

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง
วิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้

เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION LEARNING MODEL THOROUGH THE
ENGINEERING DESIGN PROCESS WITH DRIVING QUESTIONS TO

ปิยธิดา สุภา

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง
วิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้
เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION LEARNING MODEL THOROUGH THE
ENGINEERING DESIGN PROCESS WITH DRIVING QUESTIONS TO
ENHANCE PROBLEM-SOLVING COMPETENCIES AND AWARENESS OF CLIMATE
CHANGE AMONG UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION
(Science Education)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

ปิยธิดา สุภา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุชะฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พุกฤษประมุค)

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

..... กรรมการ
(ดร.ศุภิกา วานิชขัง)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	ปิยธิดา สุภา
ปริญญา	การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรรยา ดาสา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในปัจจุบัน เด็กและเยาวชนต้องเตรียมพร้อมในการมีส่วนร่วมในการปรับตัวและการบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ 2) ศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เครื่องมือวัดความตระหนักรู้ และแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าขนาดอิทธิพล ข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์แก่นสาระ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพพบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก เมื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียน ($M = 43.23, S.D. = 10.37$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 37.07, S.D. = 11.61$) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (0.56) ผลเชิงคุณภาพสะท้อนว่า นักเรียนสามารถตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา เสนอแนวทางในการแก้ปัญหา และแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ท้าทายได้ดีขึ้น ในด้านความตระหนักรู้พบว่า ความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหลังเรียน ($M = 7.42, S.D. = 1.41$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 6.33, S.D. = 1.35$) และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (0.79) เจตคติต่อสภาพภูมิอากาศหลังเรียน ($M = 40.89, S.D. = 5.80$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 34.03, S.D. = 5.89$) และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับใหญ่มาก (1.17) และพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศหลังเรียน ($M = 38.26, S.D. = 6.22$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 32.11, S.D. = 7.60$) และมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (0.86) ผลการวิจัยยังพบว่าผู้เรียนมีความสนใจในวิธีบรรเทาปรับตัวเพื่อรับมือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาวและบอกสาเหตุและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อีกด้วย

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, ความสามารถในการแก้ปัญหา, ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Title	DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION LEARNING MODEL THOROUGH THE ENGINEERING DESIGN PROCESS WITH DRIVING QUESTIONS TO ENHANCE PROBLEM-SOLVING COMPETENCIES AND AWARENESS OF CLIMATE CHANGE AMONG UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS
Author	PIYATIDA SUPA
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Chanyah Dahsah

Climate change is one of the most important environmental problem the world faces today. Children and youth need to participate in climate change adaptation and mitigation. Therefore, the purposes are as follows: (1) to develop STEM Education learning model through the engineering design process with driving questions; (2) to study effects of the learning model on the problem-solving competencies of the students and awareness of climate change. The research tools included lesson plans, a problem-solving competencies test, awareness measuring instrument and a learning reflection form. The quantitative data were percentage, mean and effect size. The qualitative data were categorized by thematic analysis. The research results indicated the learning model was composed of 6 steps, and were assessed by experts using the Index of Item Objective Congruence, at 0.67-1.00 and had the highest level of appropriateness. The implementation of the learning model found the mean scores of the problem-solving competencies of students after learning ($M = 43.23$, $S.D. = 10.37$) were higher ($M = 37.07$, $S.D. = 11.61$) with a medium effect size (0.56). The qualitative results reflected that students were better posing questions to generate solutions, providing solutions to solve problems, and finding solutions in challenging situations. In regard to student awareness of climate change, the mean scores of climate understanding after learning ($M = 7.42$, