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา และการทดสอบประสิทธิภาพได้อย่างเหมาะสม เกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด

จุดประสงค์	การวัด	การประเมิน
10. สร้างผลงานหรือแบบจำลองเชิงสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	1) การประเมินคุณภาพผลงานโดยตนเอง	ผู้เรียนสร้างผลงานโดยได้คะแนนคุณภาพผลงานเกินร้อยละ 60 ของทั้งหมด
	2) การประเมินคุณภาพผลงานโดยเพื่อน	
	3) การประเมินคุณภาพผลงานโดยครู	
12. นำเสนอวิธีการ และผลงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้	การสังเกต	นักเรียนมีความสามารถในการนำเสนอวิธีการและผลงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และตรงตามผลงานของตนเอง
13. มีความรับผิดชอบและมุ่งมั่นในการทำงาน 14. มีความใจกว้าง เปิดใจรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน	การสังเกต	ผู้เรียนรับผิดชอบในการทำงาน และรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น เกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1

อุปกรณ์คัดแยกขนาด

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

กำหนดสถานการณ์ต่อไปนี้

“หากนักเรียนทำงานในโรงงานคัดแยกขนาดส้มซึ่งใช้เวลาในการคัดแยกนาน โดยมีเวลาในการคัดแยกส้มด้วยแรงงานคนปกติเฉลี่ย 50 นาที ต่อส้ม 25 กิโลกรัม ในขณะที่โรงงานใช้อุปกรณ์คัดแยกที่ใช้เวลาคัดแยกส้มเฉลี่ย 2 นาทีต่อส้ม 25 กิโลกรัม และโรงงานของนักเรียนเกิดความผิดพลาดในการแยกได้ง่าย อีกทั้งยังมีงบประมาณที่จำกัดไม่สามารถซื้อ

จากสถานการณ์ดังกล่าว ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1.1) จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาและความต้องการของโรงงาน คืออะไร

1.2) นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจะสามารถแก้ไขได้หรือไม่ อย่างไร

1.3) ถ้านักเรียนต้องการแก้ปัญหา ต้องพิจารณาถึงปัจจัยใดบ้าง

1.4) ถ้านักเรียนต้องการสร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรมแก้ปัญหา นักเรียนจะทำอย่างไร

กิจกรรมสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาด

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาด โดยมีกติกา ดังนี้

1. อุปกรณ์คัดแยกขนาดต้องแยกผลส้มจำลองโดยใช้ลูกบอล 4 ขนาด ขนาดละ 5 ลูก รวมเป็น 20 ลูก โดยลูกบอลแต่ละขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังนี้

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| 1) ลูกบอลขนาด A | มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 cm |
| 2) ลูกบอลขนาด B | มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.50 cm |
| 3) ลูกบอลขนาด C | มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 cm |
| 4) ลูกบอลขนาด D | มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.25 cm |

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีเงินเพื่อให้อุปกรณ์ **จำนวน 1,200 บาท**

ใบสั่งซื้ออุปกรณ์ของกลุ่มที่ _____

อุปกรณ์พื้นฐาน : กรรไกร มีดคัตเตอร์ เทปใส

อุปกรณ์ราคา 100.-

_____ ยางรัด 5 เส้น	_____ ถุงร้อน 3 ถุง
_____ ลูกโป่ง 3 ลูก	_____ หลอด 10 ชิ้น
_____ ไม้ลูกชิ้น 10 ไม้	_____ ไม้ไอศกรีม 8 ไม้
_____ ตะเกียบ 3 คู่	_____ แก้วน้ำ 1 ใบ

อุปกรณ์ราคา 200.-

_____ เชือกขาว 1 เส้น	_____ กระดาษฟอยล์ 1 แผ่น
_____ เทปกาวยางสองหน้า 1 ม้วน	_____ ดินน้ำมัน 1 ก้อน
_____ จานกระดาษ 4 จาน	_____ จานพลาสติก 2 จาน
_____ กระดาษ A4 10 แผ่น	_____ กล่องกระดาษ 1 กล่อง
_____ แผ่นยาง 1 แผ่น	

อุปกรณ์ราคา 300.-

_____ ฟิวเจอร์บอร์ด 1 แผ่น	_____ แผ่นกระดาน 1 แผ่น
_____ แผ่นโฟม 1 แผ่น	

รวมจำนวนเงินที่กลุ่มนักเรียนใช้ไป _____ บาท

3. เกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1) ความแม่นยำในการคัดแยก | 10 คะแนน |
| 2) ความเร็วในการคัดแยก | 10 คะแนน |
| 3) จำนวนเงินที่ใช้ | 1 คะแนนต่อ 100 บาทที่เหลือ |

4. มีเวลาในการสร้างชิ้นงาน 60 นาที

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1) ปัจจัยของการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดมีอะไรบ้าง

2.2) ให้นักเรียนสืบค้น “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และจดบันทึกรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์ 1 ชิ้นงาน (ไม่ซ้ำกับเพื่อนในกลุ่ม)

ชื่อสิ่งประดิษฐ์ _____

อุปกรณ์คัดแยกขนาดที่สืบค้นมีหลักการ/วิธีการใด _____



จุดแข็ง คือ _____

จุดอ่อน คือ _____

ภาพจำลอง “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” ที่นักเรียนสืบค้น

2.3) นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดที่จะทำให้การแก้ไขปัญหานี้สำเร็จ

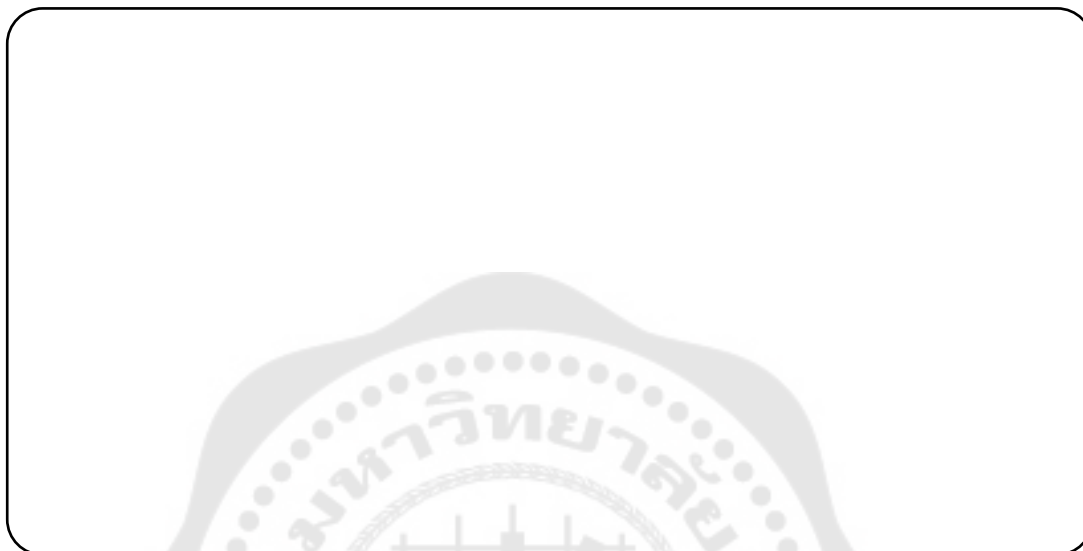
2.4) นักเรียนต้องการความช่วยเหลือจากครูอย่างไรบ้าง เพื่อให้การสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดสำเร็จ

2.5) นักเรียนได้เรียนรู้อะไรจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

3.1) ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดโดยใช้เทคนิคสร้างความคิดสร้างสรรค์

SCAMPER พร้อมวาดภาพประกอบ



ภาพจำลอง “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” ที่ตนเองออกแบบ

3.2) หลักการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่นำมาใช้ในการออกแบบ

3.3) ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นเพียงพอกับการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอขาดข้อมูลใด

3.4) เมื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเสร็จแล้ว นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไร

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

4.1) ให้นักเรียนพิจารณาและลงความเห็นแนวความคิดการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง พร้อมวาดภาพประกอบ



ภาพจำลอง “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” ของกลุ่มตนเอง

4.2) ให้นักเรียนระบุหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม

สมาชิก 1 ชื่อ _____ หน้าที่ _____

สมาชิก 2 ชื่อ _____ หน้าที่ _____

สมาชิก 3 ชื่อ _____ หน้าที่ _____

สมาชิก 4 ชื่อ _____ หน้าที่ _____

4.3) เมื่อดำเนินการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อแก้ปัญหาเสร็จแล้ว นักเรียนรู้สึกอย่างไร

4.4) นักเรียนพึงพอใจกับการดำเนินการแก้ปัญหานี้หรือไม่ อย่างไร

4.5) ถ้านักเรียนไม่พึงพอใจ จะแก้ไขอย่างไร

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไข

5.1) ให้นักเรียนบันทึกผลการทดสอบของกลุ่มตนเองลงในตาราง และคำนวณร้อยละของประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด และร้อยละของความผิดพลาดในการคัดแยกขนาด

ผลการทดสอบความแม่นยำและความเร็วของการคัดแยกขนาดและงบประมาณที่เหลือ

ประเด็นทดสอบ	ผลการทดสอบ	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ความแม่นยำในการคัดแยก (ลูก)		
ความเร็วในการคัดแยก (วินาที)		
จำนวนเงินที่เหลือ		

ความชันของอุปกรณ์คัดแยกขนาด เท่ากับ _____

ร้อยละของประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด เท่ากับ _____

ร้อยละของความผิดพลาดในการคัดแยกขนาด เท่ากับ _____

อัตราเร็วในการคัดแยก เท่ากับ _____

5.2) นักเรียนคิดว่าผลงานของนักเรียนสามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริงหรือไม่ อย่างไร

5.3) นักเรียนคิดว่าผลงานของกลุ่มตนเองมีประสิทธิภาพอย่างไร เมื่อเทียบกับคะแนนที่ได้

5.4) ผลงานของกลุ่มตนเองมีข้อดี และข้อจำกัดอย่างไร

5.5) การทำงานของกลุ่มตนเองมีข้อบกพร่องอย่างไร

5.6) นักเรียนมีแนวทางการพัฒนาผลงานของกลุ่มตนเองอย่างไร

ขั้นที่ 6 นำเสนอ

6.1) ให้นักเรียนประเมินตนเองและประเมินเพื่อนโดยสแกน QR code



หลังจบกิจกรรม

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนมีความพึงพอใจกับผลงานของกลุ่มตนเองอย่างไร

2. สิ่งใดที่ตนเองทำได้ดีระหว่างทำกิจกรรม

3. ข้อบกพร่องของนักเรียนระหว่างทำกิจกรรมมีอะไรบ้าง

4. หลังจบกิจกรรมนักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง

5. นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

6. หลังจบกิจกรรมนักเรียนต้องเรียนรู้และพัฒนาสิ่งใดเพิ่มเติมบ้าง

7. นักเรียนมีการวางแผนในการพัฒนาตนเองอย่างไร

Feedback จากครู

แบบประเมินตนเอง ประเมินเพื่อน และประเมินโดยครู

กลุ่มที่ _____

ให้นักเรียนประเมินตนเองและเพื่อนให้ตรงกับคุณภาพของผลงาน

ประเด็นการประเมิน		ระดับการประเมิน		
		1	2	3
1. ความแปลกใหม่	1. ความคิดริเริ่ม (Originality)			
	2. ความประหลาดใจ (Surprising)			
2. การแก้ปัญหา	3. ความสมเหตุสมผล (Logicalness)			
	4. ความมีประโยชน์ (Usefulness)			
	5. ความมีคุณค่า (Value)			
	6. ความเข้าใจ (Understandability)			
3. ความประณีตและ การสร้างสรรค์สิ่ง ใหม่	7. คุณภาพ (Organic qualities)			
	8. ความประณีต (Well-crafted)			
	9. ความสวยงาม (Elegance)			

เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน		
		0	1	2
1. ความแปลกใหม่ (Novelty) หมายถึง ความสามารถทาง สมรรถนะที่คิดได้ หลากหลาย โดย พิจารณาจาก ความแปลกใหม่ ด้านวัสดุ กระบวนการ หรือ แนวคิดในการ สร้างสรรค์ผลงาน	1. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ผลงานที่ แตกต่างจากผลงาน ทั่วไปหรือไม่ซ้ำกับ ผู้อื่น เมื่อเทียบกับ บุคคลที่อายุ ประสบการณ์ และ การฝึกฝนที่ใกล้เคียง กัน	ผลงานไม่มีความ แตกต่างจากผลงาน ทั่วไปทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ และ แนวคิด	ผลงานมีความ แตกต่างจาก ผลงานทั่วไปใน ด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ หรือ แนวคิด	ผลงานมีความ แตกต่างจาก ผลงานทั่วไปทั้งใน ด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ และ แนวคิด
	2. ความประหลาดใจ หมายถึง ผลงานที่ทำให้ ผู้พบเห็นเกิด ความรู้สึกน่าตื่นตาตื่น ใจ แปลกใจ หรือเกิน ความคาดหมาย	ผลงานไม่ทำให้รู้สึก น่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ หรือเกิน ความคาดหมาย	ผลงานทำให้รู้สึก น่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ แต่ไม่ เกินความ คาดหมาย	ผลงานทำให้รู้สึกน่า ตื่นตาตื่นใจ แปลก ใจ หรือเกินความ คาดหมาย
2. การแก้ปัญหา (Resolution) หมายถึง ความสามารถในการ แก้ปัญหาที่ เหมาะสมกับ ความต้องการ มี ความ สมเหตุสมผล มี ประโยชน์และมี คุณค่า	3. ความสมเหตุสมผล หมายถึง ผลงานที่ สร้างด้วยวิธีการที่มี เหตุผลทาง วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และเหมาะสม	ผลงานที่สร้างด้วย วิธีการที่มีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ที่ ไม่ถูกต้องและไม่ เหมาะสม ทั้งใน ด้านความรู้ การ เลือกวัสดุอุปกรณ์ และการดำเนินงาน	ผลงานที่สร้างด้วย วิธีการที่มีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ที่ ไม่ถูกต้องหรือไม่ เหมาะสม ในด้าน ความรู้ การเลือก วัสดุอุปกรณ์ หรือ การดำเนินงาน	ผลงานสร้างด้วย วิธีการที่มีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ที่ ถูกต้องและ เหมาะสม ทั้งใน ด้านความรู้ การ เลือกวัสดุอุปกรณ์ และการดำเนินงาน
	4. ความมีประโยชน์ หมายถึง ผลงานที่ สามารถนำไปใช้ แก้ปัญหาได้จริง	ผลงานไม่สามารถ นำไปใช้แก้ปัญหาได้ จริง	ผลงานสามารถ นำไปใช้แก้ปัญหา ได้ แต่ไม่แข็งแรง หรือไม่สะดวกต่อ การนำไปใช้	ผลงานสามารถ นำไปใช้แก้ปัญหา ได้จริง มีความ แข็งแรง และ สะดวกต่อการ นำไปใช้งานจริง

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน		
		0	1	2
	5. ความคุณค่า หมายถึง ผลงานที่มี ประโยชน์ มีความเป็น จำ และมีความสำคัญ กับการดำเนินชีวิต	ผลงานไม่มี ประโยชน์ ไม่มีความ เป็นจำ และไม่มี ความสำคัญกับการ ดำเนินชีวิต	ผลงานมีประโยชน์ แต่ไม่มีความเป็น จำ หรือไม่มี ความสำคัญกับ การดำเนินชีวิต	ผลงานมีประโยชน์ มีความเป็นจำ และ มีความสำคัญกับ การดำเนินชีวิต
	6. ความเข้าใจ หมายถึง ผลงานที่สื่อ ความหมายของ วิธีการใช้ หรือการ นำไปใช้ให้เข้าใจได้ ง่าย	เมื่อชมผลงานแล้ว ผลงานไม่สื่อ ความหมายว่าคือสิ่ง ใด และไม่สื่อถึง วิธีการนำไปใช้	เมื่อชมผลงานแล้ว ทราบว่าเป็นสิ่งใด แต่ไม่สื่อถึงวิธีการ นำไปใช้	เมื่อชมผลงานแล้ว ทราบว่าเป็นสิ่งใด และสื่อถึงวิธีการ นำไปใช้ให้เข้าใจได้ ง่าย
3. ความประณีต และการ สร้างสรรค์สิ่ง ใหม่ (Elaboration and Synthesis) หมายถึง ความสามารถใน การสร้างผลงาน ใหม่ที่มีความ ซับซ้อนโดยใช้ ความชำนาญ อย่างละเอียด ลออ ประณีต และ พิถีพิถัน ความ ประณีตและการ สร้างสรรค์สิ่งใหม่	7. คุณภาพ หมายถึง ผลงานที่เกิด จากการดำเนินงาน หรือการออกแบบที่มี ความสมบูรณ์ มี ประสิทธิภาพ และมี มาตรฐานตามที่ ต้องการ	ผลงานไม่เสร็จ สมบูรณ์ และไม่มี ประสิทธิภาพ และ มาตรฐานตามที่ ต้องการ	ผลงานเสร็จแต่ไม่ สมบูรณ์ทุกส่วน ต้องมีการ ออกแบบหรือ ปรับปรุงอุปกรณ์ บางส่วน จึงจะทำ ให้มีประสิทธิภาพ และมาตรฐาน ตามที่ต้องการ	ผลงานเสร็จ สมบูรณ์ทุกส่วน มี ประสิทธิภาพ และ มาตรฐานตามที่ ต้องการ
	8. ความประณีต หมายถึง ผลงานที่ถูก สร้างขึ้นด้วยความ พิถีพิถัน และตั้งใจทำ อย่างดี	ผลงานไม่มีความ พิถีพิถัน และแสดง ถึงความไม่ตั้งใจทำ ผลงานหรือการ ทำงานอย่างเร่งรีบ	ผลงานมีความ พิถีพิถันบางส่วน	ผลงานมีความ พิถีพิถัน และแสดง ถึงความตั้งใจทำ ผลงานอย่างดี
	9. ความสวยงาม หมายถึง ผลงานที่มี ความสวยงาม ดึงดูด ใจ และทำให้เกิด ความเพลิดเพลิน	ผลงานไม่มีความ สวยงาม ดึงดูดใจ และไม่ทำให้เกิด ความเพลิดเพลิน	ผลงานมีความ สวยงาม ดึงดูดใจ แต่ไม่ทำให้เกิด ความเพลิดเพลิน ส่วนประกอบของ งานดูไม่กลมกลืน กัน	ผลงานมีความ สวยงาม ดึงดูดใจ และทำให้เกิดความ เพลิดเพลิน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์คัดแยกขนาด

กลุ่มควบคุม

รายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2

ปีการศึกษา 2566

จำนวนชั่วโมง 4 ชั่วโมง

อาจารย์ผู้สอน อาจารย์ณัฐธยาน์ เลขะวัฒนพงษ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้
2. อธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาดได้
3. อธิบายความหมายของความชัน และคำนวณความชันของอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้
4. อธิบายความหมายของแรงเสียดทานได้
5. บอกวิธีการคำนวณร้อยละประสิทธิภาพ และความผิดพลาดของการคัดแยกขนาดได้
6. บอกวิธีการคำนวณอัตราเร็วในการคัดแยกขนาดสัมได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ

7. สังเกตและระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
8. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้
9. ออกแบบ และวางแผนวิธีแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างสร้างสรรค์
10. สร้างผลงานหรือแบบจำลองเชิงสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
11. ออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานหรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้
12. นำเสนอวิธีการ และผลงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้

ด้านคุณลักษณะ

13. มีความรับผิดชอบและมุ่งมั่นในการทำงาน
14. มีความใจกว้าง เปิดใจรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

เนื้อหาสาระ

1. หลักการทำงานของอุปกรณ์คัดแยกขนาด

อุปกรณ์คัดแยกขนาดผลผลิตทางการเกษตรโดยทั่วไปจะใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรกลิ้งลงมาในหลุมที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยหลุมที่มีขนาดเล็กจะต้องมีระยะห่างจากจุดเริ่มต้นน้อยกว่าหลุมที่มีขนาดใหญ่ จึงจะทำให้ผลผลิตที่มีขนาดใหญ่ไหลผ่านได้ แต่ผลผลิตที่มีขนาดเล็กไม่สามารถไหลผ่านและตกลงไปได้

2. ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการแยกขนาด

การคัดแยกขนาดจะต้องคำนึงถึงปัจจัย ดังนี้

2.1 ขนาดของช่องและทิศทางการออกแบบช่องหรือระยะระหว่างราง

การออกแบบขนาดของช่องหรือระยะระหว่างรางจะต้องพิจารณาถึงเส้นรอบวงของวัตถุที่นำมาใช้แยก และทิศทางการออกแบบช่องและราง โดยจะต้องให้วัตถุเริ่มไหลผ่านจากช่องที่มีขนาดเล็กไปยังขนาดใหญ่

2.2 ความชัน

ความชัน หมายถึง ค่าที่บอกถึงความลาดเอียงของช่องและราง โดยค่าความชันยิ่งมาก แสดงถึงระดับความลาดเอียงมาก

การคำนวณความชัน

$$\text{ความชัน} = \frac{\text{ระยะทางในแนวตั้ง}}{\text{ระยะทางในแนวระดับ}}$$

การนำความรู้เรื่องความชันมาประยุกต์ในการออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาด

การออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่มีความชันมีค่าน้อยเกินไปจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกถูกแยกได้ช้า แต่มีความแม่นยำมาก ในขณะที่หากความชันมีค่ามากเกินไปจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกถูกแยกได้เร็ว แต่มีความแม่นยำน้อย และถ้าความชันมีเท่ากับ 0 อาจจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

2.3 แรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน หมายถึง แรงต้านการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นบนผิวสัมผัสที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุ หรือแรงที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวสัมผัส ซึ่งส่งผลให้วัตถุดังกล่าวเคลื่อนที่ช้าลง หรือหยุดนิ่ง โดยจะมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ และมีขนาดขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุที่กระทำในลักษณะตั้งฉากกับพื้นที่ผิว และลักษณะของพื้นที่ผิวสัมผัส

การนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานมาประยุกต์ในการออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาด

การออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดในส่วนของกลไกในการแยกนั้น หากเลือกวัสดุที่มีลักษณะของพื้นที่ผิวเรียบเกินไปอาจจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกเคลื่อนที่เร็วจนไม่สามารถแยกได้ และหากเลือกวัสดุที่มีลักษณะของพื้นที่ผิวขรุขระเกินไปอาจจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกเคลื่อนที่ช้าเกินไปหรือไม่เคลื่อนที่ได้

2.4 ความแข็งแรงของวัสดุที่นำมาใช้สร้างเป็นกลไกในการแยก

การออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของวัสดุที่นำมาใช้ว่า จะต้องรองรับวัตถุที่ต้องการแยกได้

3. วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์คัดแยกขนาด

3.1 วิธีการหรร้อยละของประสิทธิภาพ และความผิดพลาดในการแยกขนาด

ร้อยละ หมายถึง อัตราส่วนที่ต้องการเทียบกับ 100 หรือ อัตราส่วนที่มีส่วนเป็น 100 โดยมีวิธีการหา ดังนี้

$$\text{ร้อยละของประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุที่คัดแยกได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนวัตถุที่นำมาคัดแยกทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของความผิดพลาดในการคัดแยกขนาด} = \frac{\text{จำนวนวัตถุที่คัดแยกผิดพลาด}}{\text{จำนวนวัตถุที่นำมาคัดแยกทั้งหมด}} \times 100$$

3.2 วิธีการหาอัตราเร็วในการแยก

$$\text{อัตราเร็วในการคัดแยก} = \frac{\text{จำนวนวัตถุที่นำมาคัดแยก (ลูก)}}{\text{ระยะเวลาในการคัดแยกทั้งหมด (วินาที)}} \times 100$$

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (10 นาที)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 – 4 คน จำนวน 6 กลุ่ม แบบคละความสามารถ
2. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับการคัดแยกขนาดจาก วีดิทัศน์ต่อไปนี้
 - 2.1 <https://youtube.com/shorts/w1FK3s7w-s?si=u3NtQe4gNoapp80E>
 - 2.2 <https://www.youtube.com/watch?v=Z5F8eErfY9Q>
 - 2.3 <https://www.youtube.com/watch?v=Fj6qzDegfc4>
3. ครูตั้งประเด็นคำถามว่า “จากวีดิทัศน์ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรถูกคัดแยกขนาดได้อย่างไร”
(ใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงหรือแรงเสียดทานให้ผลิตภัณฑ์กลิ้งตกลงไปในช่องหรือรางที่มีขนาดแตกต่างกัน)
4. ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนศึกษา ดังนี้
“หากนักเรียนทำงานในโรงงานคัดแยกขนาดส้มซึ่งใช้เวลาในการคัดแยกนาน โดยมีเวลาในการคัดแยกส้มด้วยแรงงานคนปกติเฉลี่ย 50 นาที ต่อส้ม 25 กิโลกรัม ในขณะที่โรงงานใช้อุปกรณ์คัดแยกที่ใช้เวลาคัดแยกส้มเฉลี่ย 2 นาทีต่อส้ม 25 กิโลกรัม และโรงงานของนักเรียนเกิดความผิดพลาดในการแยกได้ง่าย อีกทั้งยังมีงบประมาณที่จำกัดไม่สามารถซื้อเครื่องจักรสำหรับคัดแยกขนาดส้มดังเช่นโรงงานในเมืองได้”
5. ครูตั้งประเด็นคำถาม ดังนี้
 - 5.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาและความต้องการคืออะไร
(ต้องการคัดแยกขนาดส้มให้รวดเร็ว โดยต้องมีความแม่นยำและใช้งบประมาณน้อยที่สุด)
6. นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น และความต้องการในการสร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรมแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรม
7. ครูกำหนดอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการสร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรมในแต่ละกลุ่ม ดังนี้
 - 7.3 กำหนดผลส้มจำลองโดยใช้ลูกบอล 4 ขนาด ขนาดละ 5 ลูก รวมเป็น 20 ลูก โดยลูกบอลแต่ละขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังนี้
 - 1) ลูกบอลขนาด A มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 cm
 - 2) ลูกบอลขนาด B มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.50 cm
 - 3) ลูกบอลขนาด C มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 cm
 - 4) ลูกบอลขนาด D มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.25 cm

7.4 นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะมีเงินจำลองเพื่อใช้ให้ซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์คัดแยกขนาดจำนวน 1,200 บาท ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆ มีราคา ดังนี้

ยางรัด 5 เส้น	ราคา 100 บาท
ถุงแกง 3 ถุง	ราคา 100 บาท
ลูกโป่ง 3 ลูก	ราคา 100 บาท
หลอด 10 หลอด	ราคา 100 บาท
ไม้เสียบลูกชิ้น 10 ไม้	ราคา 100 บาท
ไม้ไอศกรีม 8 ไม้	ราคา 100 บาท
ตะเกียบ 3 คู่	ราคา 100 บาท
แก้วน้ำ 1 ใบ	ราคา 100 บาท
กรรไกร 1 เล่ม	ราคา 100 บาท
มีดคัตเตอร์ 1 อัน	ราคา 100 บาท
เทปใส 1 ม้วน	ราคา 100 บาท
เชือกขาว 1 เส้น	ราคา 200 บาท
เทปกาวยสองหน้า 1 ม้วน	ราคา 200 บาท
ดินน้ำมัน 1 ก้อน	ราคา 200 บาท
จานกระดาษ 4 จาน	ราคา 200 บาท
จานพลาสติก 2 จาน	ราคา 200 บาท
กระดาษ A4 10 แผ่น	ราคา 200 บาท
กล่องกระดาษ 1 กล่อง	ราคา 200 บาท
แผ่นยาง 1 แผ่น	ราคา 200 บาท
แผ่นโฟมขนาด A4 1 แผ่น	ราคา 300 บาท
แผ่นกระดานไม้ขนาด A3 แผ่น	ราคา 300 บาท

8. ครูกำหนดเงื่อนไขในการสร้างและเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

8.2 กลุ่มใดสามารถสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่แยกขนาดผลส้มจำลองได้แม่นยำที่สุด รวดเร็วที่สุด และใช้จำนวนเงินน้อยที่สุดจะเป็นผู้ชนะ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

- 1) เกณฑ์ความแม่นยำในการแยก พิจารณาจากการที่ลูกบอลแต่ละขนาดถูกคัดแยกลงในช่องที่ถูกขนาด โดยให้นักเรียนคำนวณสัดส่วนความถูกต้องของการคัดแยก และสัดส่วนความผิดพลาดในการคัดแยก หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยมีการเทียบคะแนน ดังนี้

อันดับ 1	ได้ 10 คะแนน
อันดับ 2	ได้ 8 คะแนน
อันดับ 3	ได้ 6 คะแนน
อันดับ 4	ได้ 4 คะแนน
อันดับ 5-8	ได้ 2 คะแนน

- 2) เกณฑ์ความเร็วในการแยก พิจารณาจากการจับเวลาตั้งแต่เริ่มเทลูกบอล จำนวน 20 ลูก จนถึงเวลาที่ลูกบอลสุดท้ายตกลงไปในภาชนะที่ใช้แยก และให้นักเรียนคำนวณอัตราเร็วที่ได้ หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยมีการเทียบคะแนน ดังนี้

อันดับ 1	ได้ 5 คะแนน
อันดับ 2	ได้ 4 คะแนน
อันดับ 3	ได้ 3 คะแนน
อันดับ 4	ได้ 2 คะแนน
อันดับ 5-8	ได้ 1 คะแนน

- 3) เกณฑ์งบประมาณที่ใช้ จำนวนเงินที่เหลือ 100 บาท จะได้คะแนนเพิ่ม 1 คะแนน

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (20 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยของการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาด และตัวอย่างอุปกรณ์คัดแยกขนาดจากอินเทอร์เน็ต พร้อมให้นักเรียนบันทึกข้อมูลการศึกษาค้นคว้าในแบบบันทึกกิจกรรม ภายในเวลา 15 นาที
2. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่อง หลักการทำงานของอุปกรณ์คัดแยกขนาด ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด การคำนวณความชันของอุปกรณ์คัดแยกขนาด และแรงเสียดทาน

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (30 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนออกแบบวิธีการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดพร้อมวาดภาพประกอบลงในแบบบันทึกกิจกรรม
2. ครูตั้งประเด็นคำถามจากแนวคิดการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่นักเรียนได้สืบค้นเพื่อให้ร่วมกันคิดภายในกลุ่ม ดังนี้
 - 2.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่นักเรียนศึกษา เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
(คำตอบขึ้นอยู่กับการศึกษาค้นคว้าของแต่ละกลุ่ม)
 - 2.2 นักเรียนสามารถดัดแปลงแนวคิดการออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดของกลุ่มตนเองโดยใช้เทคนิคสร้างความคิดสร้างสรรค์ SCAMPER ได้อย่างไรบ้าง
(คำตอบขึ้นอยู่กับการลงความเห็นร่วมกันแต่ละกลุ่มว่าการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดดังกล่าวสามารถดัดแปลงได้บ้าง สามารถเปลี่ยนสิ่งใดได้บ้าง สามารถใช้สิ่งใดแทนได้บ้าง เป็นต้น)
 - 2.3 จากแนวคิดที่นักเรียนสืบค้นมา จะสามารถออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดของกลุ่มตนเองได้อย่างไร
(คำตอบขึ้นอยู่กับการลงความเห็นร่วมกันของแต่ละกลุ่ม)
3. นักเรียนแต่ละคนอภิปรายแนวคิดของตนเองให้กับเพื่อนในกลุ่มฟัง ร่วมกันลงความเห็น และระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อเลือกวิธีการสร้างที่เหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (90 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาและอภิปรายแนวคิดของตนเอง พร้อมลงความเห็นเกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดที่น่าจะแก้ปัญหาได้ดีที่สุด พร้อมวาดภาพการออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง และระบุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการสร้าง
2. ครูมอบหมายให้นักเรียนวางแผนการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาด การเลือกซื้ออุปกรณ์จากเงินจำลอง และการมอบหมายหน้าที่ให้กับสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการสร้างลงในแบบบันทึกกิจกรรม
4. นักเรียนลงมือสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดตามทีออกแบบไว้ภายในเวลา 60 นาที โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับลูกบอลทั้ง 4 ขนาด ขนาดละ 1 ลูก รวม 4 ลูก สำหรับวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อใช้ในการออกแบบและทดสอบผลงานระหว่างสร้าง
5. ครูคอยให้ความช่วยเหลือระหว่างนักเรียนสร้างผลงาน กระตุ้นให้นักเรียนทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งดูแลความเรียบร้อยและความปลอดภัยระหว่างการทำกิจกรรม

6. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดเสร็จ นักเรียนสามารถทดสอบได้ไม่เกิน 2 ครั้ง เพื่อนำไปปรับปรุงอุปกรณ์คัดแยกขนาดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และบันทึกผลการทดสอบลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที)

1. ครูนำอภิปรายตารางบันทึกผลการทดสอบ และอธิบายวิธีการคิดประสิทธิภาพของการคัดแยกขนาด ความคลาดเคลื่อนในการแยก ความเร็วในการแยก เงินที่ใช้ และเงินที่เหลือในการทำกิจกรรม
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบครั้งสุดท้ายพร้อมกัน และบันทึกผลการทดสอบลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอ (30 นาที)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานและผลการทดสอบของกลุ่มตนเอง กลุ่มละ 3 นาที
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการทำงานของอุปกรณ์คัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง ผลการทดสอบของอุปกรณ์คัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง เงินที่ใช้ และเงินที่เหลือในการทำกิจกรรม
3. ครูประเมินผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยการให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมิน

สื่อการเรียนรู้

1. สื่อวีดิทัศน์ เกี่ยวกับอุปกรณ์การคัดแยกขนาด
2. วัสดุอุปกรณ์ในการจัดกิจกรรม

2.1 วัสดุ ได้แก่

- 2.1.1 ยางรัด
- 2.1.2 ถุงแกง
- 2.1.3 ลูกโป่ง
- 2.1.4 หลอด
- 2.1.5 ไม้เสียบลูกชิ้น
- 2.1.6 ไม้ไอศกรีม
- 2.1.7 ตะเกียบ

2.1.8 แก้วน้ำ

2.1.9 เทปใส

2.1.10 เชือกขาว

2.1.11 เทปขาวสองหน้า

2.1.12 ดินน้ำมัน

2.1.13 จานกระดาษ

2.1.14 จานพลาสติก

2.1.15 กระดาษ A4

2.1.16 กล่องกระดาษ

2.1.17 แผ่นยาง

2.1.18 แผ่นโฟมขนาด A4

2.1.19 แผ่นกระดานไม้ขนาด A3

2.1.20 ลูกบอล

2.2 อุปกรณ์ได้แก่

2.2.1 กรรไกร

1 เล่มต่อกลุ่ม

2.2.2 มีดคัตเตอร์

1 อันต่อกลุ่ม

การวัดและประเมินการเรียนรู้

จุดประสงค์	การวัด	การประเมิน
1. อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ คัดแยกขนาดได้ 2. อธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อ ประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาดได้ 3. อธิบายความหมายของความชื้น และคำนวณความชื้นของอุปกรณ์คัด แยกขนาดได้ 4. อธิบายความหมายของแรงเสียด ทานได้	1) การตอบ คำถามในชั้น เรียน	1) ผู้เรียนตอบคำถามในชั้นเรียนได้ ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
	2) การบันทึก กิจกรรม	2) ผู้เรียนจดบันทึกในแบบบันทึก กิจกรรมได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของ ทั้งหมด
5. บอกวิธีการคำนวณร้อยละ ประสิทธิภาพ และความผิดพลาดของ การคัดแยกขนาดได้ 6. บอกวิธีการคำนวณอัตราเร็วในการ คัดแยกขนาดสัมได้	1) การบันทึก กิจกรรม	1) ผู้เรียนจดบันทึกผลการคำนวณหา ร้อยละ ประสิทธิภาพ และอัตราเร็วได้ ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
	2) การสังเกต	2) ผู้เรียนมีการทดสอบเพื่อหาความ ชื้น ประสิทธิภาพ และอัตราเร็วได้ ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
7. สังเกตและระบุปัญหาจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้ 8. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการ สร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดได้ 9. ออกแบบ และวางแผนวิธีแก้ปัญหา ที่เกิดขึ้นได้อย่างสร้างสรรค์ 11. ออกแบบการทดสอบ ประสิทธิภาพของผลงานหรือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นได้	1) การตอบ คำถามในชั้น เรียน	1) ผู้เรียนตอบคำถามในชั้นเรียนได้ ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
	2) การบันทึก กิจกรรม	2) ผู้เรียนจดบันทึกการระบุปัญหา การออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา และ การทดสอบประสิทธิภาพในแบบ บันทึกกิจกรรมได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
	3) การสังเกต	3) ผู้เรียนระบุปัญหา ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา และการทดสอบ ประสิทธิภาพได้อย่างเหมาะสม เกิน ร้อยละ 70 ของทั้งหมด

จุดประสงค์	การวัด	การประเมิน
10. สร้างผลงานหรือแบบจำลองเชิงสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	การประเมินคุณภาพผลงานโดยครู	ผู้เรียนสร้างผลงานโดยได้คะแนนคุณภาพผลงานเกินร้อยละ 60 ของทั้งหมด
12. นำเสนอวิธีการ และผลงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้	การสังเกต	นักเรียนมีความสามารถในการนำเสนอวิธีการ และผลงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และตรงตามผลงานของตนเอง
13. มีความรับผิดชอบและมุ่งมั่นในการทำงาน 14. มีความใจกว้าง เปิดใจรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน	การสังเกต	ผู้เรียนรับผิดชอบในการทำงาน และรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น เกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1

อุปกรณ์คัดแยกขนาด

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

กำหนดสถานการณ์ต่อไปนี้

“หากนักเรียนทำงานในโรงงานคัดแยกขนาดส้มซึ่งใช้เวลาในการคัดแยกนาน โดยมีเวลาในการคัดแยกส้มด้วยแรงงานคนปกติเฉลี่ย 50 นาที ต่อส้ม 25 กิโลกรัม ในขณะที่โรงงานใช้อุปกรณ์คัดแยกที่ใช้เวลาคัดแยกส้มเฉลี่ย 2 นาทีต่อส้ม 25 กิโลกรัม และโรงงานของนักเรียนเกิดความผิดพลาดในการแยกได้ง่าย อีกทั้งยังมีงบประมาณที่จำกัดไม่สามารถซื้ออุปกรณ์จักรสำหรับ

จากสถานการณ์ดังกล่าว ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1.1) จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาและความต้องการของโรงงาน คืออะไร

กิจกรรมสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาด

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาด โดยมีกติกา ดังนี้

1. อุปกรณ์คัดแยกขนาดต้องแยกผลส้มจำลองโดยใช้ลูกบอล 4 ขนาด ขนาดละ 5 ลูก

รวมเป็น 20 ลูก โดยลูกบอลแต่ละขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังนี้

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| 1) ลูกบอลขนาด A | มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 cm |
| 2) ลูกบอลขนาด B | มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.50 cm |
| 3) ลูกบอลขนาด C | มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 cm |
| 4) ลูกบอลขนาด D | มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.25 cm |

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีเงินเพื่อให้ซื้ออุปกรณ์ จำนวน 1,200 บาท

ใบสั่งซื้ออุปกรณ์ของกลุ่มที่ _____

อุปกรณ์พื้นฐาน : กรรไกร มีดคัตเตอร์ เทปใส

อุปกรณ์ราคา 100.-

_____ ยางรัด 5 เส้น

_____ ถุงร้อน 3 ถุง

_____ ลูกโป่ง 3 ลูก

_____ หลอด 10 ชิ้น

_____ ไม้ลูกชิ้น 10 ไม้

_____ ไม้ไอศกรีม 8 ไม้

_____ ตะเกียบ 3 คู่

_____ แก้วน้ำ 1 ใบ

อุปกรณ์ราคา 200.-

_____ เชือกขาว 1 เส้น

_____ กระดาษฟอยล์ 1 แผ่น

_____ เทปกาวยางสองหน้า 1 ม้วน

_____ ดินน้ำมัน 1 ก้อน

_____ จานกระดาษ 4 จาน

_____ จานพลาสติก 2 จาน

_____ กระดาษ A4 10 แผ่น

_____ กล่องกระดาษ 1 กล่อง

_____ แผ่นยาง 1 แผ่น

อุปกรณ์ราคา 300.-

_____ ฟิวเจอร์บอร์ด 1 แผ่น

_____ แผ่นกระดาน 1 แผ่น

_____ แผ่นโฟม 1 แผ่น

รวมจำนวนเงินที่กลุ่มนักเรียนใช้ไป _____ บาท

3. เกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

1) ความแม่นยำในการคัดแยก

10 คะแนน

2) ความเร็วในการคัดแยก

10 คะแนน

3) จำนวนเงินที่ใช้

1 คะแนนต่อ 100 บาทที่เหลือ

4. มีเวลาในการสร้างชิ้นงาน 60 นาที

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1) ปัจจัยของการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดมีอะไรบ้าง

2.2) ให้นักเรียนสืบค้น “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และจดบันทึกรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์ 1 ชิ้นงาน (ไม่ซ้ำกับเพื่อนในกลุ่ม)

ชื่อสิ่งประดิษฐ์ _____

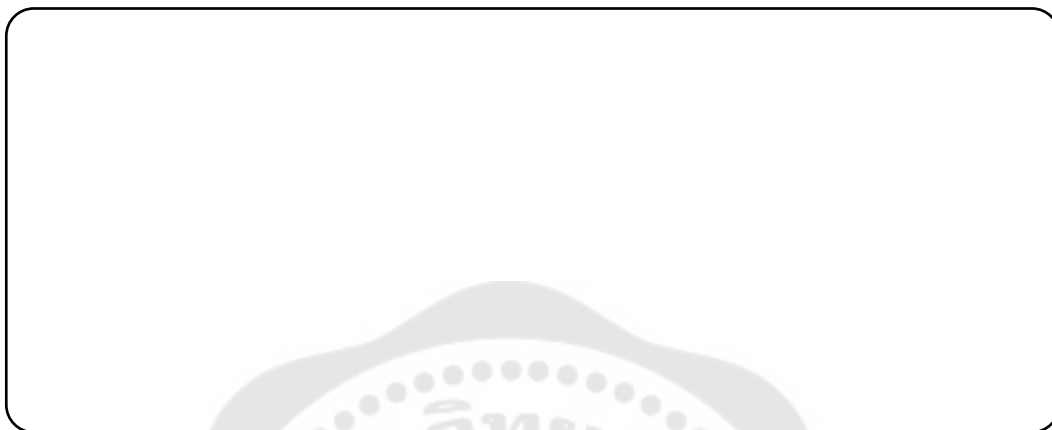
อุปกรณ์คัดแยกขนาดที่สืบค้นมีหลักการ/วิธีการใด _____



ภาพจำลอง “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” ที่นักเรียนสืบค้น

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

- 3.1) ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดโดยใช้เทคนิคสร้างความคิดสร้างสรรค์ SCAMPER พร้อมวาดภาพประกอบ

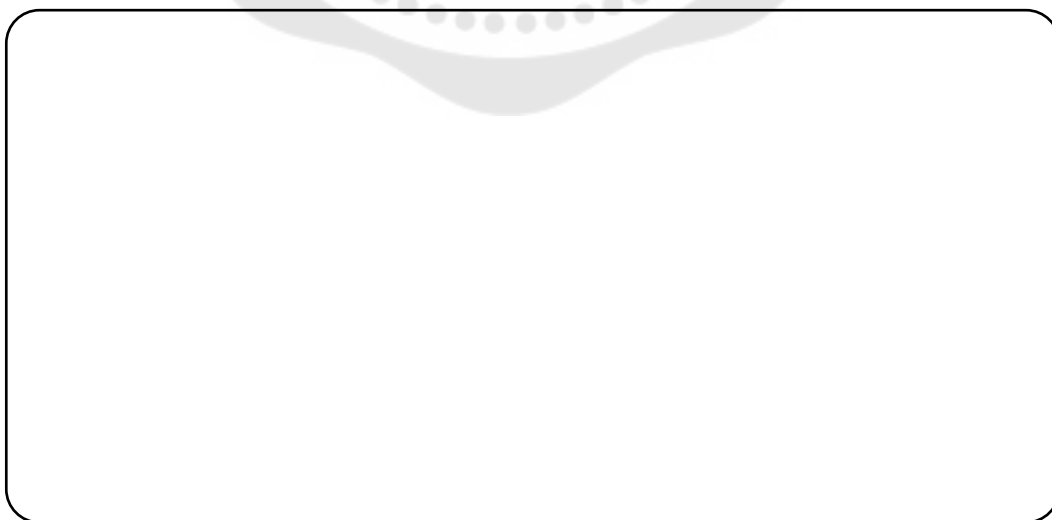


ภาพจำลอง “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” ที่ตนเองออกแบบ

- 3.2) หลักการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่นำมาใช้ในการออกแบบ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

- 4.1) ให้นักเรียนพิจารณาและลงความเห็นแนวคิดการสร้างอุปกรณ์คัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง พร้อมวาดภาพประกอบ



ภาพจำลอง “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” ของกลุ่มตนเอง

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไข

5.1) ให้นักเรียนบันทึกผลการทดสอบของกลุ่มตนเองลงในตาราง และคำนวณร้อยละของ

ประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด และร้อยละของความผิดพลาดในการคัดแยกขนาด

ผลการทดสอบความแม่นยำและความเร็วของการคัดแยกขนาดและงบประมาณที่เหลือ

ประเด็นทดสอบ	ผลการทดสอบ	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ความแม่นยำในการคัดแยก (ลูก)		
ความเร็วในการคัดแยก (วินาที)		
จำนวนเงินที่เหลือ		

ความชันของอุปกรณ์คัดแยกขนาด เท่ากับ _____

ร้อยละของประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด เท่ากับ _____

ร้อยละของความผิดพลาดในการคัดแยกขนาด เท่ากับ _____

อัตราเร็วในการคัดแยก เท่ากับ _____

แบบประเมินคุณภาพผลงานโดยครู

กลุ่มที่ _____

ให้ครูประเมินผลงานของนักเรียนให้ตรงกับคุณภาพของผลงาน

ประเด็นการประเมิน		ระดับการประเมิน		
		1	2	3
1. ความแปลกใหม่	1. ความคิดริเริ่ม (Originality)			
	2. ความประหลาดใจ (Surprising)			
2. การแก้ปัญหา	3. ความสมเหตุสมผล (Logicalness)			
	4. ความมีประโยชน์ (Usefulness)			
	5. ความคุณค่า (Value)			
	6. ความเข้าใจ (Understandability)			
3. ความประณีตและ การสร้างสรรค์สิ่ง ใหม่	7. คุณภาพ (Organic qualities)			
	8. ความประณีต (Well-crafted)			
	9. ความสวยงาม (Elegance)			

เกณฑ์การให้คะแนนของการประเมินผลงาน

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน		
		0	1	2
1. ความแปลกใหม่ (Novelty) หมายถึง ความสามารถทาง สมองที่คิดได้ หลากหลาย โดย พิจารณาจาก ความแปลกใหม่ ด้านวัสดุ กระบวนการ หรือ แนวคิดในการ สร้างสรรค์ผลงาน	1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ผลงานที่แตกต่างจาก ผลงานทั่วไปหรือไม่ซ้ำ กับผู้อื่น เมื่อเทียบกับ บุคคลที่อายุ ประสพการณ์ และการ ฝึกฝนที่ใกล้เคียงกัน	ผลงานไม่มีความ แตกต่างจาก ผลงานทั่วไปทั้งใน ด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ และ แนวคิด	ผลงานมีความ แตกต่างจาก ผลงานทั่วไปใน ด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ หรือ แนวคิด	ผลงานมีความ แตกต่างจาก ผลงานทั่วไปทั้งใน ด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ และ แนวคิด
	2. ความประหลาดใจ (Surprising) หมายถึง ผลงานที่ทำให้ผู้พบเห็น เกิดความรู้สึกน่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ หรือเกิน ความคาดหมาย	ผลงานไม่ทำให้ รู้สึกน่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ หรือ เกินความ คาดหมาย	ผลงานทำให้รู้สึก น่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ แต่ไม่ เกินความ คาดหมาย	ผลงานทำให้รู้สึกน่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ หรือเกินความ คาดหมาย
2. การแก้ปัญหา (Resolution) หมายถึง ความสามารถใน การแก้ปัญหาที่ เหมาะสมกับ ความต้องการ มี ความ สมเหตุสมผล มี ประโยชน์และมี คุณค่า	3. ความสมเหตุสมผล (Logicalness) หมายถึง ผลงานที่สร้าง ด้วยวิธีการที่มีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ที่ ถูกต้องและเหมาะสม	ผลงานที่สร้างด้วย วิธีการที่มีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ที่ ไม่ถูกต้องและไม่ เหมาะสม ทั้งใน ด้านความรู้ การ เลือกวัสดุอุปกรณ์ และการ ดำเนินงาน	ผลงานที่สร้างด้วย วิธีการที่มีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ที่ ไม่ถูกต้องหรือไม่ เหมาะสม ในด้าน ความรู้ การเลือก วัสดุอุปกรณ์ หรือ การดำเนินงาน	ผลงานสร้างด้วย วิธีการที่มีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์ที่ ถูกต้องและ เหมาะสม ทั้งใน ด้านความรู้ การ เลือกวัสดุอุปกรณ์ และการดำเนินงาน
	4. ความมีประโยชน์ (Usefulness) หมายถึง ผลงานที่สามารถ นำไปใช้แก้ปัญหาได้ จริง	ผลงานไม่สามารถ นำไปใช้แก้ปัญหา ได้จริง	ผลงานสามารถ นำไปใช้แก้ปัญหา ได้ แต่ไม่แข็งแรง หรือไม่สะดวกต่อ การนำไปใช้	ผลงานสามารถ นำไปใช้แก้ปัญหา ได้จริง มีความ แข็งแรง และ สะดวกต่อการ นำไปใช้งานจริง

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน		
		0	1	2
	5. ความคุณค่า หมายถึง ผลงานที่มีประโยชน์ มีความเป็นจำ และมีความสำคัญกับการดำเนินชีวิต	ผลงานไม่มีประโยชน์ ไม่มีความเป็นจำ และไม่มีมีความสำคัญกับการดำเนินชีวิต	ผลงานมีประโยชน์ แต่ไม่มีความเป็นจำ หรือไม่มี ความสำคัญกับการดำเนินชีวิต	ผลงานมีประโยชน์ มีความเป็นจำ และมีความสำคัญกับการดำเนินชีวิต
	6. ความเข้าใจ หมายถึง ผลงานที่สื่อความหมายของวิธีการใช้ หรือการนำไปใช้ให้เข้าใจได้ง่าย	เมื่อชมผลงานแล้ว ผลงานไม่สื่อความหมายว่าคือสิ่งใด และไม่สื่อถึงวิธีการนำไปใช้	เมื่อชมผลงานแล้ว ทราบว่าเป็นสิ่งใด แต่ไม่สื่อถึงวิธีการนำไปใช้	เมื่อชมผลงานแล้ว ทราบว่าเป็นสิ่งใด และสื่อถึงวิธีการนำไปใช้ให้เข้าใจได้ง่าย
3. ความประณีตและการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ (Elaboration and Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการสร้างผลงานใหม่ที่มีความซับซ้อนโดยใช้ความชำนาญอย่างละเอียดลออ ประณีต และพิถีพิถัน ความประณีตและการสร้างสรรค์สิ่งใหม่	7. คุณภาพ หมายถึง ผลงานที่เกิดจากการดำเนินงานหรือการออกแบบที่มีความสมบูรณ์ มีประสิทธิภาพ และมีมาตรฐานตามที่ต้องการ	ผลงานไม่เสร็จสมบูรณ์ และไม่มีประสิทธิภาพ และมาตรฐานตามที่ต้องการ	ผลงานเสร็จแต่ไม่สมบูรณ์ทุกส่วน ต้องมีการออกแบบหรือปรับปรุงอุปกรณ์บางส่วน จึงจะทำให้มีประสิทธิภาพ และมาตรฐานตามที่ต้องการ	ผลงานเสร็จสมบูรณ์ทุกส่วน มีประสิทธิภาพ และมาตรฐานตามที่ต้องการ
	8. ความประณีต หมายถึง ผลงานที่ถูกสร้างขึ้นด้วยความพิถีพิถัน และตั้งใจทำอย่างดี	ผลงานไม่มีความพิถีพิถัน และแสดงถึงความไม่ตั้งใจทำผลงานหรือการทำงานอย่างเร่งรีบ	ผลงานมีความพิถีพิถันบางส่วน	ผลงานมีความพิถีพิถัน และแสดงถึงความตั้งใจทำผลงานอย่างดี
	9. ความสวยงาม หมายถึง ผลงานที่มีความสวยงาม ดึงดูดใจ และทำให้เกิดความเพลิดเพลิน	ผลงานไม่มีความสวยงาม ดึงดูดใจ และไม่ทำให้เกิดความเพลิดเพลิน	ผลงานมีความสวยงาม ดึงดูดใจ แต่ไม่ทำให้เกิดความเพลิดเพลิน ส่วนประกอบของงานดูไม่กลมกลืนกัน	ผลงานมีความสวยงาม ดึงดูดใจ และทำให้เกิดความเพลิดเพลิน

2. แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา



พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี แล้วตอบคำถามข้อที่ 1 – 5

สถานการณ์ที่ 1 “การขาดแคลนพลังงาน”

ในปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้พลังงานที่มีอยู่ไม่เพียงพอกับการใช้งาน และราคาพลังงานทั่วโลกสูงขึ้น ดังนั้น ครอบครัวของญาญ่าจึงคิดจะผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองในราคาที่ไม่สูงมากนัก โดยบ้านของญาญ่าอยู่ในป่าที่มีต้นไม้ปกคลุมไม่ค่อยมีแสงแดดส่องถึงบ้าน แต่มีลมแรงและฝนตกหนัก และอยู่ใกล้แหล่งน้ำตก ญาญ่าจึงพยายามหาวิธีการผลิตพลังงานทดแทนที่ได้จากธรรมชาติเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ภารกิจ

การออกแบบ “พลังงานทดแทน” จากธรรมชาติ

เงื่อนไข

1. พลังงานที่ได้ต้องเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ
2. ห้ามใช้วัสดุที่อาจทำให้เกิดอันตรายและไม่ปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

วัสดุ – อุปกรณ์

1. ขวดน้ำพลาสติก 1,500 มิลลิลิตร
2. ตะเกียบไม้ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร
3. ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด 100 เซนติเมตร x 150 เซนติเมตร
4. กระดาษลัง 100 เซนติเมตร x 100 เซนติเมตร x 100 เซนติเมตร
5. แผ่นโฟม ขนาด 120 เซนติเมตร x 150 เซนติเมตร
6. เทปผ้า/เทปพลาสติกยาว 100 เมตร
7. ฝาถังพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร
8. ด้ามไม้กวาดทางมะพร้าว ยาว 150 เซนติเมตร
9. ไนนาโม 220 โวลต์
10. ท่อน้ำ PVC เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร

1. ระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1) จากสถานการณ์ “การขาดแคลนพลังงาน” ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ลำดับที่	ปัญหา
1	มนุษย์มีความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น
2	พลังงานที่มีอยู่ไม่เพียงพอกับการใช้งาน
3	ราคาพลังงานสูง

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน	
	0	1
ระบุปัญหา	ไม่สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้	สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Related Information Search)

2.1) ถ้านักเรียนต้องเลือกวัสดุ 5 ชนิด เพื่อนำมาออกแบบ “พลังงานทดแทน” จากธรรมชาติ จากขยะพลาสติก นักเรียนจะเลือกสิ่งใด เพราะเหตุใด (ให้เหตุผลประกอบที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

ลำดับที่	วัสดุที่เลือก	เหตุผล
1	ตะเกียบไม้	มีสมบัติแข็งแรง ทนน้ำ ทนสารเคมี หาได้ง่าย ราคาถูก และสามารถใช้เป็นด้ามของกังหันได้
2	ฝาถังพลาสติก	มีสมบัติเบา แข็งแรง เหนียว ทนน้ำ ทนสารเคมี มีพื้นที่ขนาดใหญ่ สามารถทำเป็นกังหันได้
3	ด้ามไม้กวาดทางมะพร้าว	มีสมบัติแข็งแรง ทนน้ำ ทนสารเคมี หาได้ง่าย ราคาถูก และสามารถใช้เป็นด้ามของกังหันได้
4	ไดนาโม	มีสมบัติในการปั่นไฟ เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า
5	ท่อน้ำ PVC	มีสมบัติแข็งแรง ทนน้ำ ทนสารเคมี หาได้ง่าย ราคาถูก และสามารถใช้เป็นด้ามของกังหันได้
6	เทปผ้า/เทปพลาสติก	มีสมบัติเบา แข็งแรง เหนียว ทนน้ำ ทนสารเคมี และสามารถใช้เป็นตัวประสานหรือตัวยึดระหว่างวัสดุได้

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	ไม่สามารถระบุวัสดุที่นำมาออกแบบได้	สามารถระบุวัสดุที่นำมาออกแบบได้ถูกต้องและระบุเหตุผลมีความสมเหตุสมผล 1 ชนิด	สามารถระบุวัสดุที่นำมาออกแบบได้ถูกต้องและระบุเหตุผลมีความสมเหตุสมผล 2-3 ชนิด	สามารถระบุวัสดุที่นำมาออกแบบได้ถูกต้องและระบุเหตุผลมีความสมเหตุสมผล 4-5 ชนิด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1) ให้นักเรียนออกแบบและวาดภาพแบบจำลอง “พลังงานทดแทน” จากธรรมชาติ **พร้อมทั้ง** ระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ โดยต้องคำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ ได้แก่ 1) พลังงานที่ได้ต้องเป็นพลังงานสะอาดที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และ 2) ห้ามใช้วัสดุที่อาจทำให้เกิดอันตรายและไม่ปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

คำตอบขึ้นอยู่กับ การออกแบบของนักเรียนแต่ละคน

ภาพแบบจำลอง “พลังงานทดแทน”

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา: วาดภาพ แบบจำลอง	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปไม่ได้ ไม่ระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ และไม่คำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ ของการออกแบบ	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปได้ แต่ไม่ระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ หรือไม่คำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ บางประเด็น	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปได้ พร้อมทั้งระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ โดยคำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ ครบทุกประเด็น

3.2) ญานำนำกัณฑ์ลมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เมตร ไปตั้งบริเวณที่มีลมแรง พบว่า กัณฑ์ลหมุนไป 100 รอบในเวลา 6 นาที แสดงว่าอัตราเร็วลมบริเวณนั้นมีความเร็วเท่าไรในหน่วย กิโลเมตรต่อชั่วโมง (จงแสดงวิธีคิด)

$$\text{วิธีคิด} \quad \text{ระยะทางที่กัณฑ์ลหมุน 1 รอบ} = 2\pi r = 2 \times (22/7) \times 1.4 = 8.8 \text{ เมตร}$$

$$\text{ระยะทางที่กัณฑ์ลหมุน 100 รอบ} = 100 \times 8.8 = 880 \text{ เมตร} = 0.88 \text{ กิโลเมตร}$$

$$\text{เวลา 6 นาที คิดเป็น 0.1 ชั่วโมง}$$

$$\text{อัตราเร็วลม} = 0.88 \text{ กิโลเมตร} / 0.1 \text{ ชั่วโมง} = 8.8 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$$

$$\therefore \text{อัตราเร็วลม เท่ากับ } 8.8 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$$

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา: คำนวณ อัตราเร็วลม	ไม่สามารถเลือกวิธี คำนวณ และคำนวณ อัตราเร็วลมได้ถูกต้อง	สามารถเลือกวิธี คำนวณได้ถูกต้อง แต่ คำนวณอัตราเร็วลม ไม่ถูกต้อง	สามารถเลือกวิธี คำนวณ และคำนวณ อัตราเร็วลมได้ถูกต้อง

3.3) การออกแบบ “พลังงานทดแทน” จากธรรมชาติ เพื่อให้ได้พลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม นักเรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ใดมาใช้ในการออกแบบ

- หลักการของไดนาโม

- หลักการการหาอัตราเร็วและความเร็ว

- หลักการเรื่องพลังงานจลน์ และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน	
	0	1
ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา: การใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์	ไม่สามารถระบุหลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการ ออกแบบได้	สามารถระบุหลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการ ออกแบบได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 หลักการ

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1) ให้นักเรียนออกแบบวิธีการผลิต “พลังงานทดแทน” จากธรรมชาติ

ขั้นที่	รายละเอียดการดำเนินการ
1	
2	
3	คำตอบขึ้นอยู่กับ การออกแบบของนักเรียนแต่ละคน
4	
5	
6	

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	ไม่ระบุขั้นตอนการดำเนินการ	สามารถระบุขั้นตอนการดำเนินการได้ แต่ไม่สอดคล้องกับการออกแบบในข้อ 3	สามารถระบุขั้นตอนการดำเนินการที่สอดคล้องกับการออกแบบในข้อ 3 ได้ถูกต้องบางส่วน	สามารถระบุขั้นตอนการดำเนินการที่สอดคล้องกับการออกแบบในข้อ 3 ได้ถูกต้องทั้งหมดอย่างละเอียดชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement)

5.1) ถ้าการผลิต “พลังงานทดแทน” จากธรรมชาติของนักเรียนเกิดปัญหาไม่สามารถผลิตพลังงานได้ตามที่ต้องการ นักเรียนมีวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี อย่างไร (ให้นักเรียนตอบให้ครบทั้ง 3 ศาสตร์)

ความรู้ที่ใช้แก้ปัญหา	การแก้ปัญหา
วิทยาศาสตร์	การเปลี่ยนวัสดุโดยคำนึงคุณสมบัติของวัสดุที่แข็งแรงและเบาสามารถต้านแรงลมและน้ำได้ดี
	การเพิ่มพื้นที่หน้าตัด และจำนวนของใบพัดกังหัน
คณิตศาสตร์	การเปลี่ยนรูปทรงและขนาดของกังหันเพื่อให้กังหันมีอัตราเร็วสูงขึ้นและผลิตไฟฟ้าได้เร็ว
เทคโนโลยี	การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ทันสมัยที่มีความแข็งแรง เบา และราคาถูก เพื่อให้กังหันหมุนแบบไร้แรงเสียดทานมากที่สุด
	การออกแบบชิ้นงานใหม่โดยใช้วัสดุ อุปกรณ์ หรือเทคโนโลยีมาช่วยในการออกแบบ เช่น การเพิ่มใบพัด เป็นต้น

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหา	ไม่สามารถระบุวิธีการ แก้ไขปัญหามีความ เป็นไปได้	สามารถระบุวิธีการ แก้ไขปัญหามีความ เป็นไปได้โดยบูรณา การความรู้ได้แค่ 1 ศาสตร์เท่านั้น	สามารถระบุวิธีการ แก้ไขปัญหามีความ เป็นไปได้โดยบูรณา การความรู้ตั้งแต่ 2 ศาสตร์ขึ้นไป



พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี แล้วตอบคำถามข้อที่ 1 – 5

สถานการณ์ที่ 2 “ขยะลอยกระทง”

ในวันขึ้น 15 ค่ำ เดือน 12 ของทุกปี เป็นวันที่คนไทยส่วนใหญ่ออกมาลอยกระทงเพื่อขอขมาพระแม่คงคาตามความเชื่อที่มีมาตั้งแต่อดีต แต่ในปัจจุบันการลอยกระทงจำนวนมากก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ เนื่องจากกระทงผลิตจากวัสดุหลากหลายชนิดทั้งจากวัสดุธรรมชาติหรือวัสดุสังเคราะห์ บางส่วนตกค้างอยู่ริมแม่น้ำ หลุดลอยออกทะเล หรือจมลงสู่ใต้น้ำซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ และสัตว์น้ำทั้งระยะสั้นและระยะยาว ด้วยเหตุดังกล่าว คนในชุมชนใกล้เคียงแหล่งน้ำจึงมีความคิดในการกำจัดขยะที่เกิดจากการลอยกระทง เพื่อช่วยลดมลพิษทางน้ำและทำให้ชุมชนน่าอยู่ยิ่งขึ้น

ภารกิจ

ออกแบบวิธีแก้ปัญหา “ขยะลอยกระทง”

เงื่อนไข

1. ห้ามใช้วัสดุที่ทำจากเหล็ก
2. ห้ามใช้วัสดุที่อาจทำให้เกิดอันตรายและไม่ปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม
3. สามารถเลือกวัสดุอื่นๆ หรือไม่ใช้วัสดุที่กำหนดให้ได้

วัสดุ – อุปกรณ์

1. ขวดน้ำพลาสติก ขนาด 1,500 มิลลิลิตร
2. เชือกฟางยาว 100 เมตร
3. ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด 100 เซนติเมตร x 150 เซนติเมตร
4. ท่อน้ำ PVC เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร
5. แผ่นโฟม ขนาด 120 เซนติเมตร x 150 เซนติเมตร
6. เทปผ้า/เทปพลาสติกยาว 100 เมตร
7. ฝาถังพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร
8. ด้ามไม้กวาดทางมะพร้าว ยาว 150 เซนติเมตร
9. มอเตอร์ กำลัง 600 วัตต์

1. ระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1) จากสถานการณ์ “ขยะลอยกระทง” ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ลำดับที่	ปัญหา
1	มลพิษทางน้ำ
2	ขยะจากวัสดุธรรมชาติ และวัสดุสังเคราะห์ตกค้างอยู่ริมแม่น้ำ หลุดลอยออกทะเล และจมลงสู่ใต้แม่น้ำ

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน	
	0	1
ระบุปัญหา	ไม่สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้	สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ถูกต้องอย่างน้อย 1 ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Related Information Search)

2.1) ถ้านักเรียนต้องเลือกวัสดุ 5 ชนิด เพื่อนำมาออกแบบวิธีแก้ปัญห “ขยะลอยกระทง” นักเรียนจะเลือกสิ่งใด เพราะเหตุใด (ให้เหตุผลประกอบที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

ลำดับที่	วัสดุที่เลือก	เหตุผล
1	ขวดน้ำพลาสติก	มีสมบัติเบา แข็งแรง เหนียว ทนน้ำ ทนสารเคมี และความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ลอยน้ำได้
2	ฟิวเจอร์บอร์ด	มีสมบัติเบา แข็งแรง เหนียว ทนน้ำ ทนสารเคมี และความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ลอยน้ำได้
3	แผ่นโฟม	มีสมบัติเบา แข็งแรง เหนียว ทนน้ำ และความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ลอยน้ำได้
4	ฟางพลาสติก	มีสมบัติเบา แข็งแรง เหนียว ทนน้ำ ทนสารเคมี และความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ลอยน้ำได้
5	เชือกฟาง	มีสมบัติเบา แข็งแรง เหนียว ทนน้ำ ทนสารเคมี และสามารถเป็นตัวประสานหรือตัวยึดระหว่างวัสดุได้
6	เทปผ้า/เทปพลาสติก	มีสมบัติเบา แข็งแรง เหนียว ทนน้ำ ทนสารเคมี และสามารถเป็นตัวประสานหรือตัวยึดระหว่างวัสดุได้

ลำดับ ที่	วัสดุที่เลือก	เหตุผล
7	ด้ามไม้กวาด ทางมะพร้าว	มีสมบัติแข็งแรง ทนน้ำ ทนสารเคมี ลอยน้ำได้ และสามารถใช้เป็นโครงสร้างของยานพาหนะได้
8	ท่อ PVC	มีสมบัติแข็งแรง ทนน้ำ ทนสารเคมี ลอยน้ำได้ และสามารถใช้เป็นโครงสร้างของยานพาหนะได้
9	มอเตอร์	มีสมบัติเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้
10	คอมพิวเตอร์	เหมาะกับการออกแบบการลอยกระทงออนไลน์
11	ขนมปัง	สามารถเป็นอาหารของสัตว์น้ำได้
12	น้ำแข็ง	สามารถละลายกลายเป็นน้ำได้

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
รวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวข้อง	ไม่สามารถระบุ วัสดุที่นำมา ออกแบบได้	สามารถระบุวัสดุ ที่นำมาออกแบบ ได้ถูกต้องและ ระบุเหตุผลมี ความ สมเหตุสมผล 1 ชนิด	สามารถระบุวัสดุ ที่นำมาออกแบบ ได้ถูกต้องและ ระบุเหตุผลมี ความ สมเหตุสมผล 2-3 ชนิด	สามารถระบุวัสดุ ที่นำมาออกแบบ ได้ถูกต้องและ ระบุเหตุผลมี ความ สมเหตุสมผล 4-5 ชนิด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1) ให้นักเรียนออกแบบและวาดภาพแบบจำลองวิธีแก้ปัญหา “ขยะลอยกระทง” **พร้อมทั้งระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ** โดยต้องคำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ ได้แก่ 1) ห้ามใช้วัสดุที่ทำจากเหล็ก 2) ห้ามใช้วัสดุที่อาจทำให้เกิดอันตรายและไม่ปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม และ 3) สามารถเลือกวัสดุอื่นๆ หรือไม่ใช้วัสดุที่กำหนดให้ได้



ภาพแบบจำลองวิธีแก้ปัญหา “ขยะลอยกระทง”

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา: วาดภาพแบบจำลอง	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปไม่ได้ ไม่ระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ และไม่คำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ ของการออกแบบ	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปได้ แต่ไม่ระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ หรือไม่คำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ บางประเด็น	วาดภาพแบบจำลองที่เป็นไปได้ พร้อมทั้งระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ โดยคำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ ครบทุกประเด็น

3.2) ถ้าผู้ใหญ่วางใจวิธีแก้ปัญหา “ขะลวยกระทง” โดยการสร้างหุ่นยนต์คันขะเข้าฝั่ง นักเรียนคิดว่าผู้ใหญ่วางใจการสร้างหุ่นยนต์ที่มีรูปทรงใด เพราะเหตุใด และสามารถคำนวณขนาดพื้นที่ของหุ่นยนต์ได้อย่างไร

รูปทรงที่เลือกใช้ _____ คำตอบขึ้นอยู่กับกรออกแบบของนักเรียนแต่ละคน

เพราะเหตุใดจึงเลือกรูปทรงดังกล่าว _____ คำตอบขึ้นอยู่กับกรออกแบบของนักเรียนแต่ละคน

วิธีคำนวณขนาดพื้นที่ของหุ่นยนต์ได้โดย _____ คำตอบขึ้นอยู่กับกรออกแบบของนักเรียนแต่ละคน

ตัวอย่างคำตอบ

รูปทรงที่เลือกใช้ _____ รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เพราะเหตุใดจึงเลือกรูปทรงดังกล่าว _____ สี่เหลี่ยมผืนผ้าทำให้หุ่นยนต์มีพื้นที่หน้าตัดในการคันขะได้มาก

วิธีคำนวณขนาดปริมาตรของหุ่นยนต์ได้โดย _____ กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา: คำนวณขนาดพื้นที่รูปเรขาคณิต	ไม่สามารถระบุรูปทรงเรขาคณิต และวิธีคำนวณขนาดพื้นที่ได้ถูกต้อง	สามารถระบุรูปทรงเรขาคณิตได้ถูกต้อง แต่เลือกวิธีคำนวณขนาดพื้นที่ไม่ถูกต้อง	สามารถระบุรูปทรงเรขาคณิต และเลือกวิธีคำนวณขนาดพื้นที่ได้ถูกต้อง

3.3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา “ขะลวยกระทง” นักเรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ใดมาใช้ในการออกแบบ

- หลักการเรื่องแรงลอยตัวหรือแรงพยุงของวัตถุ
- หลักการเรื่องความหนาแน่นของวัตถุ ถ้าวัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าของเหลวจะทำให้วัตถุลอยน้ำ
- หลักการเรื่องพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ
- การเขียนโปรแกรมขะลวยกระทงออนไลน์

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน	
	0	1
ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา: การใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์	ไม่สามารถระบุหลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการ ออกแบบได้	สามารถระบุหลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการ ออกแบบได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 หลักการ

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1) ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือวิธีการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา “ขยะลอย
กระทาง”

ขั้นที่	รายละเอียดการดำเนินการ
1	
2	
3	
4	คำตอบขึ้นอยู่กับ การออกแบบของนักเรียนแต่ละคน
5	
6	
7	

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน			
	0	1	2	3
วางแผนและ ดำเนินการ แก้ปัญหา	ไม่ระบุขั้นตอน การดำเนินการ	สามารถระบุ ขั้นตอนการ ดำเนินการได้ แต่ ไม่สอดคล้องกับ การออกแบบใน ข้อ 3	สามารถระบุ ขั้นตอนการ ดำเนินการที่ สอดคล้องกับการ ออกแบบในข้อ 3 ได้ถูกต้อง บางส่วน	สามารถระบุ ขั้นตอนการ ดำเนินการที่ สอดคล้องกับการ ออกแบบในข้อ 3 ได้ถูกต้องทั้งหมด อย่างละเอียด ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement)

5.1) ถ้าวิธีการแก้ปัญหา “ขยะลอยกระทง” ของนักเรียนเกิดปัญหาไม่สามารถลดหรือกำจัดขยะที่เกิดจากการลอยกระทงได้ นักเรียนมีวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี อย่างไร (ให้นักเรียนตอบให้ครบทั้ง 3 ศาสตร์)

ความรู้ที่ใช้แก้ปัญหา	การแก้ปัญหา
วิทยาศาสตร์	การเปลี่ยนวัสดุโดยคำนึงคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถลอยน้ำ ละลายในน้ำได้ หรือวัสดุที่เป็นอาหารสัตว์น้ำ
	การเปลี่ยนวัสดุโดยคำนึงคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถลอยน้ำ มีความแข็งแรง และสามารถดันกระทงกลับเข้าฝั่งได้
คณิตศาสตร์	การเปลี่ยนรูปทรงของหุ่นยนต์ดันขยะเพื่อให้มีพื้นที่ในการดันขยะกลับเข้าฝั่งมากขึ้น
เทคโนโลยี	การใช้คอมพิวเตอร์ออกแบบโปรแกรมลอยกระทงออนไลน์
	การใช้หลักการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ดันขยะเมื่อขยะออกนอกพื้นที่ หรือลอยไปไกลฝั่ง

เกณฑ์การให้คะแนน

	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา	ไม่สามารถระบุวิธีการแก้ไขปัญหามีความเป็นไปได้	สามารถระบุวิธีการแก้ไขปัญหามีความเป็นไปได้โดยบูรณาการความรู้ได้แค่ 1 ศาสตร์เท่านั้น	สามารถระบุวิธีการแก้ไขปัญหามีความเป็นไปได้โดยบูรณาการความรู้ตั้งแต่ 2 ศาสตร์ขึ้นไป

3. แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน



ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น			
	ไม่จริง เลย	ค่อนข้าง ไม่จริง	ค่อนข้าง จริง	จริง มาก
ด้านการรู้คิด (Metacognitive)				
1. ฉันวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง				
2. ฉันตั้งเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเองและพยายามทำให้สำเร็จ				
3. ฉันทบทวนบทเรียนเพื่อให้ตนเองมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น				
4. ฉันสามารถทำเรื่องที่ยากโดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมที่ตนเองมีได้				
5. ฉันสามารถกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้				
6. ฉันรู้ระดับความสามารถของตนเอง				
7. ฉันรู้ว่าฉันจะเรียนรู้ด้วยวิธีใดจึงจะเหมาะสม				
ด้านความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive)				
8. ฉันรู้ว่าต้องทำอย่างไรจึงจะเข้าใจบทเรียน				
9. ฉันรู้วิธีการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง				
10. ฉันรู้ว่าปัญหาในการเรียนของฉันคืออะไร				
11. ฉันรู้ว่าตนเองมีความก้าวหน้าในการเรียนมากน้อยเพียงใด				
ด้านอารมณ์ (Affective motivational)				
12. ฉันสามารถจัดการความเครียดจากการเรียนได้				
13. ฉันรู้สึกว่าการพัฒนาการเรียนของตนเองไม่ใช่เรื่องยากสำหรับฉัน				
14. ฉันรู้สึกท้อแท้ เมื่อฉันเรียนไม่เข้าใจ (-)				
15. ฉันรู้สึกกังวลเมื่อต้องนำเสนอหน้าชั้นเรียน (-)				
16. ฉันรู้สึกวิตกกังวลเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ใหม่ๆ (-)				
ด้านการปฏิบัติ (Action-oriented)				
17. ฉันวางแผนและทำตามแผนที่วางไว้				
18. ฉันใช้วิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย				
19. ฉันตั้งใจเรียนและมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เพื่อให้ได้ความรู้มากที่สุด				

ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น			
	ไม่จริง เลย	ค่อนข้าง ไม่จริง	ค่อนข้าง จริง	จริง มาก
20. ค้นหาความรู้เพิ่มเติม นอกเหนือจากที่ครูมอบหมาย				
21. ค้นพบทบทวนบทเรียน แม้ว่าจะไม่มีการสอบ				
22. ฉันสามารถจัดการเวลาให้เหมาะสมกับภาระงานที่ต้องทำ				
ด้านสังคม (Social)				
23. ฉันพูดคุยกับเพื่อนเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน				
24. ฉันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน เกี่ยวกับวิธีการเรียน				
25. ฉันปรึกษาเพื่อน ครู หรือผู้รู้ เมื่อฉันมีปัญหาในการเรียน				
26. ฉันเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียนเพื่อพัฒนาตนเอง				

4. แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน



ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น			
	ไม่จริง เลย	ค่อนข้าง ไม่จริง	ค่อนข้าง จริง	จริง มาก
ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม (Behavior Engagement)				
1. ฉันตั้งใจเรียนเพราะอยากมีผลการเรียนที่ดี				
5. ฉันทำงานวิชาอื่นในขณะที่ครูกำลังสอน (-)				
6. ฉันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน				
7. ฉันให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน				
9. ฉันอาสาเป็นตัวแทนในการทำกิจกรรมต่างๆ				
10. ฉันทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียนด้วยความกระตือรือร้น				
11. ฉันทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างตั้งใจ				
12. ฉันส่งงานที่ได้รับมอบหมายตรงเวลา				
ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ (Emotional Engagement)				
13. ฉันรู้สึกว่าคุณสนใจและเอาใจใส่นักเรียนอย่างทั่วถึง				
14. ฉันรู้สึกว่าครูสามารถช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของฉันได้				
15. ฉันชอบทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน				
16. ฉันรู้สึกรักและอยากมาโรงเรียนทุกวัน				
17. ฉันรู้สึกว่าโรงเรียนสนับสนุนการเรียนรู้ของฉันตามความถนัดและความสนใจ				
18. ฉันรู้สึกมีความสุขกับการเรียน				
19. ฉันรู้สึกว่าเวลาในการเรียนผ่านไปอย่างรวดเร็ว				
20. ฉันไม่รู้สึกกลัวที่จะถามหรือแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน				
21. ฉันรู้สึกกังวล เมื่อต้องตอบคำถามในชั้นเรียน (-)				
ความยึดมั่นผูกพันทางปัญญา (Cognitive Engagement)				
22. ฉันวางแผนการเรียนรู้โดยคำนึงถึงความสนใจและความถนัดของตนเอง				

ข้อคำถาม	ระดับความคิดเห็น			
	ไม่จริง เลย	ค่อนข้าง ไม่จริง	ค่อนข้าง จริง	จริง มาก
23. ฉันตั้งเป้าหมายในการเรียนที่เหมาะสมกับความสามารถ ของตนเอง				
24. ฉันคิดว่าการพัฒนาตนเองให้มีความรู้และทักษะในการ เรียนรู้เป็นเรื่องสำคัญ				
25. ฉันพยายามคิดหาวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่ยากให้สำเร็จ				
26. ฉันพยายามพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง ตาม คำแนะนำของครู				
27. ฉันพยายามเรียนรู้ในชั้นเรียนให้ได้มากที่สุด				
28. ฉันรู้ว่าตนเองมีพัฒนาการในการเรียนรู้มากขึ้น เพียงใด				
29. ฉันวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนในการเรียนของฉันจาก ผลการเรียน				
30. ฉันนำข้อผิดพลาดจากการทำการบ้านหรือการทำงาน มาใช้ในการพัฒนาตนเอง				

5. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์



แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

สถานการณ์ที่ 1 ปัญหาขยะพลาสติก

ปัญหาขยะพลาสติกไม่ใช่เรื่องใหม่แต่ดูเหมือนจะเป็นเรื่องที่แก้ไขไม่ได้เสียที นอกจากนี้ยังลุกลามเพิ่มขึ้นอีกด้วย โดย Ocean Conservancy เปิดเผยว่า ทั่วโลกมีการปล่อยขยะพลาสติกถึง 242 ล้านตันต่อปี และประเทศไทยก็อยู่ลำดับที่ 12 ของผู้สร้างขยะชนิดนี้มากที่สุด ซึ่งเป็นผลพวงมาจากการสั่งซื้อสินค้าและอาหารที่ต้องมีบรรจุภัณฑ์พลาสติกมากขึ้น แม้ว่าขยะจำนวน 19% จะสามารถรีไซเคิลได้ ประกอบกับการจัดการขยะอย่างผิดวิธี เช่น การไม่แยกขยะตามประเภท การทิ้งขยะลงแหล่งน้ำ ทำให้ไมโครพลาสติกเกิดการแพร่กระจายไปในแหล่งต่างๆ ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ และส่วนที่เหลือที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ก็ยังมีมากมายมหาศาลและสร้างปัญหาให้พวกเราอยู่ดี ภาครัฐเองก็มีความพยายามที่จะลดการใช้พลาสติกและมีกฎระเบียบเข้มงวดขึ้นสำหรับธุรกิจที่เกี่ยวข้อง แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผู้บริโภคเองที่จะต้องร่วมมือกันเปลี่ยนพฤติกรรมและพิทักษ์โลก เพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อย่างแท้จริง

ที่มา : BrandInside. (2565). ขยะพลาสติกไทย ติดอันดับ 12 ของโลก ปริมาณ 4.8 ล้านตันต่อปีหลักๆ จากความนิยม Food Delivery. สืบค้นจาก <https://brandinside.asia/plastic-pollution/>

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ปัญหาที่	ปัญหา
1	การสั่งซื้อสินค้าและอาหารที่ต้องมีบรรจุภัณฑ์พลาสติกมากขึ้น
2	การไม่แยกขยะตามประเภท
3	การทิ้งขยะลงแหล่งน้ำ
4	การกระจายของไมโครพลาสติกในแหล่งต่างๆ
5	ผู้บริโภคไม่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภค

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อความคำถาม	ระดับคะแนน		
			0	1	2
1	การระบุปัญหา	จาก สถานการณ์ ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้น มีอะไรบ้าง	ระบุปัญหาที่ เกิดขึ้นไม่ ถูกต้องเลย	ระบุปัญหาที่ เกิดขึ้นได้ ถูกต้อง 1-2 ข้อ	ระบุปัญหาที่ เกิดขึ้นได้ ถูกต้อง มากกว่า 2 ข้อ

2. ให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น โดยระบุสาเหตุของปัญหาในข้อ 1

ปัญหา ที่	ปัญหา	สาเหตุของปัญหา
1	การสั่งซื้อสินค้าและอาหารที่ ต้องมีบรรจุภัณฑ์พลาสติกมาก ขึ้น	ไม่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติก จำนวนมาก
2	การไม่แยกขยะตามประเภท	ไม่มีความรู้หรือไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบของ สังคม
3	การทิ้งขยะลงแหล่งน้ำ	ไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบของสังคมและการทิ้ง ขยะไม่ถูกที่
4	การกระจายของไมโครพลา สติกในแหล่งต่างๆ	ไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบของสังคมและการทิ้ง ขยะไม่ถูกที่
5	ผู้บริโภคไม่ปรับเปลี่ยน พฤติกรรมกรบริโภค	ไม่มีจิตสำนึกต่อประโยชน์ส่วนรวม

นักเรียนคิดว่าปัญหาที่สำคัญที่สุด คือ ปัญหาข้อ 1

เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

การใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นปัญหาหลักในการเพิ่มขยะพลาสติก และเป็นต้นเหตุของ
ปัญหา _____

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
			0	1	2
2	การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างหลากหลายและแปลกใหม่	ให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น โดยระบุสาเหตุของปัญหาในข้อ 1	ระบุสาเหตุของปัญหาไม่ถูกต้องเลย	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน			
			0	1	2	3
2	การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างหลากหลายและแปลกใหม่	นักเรียนคิดว่าปัญหาที่สำคัญที่สุดคือ ปัญหาข้อใด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น	ไม่สามารถเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดได้	สามารถเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดได้ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนได้	สามารถเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดได้ โดยมีเหตุผลสนับสนุนแต่ยังไม่ชัดเจน	สามารถเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดได้ โดยมีเหตุผลสนับสนุนชัดเจน

3. จากประเด็นปัญหาที่สำคัญที่สุดในข้อ 2 ให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากประเด็นดังกล่าวให้แปลกใหม่และหลากหลายมากที่สุด

ลำดับที่	วิธีแก้ปัญหา
1	การสร้างพลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จากวัตถุดิบธรรมชาติ
2	การสร้างเครื่องแยกขยะพลาสติก
3	การสร้างเครื่องทำลายหรือย่อยขยะพลาสติก
4	การใช้เชื้อขยะพลาสติก
5	รัฐบาลออกกฎหมายการจัดการขยะพลาสติก
6	ให้ความรู้กับประชาชนเกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติก

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน			
			0	1	2	3
3	การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างหลากหลายและแปลกใหม่	จากประเด็นปัญหาที่สำคัญที่สุดในข้อ 2 ให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากประเด็นดังกล่าวให้แปลกใหม่และหลากหลายมากที่สุด	ไม่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้	สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้แต่วิธีการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ไม่แปลกใหม่เป็นวิธีการที่ซ้ำซ้อนหรือเหมือนกับแนวคิดที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน	สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้และวิธีการแก้ปัญหาส่วนใหญ่แปลกใหม่เป็นวิธีการที่ไม่ซ้ำซ้อนหรือเหมือนกับแนวคิดที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน	สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้และวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมดแปลกใหม่เป็นวิธีการที่ไม่ซ้ำซ้อนหรือเหมือนกับแนวคิดที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน

4. การเลือกวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนพิจารณาจากอะไรบ้าง

- 4.1) งบประมาณ
- 4.2) ความเป็นไปได้
- 4.3) ประสิทธิภาพในการใช้งาน
- 4.4) ความแปลกใหม่

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
			0	1	2
4	การพัฒนาวิธีการ แก้ปัญหาและ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ เหมาะสมและดี ที่สุด	การเลือกวิธีการ แก้ปัญหา นักเรียนพิจารณา จากอะไรบ้าง	ไม่สามารถ กำหนดเกณฑ์ ในการเลือก วิธีการ แก้ปัญหาได้	สามารถ กำหนดเกณฑ์ ในการเลือก วิธีการ แก้ปัญหาได้ เหมาะสม บางส่วน	สามารถ กำหนดเกณฑ์ ในการเลือก วิธีการ แก้ปัญหาได้ เหมาะสม ทั้งหมด

5. จากวิธีการแก้ปัญหาในข้อ 3 นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาใดเหมาะสมในการแก้ปัญหา

สถานการณ์นี้ที่สุด จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

การสร้างพลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จากวัตถุดิบธรรมชาติ เพราะพลาสติกเป็นสิ่งที่
จำเป็นต่อ

ชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะเป็นภาชนะบรรจุอาหาร ดังนั้น การสร้างพลาสติกที่ย่อยสลายได้อย่าง
รวดเร็วน่าจะ

เป็นการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้และการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อความถาม	ระดับคะแนน			
			0	1	2	3
5	การพัฒนา วิธีการ แก้ปัญหาและ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ เหมาะสมและ ดีที่สุด	จากวิธีการ แก้ปัญหาใน ข้อ 3 นักเรียนคิด ว่าวิธีการ แก้ปัญหาใด เหมาะสมใน การ แก้ปัญหา สถานการณ์ นี้ที่สุด จง อธิบายและ ให้เหตุผล ประกอบ	ไม่ สามารถ ตัดสินใจ เลือก วิธีการ แก้ปัญหา ได้	สามารถ ตัดสินใจ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาได้ อย่าง สมเหตุสมผล แต่ไม่ใช่วิธีที่ เหมาะสม และดีที่สุด และไม่มี ความเป็นไป ได้	สามารถ ตัดสินใจ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาได้ อย่าง สมเหตุสมผล และมีความ เป็นไปได้ แต่ไม่ใช่วิธีที่ เหมาะสม และดีที่สุด	สามารถ ตัดสินใจ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ เหมาะสม และดีที่สุดได้ อย่าง สมเหตุสมผล และมีความ เป็นไปได้

6. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก โดยการแสดงรายละเอียดขั้นตอนการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด และระบุผลที่อาจเกิดขึ้นเมื่อนำขั้นตอนการแก้ปัญหานั้น ๆ ไปใช้

ขั้นที่	รายละเอียดการดำเนินการ	ผลที่อาจเกิดขึ้น
1	ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของวัตถุดิบ ธรรมชาติที่เหมาะสมกับการนำมาทดแทนพลาสติก วิธีการขึ้นรูปพลาสติก และ จุลินทรีย์ หรือแบคทีเรียที่ช่วยให้การย่อยสลาย	ได้แนวคิดในการสร้างพลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จากวัตถุดิบธรรมชาติ
2	เลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลาสติก	ได้แนวคิดในการผลิตพลาสติกจากวัตถุดิบธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้
3	ออกแบบรูปทรงที่จะสร้าง และทดลองผลิตพลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ	ได้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จากวัตถุดิบธรรมชาติ
4	เลือกและทดลองใช้จุลินทรีย์ หรือแบคทีเรีย ที่ช่วยให้การย่อยสลายพลาสติก	ได้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จากวัตถุดิบธรรมชาติ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว
5	ทดลองซ้ำโดยใช้วัตถุดิบธรรมชาติ และ จุลินทรีย์ หรือแบคทีเรียอื่นๆ	ได้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จากวัตถุดิบธรรมชาติ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน			
			0	1	2	3
6	การดำเนินงาน แก้ปัญหาตาม วิธีการที่วางแผน ไว้อย่าง สร้างสรรค์	ให้นักเรียน ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา โดย การแสดง รายละเอียด ขั้นตอนการ แก้ปัญหาให้ ได้มากที่สุด	ไม่สามารถ ระบุขั้นตอน การ แก้ปัญหา ได้ หรือระบุ ขั้นตอนที่ไม่ สามารถ นำไป ประยุกต์ใช้ ได้จริง	สามารถ ระบุขั้นตอน การ แก้ปัญหา ได้ถูกต้อง และ สามารถ นำไป ประยุกต์ใช้ ได้จริง 1-2 ข้อ	สามารถ ระบุขั้นตอน การ แก้ปัญหา ได้ถูกต้อง และ สามารถ นำไป ประยุกต์ใช้ ได้จริง 3-4 ข้อ	สามารถ ระบุ ขั้นตอน การ แก้ปัญหา ได้ถูกต้อง และ สามารถ นำไป ประยุกต์ใช้ ได้จริง มากกว่า 4 ข้อ

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
			0	1	2
6	การดำเนินงาน แก้ปัญหาตาม วิธีการที่วางแผน ไว้อย่างสร้างสรรค์	ให้นักเรียนระบุผลที่ อาจเกิดขึ้นเมื่อนำขั้นตอนการ แก้ปัญหานั้นๆ ไป ใช้	ไม่สามารถระบุ ผลที่เกิดขึ้น จากการปฏิบัติ ตามขั้นตอน การแก้ปัญหา ได้ หรือระบุผล ที่เกิดขึ้นจาก การปฏิบัติตาม ขั้นตอนการ แก้ปัญหาไม่ สมเหตุสมผล	สามารถระบุ ผลที่เกิดขึ้น จากการ ปฏิบัติตาม ขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ สอดคล้องกัน บางส่วน	สามารถระบุ ผลที่เกิดขึ้น จากการ ปฏิบัติตาม ขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ สอดคล้องกัน ทั้งหมด

สถานการณ์ที่ 2 ปัญหาฝุ่น PM 2.5

นอกจากสถานการณ์การระบาดระลอกใหม่ของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือ โควิด-19 อีกปัญหาสุขภาพทุกคนไม่ควรมองข้าม คือ ปริมาณฝุ่น PM 2.5 ที่กลับมาปริมาณเกินค่ามาตรฐานพร้อมกับลมหนาว ซึ่งเกิดจากไอเสียรถยนต์ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า เป็นต้น จากการรายงานคุณภาพอากาศในพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล อยู่ในระดับคุณภาพปานกลางถึงเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) เกินมาตรฐานถึง 69 พื้นที่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะสั้นและสะสมในระยะยาว หากได้รับอย่างต่อเนื่อง ด้วยความเป็นฝุ่นขนาดเล็ก สามารถเข้าปอดและส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ด้วย ทุกคนทุกวัยมีความเสี่ยงต่อฝุ่น PM 2.5 ดังนั้น ควรป้องกันการรับฝุ่น PM 2.5 เข้าสู่ร่างกายกันทุกคน โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยงที่จะทำให้เกิดผลกระทบรุนแรง อาทิ กลุ่มผู้สูงอายุ ผู้ที่มีโรคประจำตัวเรื้อรัง เช่น โรคปอด โรคหัวใจ ฯลฯ หญิงตั้งครรภ์ และเด็กอายุต่ำกว่า 10 ปี ทั้งนี้ นักวิจัยในลอนดอนได้พัฒนาเมืองเพื่อสร้างพื้นที่สีเขียวให้มากขึ้น โดยการขจัดมลพิษทางอากาศด้วยการนำเอามอสสายพันธุ์ต่างๆ มาบรรจุอยู่ในหอคอยทรงสูง ซึ่งมอสจะผลิตออกซิเจนและช่วยดักจับฝุ่นละอองในอากาศได้เป็นอย่างดี แถมช่วยกักเก็บความชื้น คุณสมบัติเทียบเท่าต้นไม้กว่า 275 ต้น ทำให้รู้สึกเย็นสบายเมื่ออยู่ใกล้ๆ แต่อย่างไรก็ตาม มอสอาจจะไม่เหมาะสมกับการปลูกในประเทศที่มีแดดจัดอย่างประเทศไทย

ที่มา : Krungsri Plearn Plearn. (2564). 4 นวัตกรรมพัฒนาคุณภาพชีวิต รับวิกฤต PM 2.5.

สืบค้นจาก <https://www.krungsri.com/th/plearn-plearn/innovation-air-pollution>

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ลำดับที่	ปัญหา
1	ปริมาณฝุ่น PM 2.5 กลับมามีปริมาณเกินค่ามาตรฐาน
2	ปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในหน้าหนาวมีปริมาณเกินค่ามาตรฐาน
3	ฝุ่น PM 2.5 มีผลต่อสุขภาพ
4	PM 2.5 ทำให้เกิดผลกระทบรุนแรง ต่อกลุ่มผู้สูงอายุ ผู้ที่มีโรคประจำตัวเรื้อรัง หญิงตั้งครรภ์ และเด็กอายุต่ำกว่า 10 ปี
5	ไอเสียรถยนต์
6	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล
7	การปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า
8	ประเทศไทยไม่เหมาะสมกับการปลูกมอส
9	Photosynthesis Bike ยังไม่สามารถสร้างและนำมาใช้ได้จริง

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
			0	1	2
1	การระบุปัญหา	จาก สถานการณ์ ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้น มีอะไรบ้าง	ระบุปัญหาที่ เกิดขึ้นไม่ ถูกต้องเลย	ระบุปัญหาที่ เกิดขึ้นได้ ถูกต้อง 1-2 ข้อ	ระบุปัญหาที่ เกิดขึ้นได้ ถูกต้อง มากกว่า 2 ข้อ

2. ให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น โดยระบุสาเหตุของปัญหาในข้อ 1

ลำดับที่	ปัญหา	สาเหตุของปัญหา
1	ปริมาณฝุ่น PM 2.5 กลับมามีปริมาณเกินค่ามาตรฐาน	ไอเสียรถยนต์ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า
2	ปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในหน้าหนาวมีปริมาณเกินค่ามาตรฐาน	อากาศเย็น
3	ฝุ่น PM 2.5 มีผลต่อสุขภาพ	ปริมาณฝุ่น PM 2.5 มีปริมาณเกินค่ามาตรฐาน
4	PM 2.5 ทำให้เกิดผลกระทบรุนแรง ต่อกลุ่มผู้สูงอายุ ผู้ที่มีโรคประจำตัวเรื้อรัง หญิงตั้งครรภ์ และเด็กอายุต่ำกว่า 10 ปี	ปริมาณฝุ่น PM 2.5 มีปริมาณเกินค่ามาตรฐาน
5	ไอเสียรถยนต์	การใช้รถยนต์จำนวนมาก
6	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล	การใช้รถยนต์และการเผาไหม้เพื่อให้ได้พลังงาน
7	การปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า	ความไม่รับผิดชอบของผู้ผลิตหรือเจ้าของกิจการ
8	ประเทศไทยไม่เหมาะสมกับการปลูกมอส	อากาศร้อน
9	Photosynthesis Bike ยังไม่สามารถสร้างและนำมาใช้ได้จริง	วิวัฒนาการหรือองค์ความรู้ยังไม่เพียงพอ

นักเรียนคิดว่าปัญหาที่สำคัญที่สุด คือ ปัญหาข้อ 5, 6, 7

เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

ไอเสียรถยนต์ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า

ซึ่งถือว่าเป็นต้นเหตุหลักในการเกิดฝุ่น PM 2.5

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
			0	1	2
2	การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างหลากหลายและแปลกใหม่	ให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น โดยระบุสาเหตุของปัญหาในข้อ 1	ระบุสาเหตุของปัญหาไม่ถูกต้องเลย	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน			
			0	1	2	3
2	การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างหลากหลายและแปลกใหม่	นักเรียนคิดว่าปัญหาที่สำคัญที่สุดคือ ปัญหาข้อใด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น	ไม่สามารถเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดได้	สามารถเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดได้ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนได้	สามารถเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดได้ โดยมีเหตุผลสนับสนุนแต่ยังไม่ชัดเจน	สามารถเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดได้ โดยมีเหตุผลสนับสนุนชัดเจน

3. จากประเด็นปัญหาที่สำคัญที่สุดในข้อ 2 ให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากประเด็นดังกล่าวให้แปลกใหม่และหลากหลายมากที่สุด

ลำดับที่	วิธีแก้ปัญหา
1	รัฐบาลออกกฎหมายควบคุมการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า
2	ติดตั้งอุปกรณ์ฟอกอากาศที่ท่อปล่อยไอเสีย
3	ติดตั้งระบบโดรนรดน้ำ หรือทำฝนเทียมอัตโนมัติเมื่อค่าฝุ่น PM 2.5 มีปริมาณมากขึ้น
4	สร้างอุปกรณ์กรองไอเสียรถยนต์
5	สร้างพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการปลูกมอสในทุกพื้นที่
6	สร้างเครื่องฟอกอากาศแบบพกพา
7	พัฒนาอุปกรณ์ป้องกันฝุ่น PM 2.5 ที่ทำให้หายใจสบายและไม่อึดอัดเวลาสวมใส่
8	สร้างขนส่งสาธารณะที่มีความสะอาดและเพียงพอต่อผู้ใช้ เพื่อลดการใช้รถยนต์
9	สร้างอุปกรณ์ดักจับฝุ่นที่ตอบสนองต่ออากาศหนาว

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน			
			0	1	2	3
3	การสำรวจแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างหลากหลายและแปลกใหม่	จากประเด็นปัญหาที่สำคัญที่สุดในข้อ 2 ให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากประเด็นดังกล่าวให้แปลกใหม่และหลากหลายมากที่สุด	ไม่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้	สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้แต่วิธีการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ซ้ำกับเพื่อนในชั้นเรียน	สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้แต่วิธีการแก้ปัญหาบางส่วนซ้ำกับเพื่อนในชั้นเรียน	สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้และวิธีการแก้ปัญหาไม่ซ้ำกับเพื่อนในชั้นเรียนเลย

4. การเลือกวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนพิจารณาจากอะไรบ้าง

4.1) งบประมาณ4.2) ความเป็นไปได้4.3) ประสิทธิภาพในการใช้งาน4.4) ความแปลกใหม่

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อความถาม	ระดับคะแนน		
			0	1	2
4	การพัฒนาวิธีการ แก้ปัญหาและ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ เหมาะสมและดี ที่สุด	การเลือกวิธีการ แก้ปัญหา นักเรียนพิจารณา จากอะไรบ้าง	ไม่สามารถ กำหนดเกณฑ์ ในการเลือก วิธีการ แก้ปัญหาได้	สามารถ กำหนดเกณฑ์ ในการเลือก วิธีการ แก้ปัญหาได้ เหมาะสม บางส่วน	สามารถ กำหนดเกณฑ์ ในการเลือก วิธีการ แก้ปัญหาได้ เหมาะสม ทั้งหมด

5. จากวิธีการแก้ปัญหาในข้อ 3 นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาใดเหมาะสมในการแก้ปัญหาใน

สถานการณ์นี้ที่สุด จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

ติดตั้งระบบโดรนรดน้ำ หรือทำฝนเทียมอัตโนมัติเมื่อค่าฝุ่น PM 2.5 มีปริมาณมากขึ้น

 เพราะเป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ ทั่วทั้งวงที่ และมีความเป็นไปได้มากที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน			
			0	1	2	3
5	การพัฒนา วิธีการ แก้ปัญหาและ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ เหมาะสมและ ดีที่สุด	จากวิธีการ แก้ปัญหาใน ข้อ 3 นักเรียนคิด ว่าวิธีการ แก้ปัญหาใน ใดเหมาะสม ในการ แก้ปัญหา สถานการณ์ นี้ที่สุด จง อธิบายและ ให้เหตุผล ประกอบ	ไม่สามารถ ตัดสินใจ เลือก วิธีการ แก้ปัญหา ได้	สามารถ ตัดสินใจ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาได้ อย่าง สมเหตุสมผล แต่ไม่ใช่วิธีที่ เหมาะสม และดีที่สุด และไม่มี ความเป็นไป ได้	สามารถ ตัดสินใจ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาได้ อย่าง สมเหตุสมผล และมีความ เป็นไปได้ แต่ไม่ใช่วิธีที่ เหมาะสม และดีที่สุด	สามารถ ตัดสินใจ เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ เหมาะสม และดีที่สุดได้ อย่าง สมเหตุสมผล และมีความ เป็นไปได้

6. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกในข้อ 5 โดยการแสดงรายละเอียดขั้นตอนการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด และระบุผลที่อาจเกิดขึ้นเมื่อนำขั้นตอนการแก้ปัญหานั้นๆ ไปใช้

ชั้น ที่	รายละเอียดการดำเนินการ	ผลที่อาจเกิดขึ้น
1	ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบโดรน และ เซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น PM 2.5	ได้แนวคิดในการพัฒนาระบบโดรนรดน้ำ หรือทำฝนเทียมอัตโนมัติเมื่อค่าฝุ่น PM 2.5 มีปริมาณมากขึ้น
2	ออกแบบการสร้างและเลือกวัสดุ อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้	ได้แนวคิดในการสร้างอุปกรณ์ที่มีความเป็นไปได้ และได้ทราบงบประมาณที่จะใช้ในการสร้างอุปกรณ์
3	เขียนโปรแกรมเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น PM 2.5 ที่เชื่อมต่อกับระบบโดรนรดน้ำ หรือทำฝนเทียมอัตโนมัติ และ ทดลองคำสั่ง	ได้ระบบการสั่งการอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อปริมาณฝุ่น PM 2.5 จำนวนมาก ส่งผลให้โดรนทำงานอัตโนมัติและทันที่
4	สร้างอุปกรณ์และทดลองใช้	ได้อุปกรณ์ที่ช่วยลดปริมาณ PM 2.5
5	ปรับปรุงอุปกรณ์	ได้อุปกรณ์ที่ช่วยลดปริมาณ PM 2.5 ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด ความสามารถใน การแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน			
			0	1	2	3
6	การดำเนินงาน แก้ปัญหาตาม วิธีการที่วางแผนไว้ อย่างสร้างสรรค์	ให้นักเรียน ออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา โดย การแสดง รายละเอียด ขั้นตอนการ แก้ปัญหาให้ ได้มากที่สุด	ไม่สามารถ ระบุขั้นตอน การแก้ปัญหา ได้ หรือระบุ ขั้นตอนที่ไม่ สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ได้ จริง	สามารถระบุ ขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ ถูกต้องและ สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ได้ จริง 1-2 ข้อ	สามารถระบุ ขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ ถูกต้องและ สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ได้ จริง 3-4 ข้อ	สามารถระบุ ขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ ถูกต้องและ สามารถนำไป ประยุกต์ใช้ได้ จริง มากกว่า 4 ข้อ

ข้อ ที่	ตัวชี้วัด ความสามารถ ในการ แก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์	ข้อคำถาม	ระดับคะแนน		
			0	1	2
6	การดำเนินงานแก้ปัญหา ตามวิธีการที่วางแผนไว้ อย่างสร้างสรรค์	ให้นักเรียนระบุผลที่ อาจเกิดขึ้นเมื่อนำ ขั้นตอนการแก้ปัญหานั้นๆ ไปใช้	ไม่สามารถระบุ ผลที่เกิดขึ้นจาก การปฏิบัติตาม ขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ หรือระบุผลที่ เกิดขึ้นจากการ ปฏิบัติตาม ขั้นตอนการ แก้ปัญหาไม่ สมเหตุสมผล	สามารถระบุ ผลที่เกิดขึ้น จากการ ปฏิบัติตาม ขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ สอดคล้องกัน บางส่วน	สามารถระบุผล ที่เกิดขึ้นจาก การปฏิบัติตาม ขั้นตอนการ แก้ปัญหาได้ สอดคล้องกัน ทั้งหมด



6. คู่มือการใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2





ภาคผนวก ง
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินคุณภาพด้านอรรถประโยชน์ ด้าน
ความเป็นไปได้และด้านความเหมาะสมชอบธรรมของรูปแบบการวัดประเมินเป็นการ
เรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาจาก ผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ด้านความถูกต้อง (Accuracy)				
1. รูปแบบ ฯ มีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ถูกต้องตามหลักการ	+1	+1	+1	1.00
2. รูปแบบ ฯ มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ถูกต้องตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	+1	+1	+1	1.00
3. รูปแบบ ฯ มีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้และกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจน	+1	+1	+1	1.00
4. รูปแบบ ฯ ระบุบทบาทครูและบทบาทนักเรียนชัดเจน	+1	+1	+1	1.00
5. รูปแบบ ฯ ใช้เทคนิคการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ที่เหมาะสมและสามารถพัฒนาผู้เรียนได้ตรงตามวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	1.00
ด้านอรรถประโยชน์ (Utility)				
6. รูปแบบ ฯ นี้ ทำให้ครูทราบข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
7. รูปแบบ ฯ นี้ ทำให้ครูทราบข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
8. รูปแบบ ฯ นี้ ทำให้ผู้เรียนทราบข้อมูลสำหรับนำไปพัฒนาตนเอง	+1	+1	+1	1.00
9. รูปแบบ ฯ นี้ ช่วยทำให้การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพมาก	+1	+1	+1	1.00
ด้านความเป็นไปได้ (Feasibility)				
10. รูปแบบ ฯ นี้ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้จริง	+1	+1	+1	1.00

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาจาก ผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
11. รูปแบบฯ นี้ใช้ทรัพยากรที่ประหยัด และคุ้มค่า สอดคล้องกับบริบทการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน	+1	+1	+1	1.00
12. รูปแบบ ฯ นี้สามารถพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้จริง	+1	+1	+1	1.00
ด้านความเหมาะสมขอบรม (Propriety)				
13. รูปแบบ ฯ มีเนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
14. รูปแบบ ฯ มีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	1.00
15. รูปแบบ ฯ มีวิธีการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละขั้น	+1	+1	+1	1.00
16. รูปแบบ ฯ ระบุบทบาทครูและนักเรียนที่เหมาะสม	+1	+1	+1	1.00
17. รูปแบบ ฯ มีสื่อและอุปกรณ์ที่ใช้เหมาะสม	+1	+1	+1	1.00
18. รูปแบบ ฯ มีระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม	+1	+1	+1	1.00
19. รูปแบบฯ นี้ส่งเสริมการแสดงความคิดเห็นร่วมกันโดยคำนึงถึงความต้องการของผู้เรียนเป็นหลัก	+1	+1	+1	1.00
20. รูปแบบฯ นี้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
21. รูปแบบฯ นี้ มีการวัดประเมินที่มีความยุติธรรมกับผู้เรียนทุกคน	+1	+1	+1	1.00

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษาที่ใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของ
ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สำหรับกลุ่มทดลอง

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้				
1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนตามขั้นตอนการจัด การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน	+1	+1	+1	1.00
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน	+1	+1	+1	1.00
จุดประสงค์การเรียนรู้				
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และ คุณลักษณะ	+1	+1	+1	1.00
4. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง ชัดเจน และสามารถวัด ได้	+1	+1	+1	1.00
เนื้อหาสาระ				
5. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
6. เนื้อหาสาระมีความถูกต้องและครบถ้วน	+1	+1	+1	1.00
กิจกรรมการเรียนรู้				
7. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	1.00
9. กิจกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องตามขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน	+1	+1	+1	1.00
10. กิจกรรมการเรียนรู้มีการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะ เต็มศึกษา	+1	+1	+1	1.00
11. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและช่วยกระตุ้นความ สนใจของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00

รายการประเมิน	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
12. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1.00
13. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน	+1	+1	+1	1.00
14. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
15. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
16. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้	+1	0	+1	0.67
17. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
18. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1.00
19. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความยืดหยุ่นผูกพันกับการเรียนรู้	+1	0	+1	0.67
20. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
สื่อการเรียนรู้				
21. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	1.00
22. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความหลากหลาย	+1	+1	+1	1.00
23. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
24. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
การวัดประเมินการเรียนรู้				
25. การวัดประเมินการเรียนรู้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
26. การวัดประเมินการเรียนรู้มีความครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา จากผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
27. การวัดประเมินการเรียนรู้ใช้วิธีการที่หลากหลายและเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00
28. การวัดประเมินการเรียนรู้มีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนวัดประเมินตนเองและเพื่อน	+1	+1	+1	1.00
29. การวัดประเมินการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้	+1	+1	+1	1.00
30. การวัดประเมินการเรียนรู้มีการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00



การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษาที่ใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของ
ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สำหรับกลุ่มควบคุม

รายการประเมิน	ระดับการพิจารณา			IOC
	+1	0	-1	
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้				
1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนตามขั้นตอนการจัด การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน	+1	+1	+1	1.00
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน	+1	+1	+1	1.00
จุดประสงค์การเรียนรู้				
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และ คุณลักษณะ	+1	+1	+1	1.00
4. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง ชัดเจน และสามารถวัดได้	+1	+1	+1	1.00
เนื้อหาสาระ				
5. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
6. เนื้อหาสาระมีความถูกต้องและครบถ้วน	+1	+1	+1	1.00
กิจกรรมการเรียนรู้				
7. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	1.00
9. กิจกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน	+1	+1	+1	1.00
10. กิจกรรมการเรียนรู้มีการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา	+1	+1	+1	1.00
11. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและช่วยกระตุ้นความ สนใจของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
12. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ ความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1.00

รายการประเมิน	ระดับการพิจารณา			IOC
	+1	0	-1	
13. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน	+1	0	+1	0.67
14. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
15. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้	+1	0	+1	0.67
16. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
17. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
สื่อการเรียนรู้				
18. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	1.00
19. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความหลากหลาย	+1	+1	+1	1.00
20. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00
21. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
การวัดประเมินการเรียนรู้				
22. การวัดประเมินการเรียนรู้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
23. การวัดประเมินการเรียนรู้มีความครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00
24. การวัดประเมินการเรียนรู้ใช้วิธีการที่หลากหลายและเหมาะสม	+1	+1	+1	1.00
25. การวัดประเมินการเรียนรู้มีการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน	+1	+1	+1	1.00

**การตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
ที่ใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ สำหรับกลุ่มทดลอง**

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา		
	แผนฯ ที่ 1	แผนฯ ที่ 2	แผนฯ ที่ 3
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้			
1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน	5.00	5.00	5.00
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน	5.00	5.00	5.00
จุดประสงค์การเรียนรู้			
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ	4.67	5.00	4.67
4. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง ชัดเจน และสามารถวัดได้	4.67	4.33	4.67
เนื้อหาสาระ			
5. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	5.00	5.00
6. เนื้อหาสาระมีความถูกต้องและครบถ้วน	5.00	5.00	5.00
กิจกรรมการเรียนรู้			
7. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	4.67	5.00
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	5.00	5.00	5.00
9. กิจกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน	5.00	5.00	5.00
10. กิจกรรมการเรียนรู้มีการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	5.00	5.00	5.00
11. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	5.00	5.00	5.00
12. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	5.00	5.00	5.00

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา		
	แผนฯ ที่ 1	แผนฯ ที่ 2	แผนฯ ที่ 3
13. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน	5.00	5.00	5.00
14. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้	5.00	5.00	5.00
15. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.67	4.67	5.00
16. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้	4.33	4.67	4.67
17. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน	5.00	5.00	5.00
18. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	4.67	5.00	5.00
19. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67
20. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	5.00	5.00
สื่อการเรียนรู้			
21. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5.00	4.67	5.00
22. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความหลากหลาย	4.67	4.67	4.67
23. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5.00	5.00	5.00
24. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	5.00	5.00
การวัดประเมินการเรียนรู้			
25. การวัดประเมินการเรียนรู้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	4.67	5.00
26. การวัดประเมินการเรียนรู้มีความครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	4.67	5.00
27. การวัดประเมินการเรียนรู้ใช้วิธีการที่หลากหลาย	5.00	5.00	5.00

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา		
	แผนฯ ที่ 1	แผนฯ ที่ 2	แผนฯ ที่ 3
และเหมาะสม			
28.การวัดประเมินการเรียนรู้มีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียน วัดประเมินตนเองและเพื่อน	4.67	4.67	5.00
29.การวัดประเมินการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียน สามารถกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองได้	4.67	4.67	4.67
30.การวัดประเมินการเรียนรู้มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน	5.00	5.00	5.00
ค่าเฉลี่ยคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้	4.87	4.87	4.93



**การตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
ที่ใช้รูปแบบการวัดประเมินเป็นการเรียนรู้ สำหรับกลุ่มควบคุม**

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา		
	แผนฯ ที่ 1	แผนฯ ที่ 2	แผนฯ ที่ 3
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้			
1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนตาม ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน	5.00	5.00	5.00
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน	5.00	5.00	5.00
จุดประสงค์การเรียนรู้			
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ	4.67	5.00	4.67
4. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง ชัดเจน และ สามารถวัดได้	4.67	4.33	4.67
เนื้อหาสาระ			
5. เนื้อหาสาระสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	5.00	5.00
6. เนื้อหาสาระมีความถูกต้องและครบถ้วน	5.00	5.00	5.00
กิจกรรมการเรียนรู้			
7. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	4.67	5.00
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	5.00	5.00	5.00
9. กิจกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องตามขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน	5.00	5.00	5.00
10. กิจกรรมการเรียนรู้มีการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา	5.00	5.00	5.00
11. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและช่วยกระตุ้น ความสนใจของผู้เรียน	4.33	5.00	5.00
12. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5.00	5.00	5.00

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา		
	แผนฯ ที่ 1	แผนฯ ที่ 2	แผนฯ ที่ 3
13. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน	4.67	4.67	5.00
14. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.67	4.67	5.00
15. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้	4.00	4.67	5.00
16. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน	4.67	4.67	4.67
17. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	5.00	5.00
สื่อการเรียนรู้			
18. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5.00	4.67	5.00
19. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความหลากหลาย	4.67	4.67	4.67
20. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5.00	5.00	5.00
21. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	5.00	5.00
การวัดประเมินการเรียนรู้			
22. การวัดประเมินการเรียนรู้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	4.67	5.00
23. การวัดประเมินการเรียนรู้มีความครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	4.67	5.00
24. การวัดประเมินการเรียนรู้ใช้วิธีการที่หลากหลายและเหมาะสม	4.67	4.67	4.67
25. การวัดประเมินการเรียนรู้มีการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน	5.00	5.00	5.00
ค่าเฉลี่ยคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้	4.80	4.84	4.93

**การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการ
ตามแนวสะเต็มศึกษา**

กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม	สถานการณ์ขาดแคลนพลังงาน		สถานการณ์ขยะล้นกระทง	
	IOC	ความเหมาะสมของ เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	ความเหมาะสมของ เกณฑ์การให้ คะแนน
1) ระบุปัญหา	1.00	1.00	1.00	1.00
2) รวบรวมข้อมูล	1.00	0.60	1.00	0.60
3) ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา	1.00	1.00	1.00	1.00
4) วางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหา	1.00	1.00	1.00	1.00
5) ทดสอบ ประเมินและ ปรับปรุง	1.00	0.60	1.00	0.60

**การวิเคราะห์ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นแบบทดสอบความรู้แบบ
บูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา**

ข้อที่	สถานการณ์ขาดแคลนพลังงาน		สถานการณ์ขยะล้นกระทง	
	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก
	(p)	(r)	(p)	(r)
1	0.80	0.55	0.77	0.55
2	0.79	0.73	0.59	0.53
3	0.51	0.68	0.46	0.80
4	0.67	0.62	0.47	0.82
5	0.65	0.74	0.43	0.54
ทั้งฉบับ	$\alpha = 0.65$		$\alpha = 0.64$	

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน

ข้อ	IOC	ผลการคัดเลือก
1	1.00	นำไปใช้
2	1.00	นำไปใช้
3	1.00	นำไปใช้
4	1.00	นำไปใช้
5	1.00	นำไปใช้
6	1.00	นำไปใช้
7	1.00	นำไปใช้
8	.80	นำไปใช้
9	1.00	นำไปใช้
10	1.00	นำไปใช้
11	1.00	นำไปใช้
12	1.00	นำไปใช้
13	1.00	นำไปใช้
14	1.00	นำไปใช้
15	1.00	นำไปใช้
16	0.60	นำไปใช้
17	0.60	นำไปใช้
18	0.60	นำไปใช้
19	1.00	นำไปใช้
20	0.60	นำไปใช้
21	1.00	นำไปใช้
22	1.00	นำไปใช้
23	1.00	นำไปใช้
24	1.00	นำไปใช้
25	1.00	นำไปใช้
26	0.80	นำไปใช้

ข้อ	IOC	ผลการคัดเลือก
27	0.80	นำไปใช้
28	1.00	นำไปใช้
29	1.00	นำไปใช้
30	1.00	นำไปใช้
31	1.00	นำไปใช้
32	1.00	นำไปใช้
33	0.40	ตัดทิ้ง



การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามแบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการคัดเลือก
1	0.280	นำไปใช้
2	0.557	นำไปใช้
3	0.578	นำไปใช้
4	0.432	ตัดทิ้ง (เนื้อหาซ้ำ)
5	0.482	นำไปใช้
6	0.533	นำไปใช้
7	0.617	นำไปใช้
8	0.466	ตัดทิ้ง (เนื้อหาซ้ำ)
9	0.752	นำไปใช้
10	0.708	นำไปใช้
11	0.641	ตัดทิ้ง (เนื้อหาซ้ำ)
12	0.535	นำไปใช้
13	0.239	นำไปใช้
14	0.532	นำไปใช้
15	0.540	นำไปใช้
16	0.667	นำไปใช้
17	0.321	นำไปใช้
18	0.245	นำไปใช้
19	0.132	ตัดทิ้ง
20	0.281	นำไปใช้
21	0.343	นำไปใช้
22	0.528	นำไปใช้
23	0.551	นำไปใช้
24	0.673	นำไปใช้
25	0.465	นำไปใช้
26	0.499	ตัดทิ้ง (เนื้อหาซ้ำ)

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการคัดเลือก
27	0.332	ตัดทิ้ง (เนื้อหาซ้ำ)
28	0.577	นำไปใช้
29	0.483	นำไปใช้
30	0.548	นำไปใช้
31	0.388	นำไปใช้
32	0.478	นำไปใช้



การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

ข้อ	IOC	ผลการคัดเลือก
1	0.60	นำไปใช้
2	1.00	นำไปใช้
3	1.00	นำไปใช้
4	1.00	นำไปใช้
5	1.00	นำไปใช้
6	1.00	นำไปใช้
7	1.00	นำไปใช้
8	0.60	ตัดทิ้ง
9	1.00	นำไปใช้
10	1.00	นำไปใช้
11	1.00	นำไปใช้
12	1.00	นำไปใช้
13	1.00	นำไปใช้
14	1.00	นำไปใช้
15	1.00	นำไปใช้
16	1.00	นำไปใช้
17	1.00	นำไปใช้
18	1.00	นำไปใช้
19	1.00	นำไปใช้
20	1.00	นำไปใช้
21	1.00	นำไปใช้
22	1.00	นำไปใช้
23	1.00	นำไปใช้
24	1.00	นำไปใช้
25	1.00	นำไปใช้
26	0.80	นำไปใช้

ข้อ	IOC	ผลการคัดเลือก
27	1.00	นำไปใช้
28	1.00	นำไปใช้
29	1.00	นำไปใช้
30	1.00	นำไปใช้



การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามแบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการคัดเลือก
1	0.553	นำไปใช้
2	0.118	ตัดทิ้ง
3	-0.074	ตัดทิ้ง
4	-0.125	ตัดทิ้ง
5	0.368	นำไปใช้
6	-0.381	นำไปใช้
7	0.620	นำไปใช้
8	0.422	นำไปใช้
9	0.648	นำไปใช้
10	0.701	นำไปใช้
11	0.432	นำไปใช้
12	0.414	นำไปใช้
13	0.455	นำไปใช้
14	0.455	นำไปใช้
15	0.375	นำไปใช้
16	0.433	นำไปใช้
17	0.554	นำไปใช้
18	0.502	นำไปใช้
19	0.583	นำไปใช้
20	0.300	นำไปใช้
21	0.424	นำไปใช้
22	0.542	นำไปใช้
23	0.560	นำไปใช้
24	0.530	นำไปใช้
25	0.553	นำไปใช้
26	0.680	นำไปใช้

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ผลการคัดเลือก
27	0.599	นำไปใช้
28	0.608	นำไปใช้
29	0.587	นำไปใช้



**การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน
ของแบบทดสอบสถานการณ์ขยะพลาสติก**

จุดประสงค์ของการแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์	สถานการณ์ขยะพลาสติก		สถานการณ์ปัญหา PM 2.5	
	IOC	ความเหมาะสมของ เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	ความเหมาะสมของ เกณฑ์การให้คะแนน
1) การระบุปัญหา	1.00	1.00	1.00	1.00
2) การรวบรวมข้อมูลและการ ระบุปัญหาที่สำคัญ	0.80	1.00	0.80	1.00
3) การสำรวจแนวคิดหรือ วิธีการแก้ปัญหา	1.00	0.80	1.00	0.80
4) การกำหนดเกณฑ์ในการ เลือกวิธีการแก้ปัญหา	1.00	1.00	1.00	1.00
5) การพิจารณาและเลือก วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และดีที่สุด	1.00	1.00	1.00	1.00
6) การดำเนินงานแก้ปัญหา	1.00	1.00	1.00	1.00

**การวิเคราะห์ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์**

ข้อที่	สถานการณ์การขยะพลาสติก		สถานการณ์ปัญหา PM 2.5	
	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก
	(p)	(r)	(p)	(r)
1	0.73	0.60	0.62	0.59
2	0.45	0.72	0.57	0.74
3	0.34	0.67	0.44	0.59
4	0.65	0.43	0.67	0.50
5	0.62	0.80	0.63	0.51
6	0.50	0.83	0.51	0.66
ทั้งฉบับ	$\alpha = 0.72$		$\alpha = 0.61$	

การตรวจสอบความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินคุณภาพผลงาน

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน			ความ เหมาะสม ของ เกณฑ์ การให้ คะแนน
		0	1	2	
1. ความ แปลกใหม่ (Novelty)	1. ความคิดริเริ่ม (Originality)	ผลงานไม่มี ความแตกต่าง จากผลงาน ทั่วไปทั้งในด้าน วัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ และแนวคิด	ผลงานมีความ แตกต่างจาก ผลงานทั่วไปใน ด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ “หรือ” แนวคิด	ผลงานมีความ แตกต่างจาก ผลงานทั่วไป ทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์ กระบวนการ “และ” แนวคิด	1.00
	2. ความประหลาด ใจ (Surprising)	ผลงานไม่มี ความน่าตื่นตา ตื่นใจ แปลกใจ หรือเกินความ คาดหมาย	ผลงานมีความ น่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ แต่ไม่ เกินความ คาดหมาย	ผลงานมีความ น่าตื่นตาตื่นใจ แปลกใจ หรือ เกินความ คาดหมาย	1.00
2. การ แก้ปัญหา (Resolution)	3. ความ สมเหตุสมผล (Logicalness)	ผลงานสร้าง ด้วยวิธีการที่มี เหตุผลทาง วิทยาศาสตร์ที่ ไม่ถูกต้อง “และ” ไม่ เหมาะสม ทั้งใน ด้านความรู้ การ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ “และ” การดำเนินงาน	ผลงานสร้าง ด้วยวิธีการที่มี เหตุผลทาง วิทยาศาสตร์ที่ ถูกต้อง “หรือ” เหมาะสม ใน ด้านความรู้ การ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ “หรือ” การดำเนินงาน	ผลงานสร้าง ด้วยวิธีการที่มี เหตุผลทาง วิทยาศาสตร์ที่ ถูกต้องและ เหมาะสม ทั้ง ในด้านความรู้ การเลือกวัสดุ อุปกรณ์ และ การดำเนินงาน	1.00

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน			ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน
		0	1	2	
2. การแก้ปัญหา (Resolution)	4. ความมีประโยชน์ (Usefulness)	ผลงานไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้จริง ไม่แข็งแรง และไม่สะดวกต่อการนำไปใช้	ผลงานสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ แต่ไม่แข็งแรง หรือไม่สะดวกต่อการนำไปใช้	ผลงานสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้จริง มีความแข็งแรง และสะดวกต่อการนำไปใช้งานจริง	1.00
	5. ความคุณค่า (Value)	ผลงานไม่มีประโยชน์ ไม่มีความจำเป็น และไม่มี ความสำคัญกับการดำเนินชีวิต	ผลงานมีประโยชน์ แต่ไม่มีความจำเป็น หรือไม่มี ความสำคัญกับการดำเนินชีวิต	ผลงานมีประโยชน์ มีความจำเป็น และมี ความสำคัญกับการดำเนินชีวิต	1.00
	6. ความเข้าใจ (Understandability)	ผลงานไม่สามารถสื่อความหมาย และไม่สื่อถึงวิธีการนำไปใช้	ผลงานสื่อความหมายแต่สื่อวิธีการนำไปใช้ได้ไม่ชัดเจน	ผลงานสื่อความหมายและวิธีการนำไปใช้ให้เข้าใจได้ง่าย และมีความชัดเจน	1.00

องค์ประกอบ	ประเด็นประเมิน	ระดับคะแนน			ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน
		0	1	2	
3. ความประณีตและการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ (Elaboration and Synthesis)	7. คุณภาพ (Organic qualities)	ผลงานไม่เสร็จสมบูรณ์ และไม่มีประสิทธิภาพและมาตรฐานตามที่ต้องการ	ผลงานเสร็จแต่ไม่สมบูรณ์ทุกส่วน ต้องมีการออกแบบหรือปรับปรุงอุปกรณ์บางส่วน จึงจะทำให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐานตามที่ต้องการ	ผลงานเสร็จสมบูรณ์ทุกส่วน มีประสิทธิภาพและมาตรฐานตามที่ต้องการ	1.00
	8. ความประณีต (Well-crafted)	ผลงานไม่มีคุณภาพดีพิดัน ไม่มีรายละเอียดและแสดงถึงความไม่ตั้งใจทำผลงานหรือการทำงานอย่างเร่งรีบ	ผลงานมีความพิถีพิถันและมีรายละเอียดบางส่วน	ผลงานมีความพิถีพิถัน มีความละเอียดและแสดงถึงความตั้งใจทำผลงานอย่างดี	1.00
	9. ความสวยงาม (Elegance)	ผลงานไม่มี ความสวยงาม ดึงดูดใจ และทำให้เกิดความเพลิดเพลิน	ผลงานมีความสวยงาม ดึงดูดใจ แต่ไม่ทำให้เกิดความเพลิดเพลิน ส่วนประกอบของงานดูไม่กลมกลืนกัน	ผลงานมีความสวยงาม ส่วนประกอบของงานมีความกลมกลืนกัน ดึงดูดใจ และทำให้เกิดความเพลิดเพลิน	1.00

ภาคผนวก จ
ภาพการดำเนินการวิจัย



ภาพการดำเนินการวิจัย







ประวัติผู้เขียน

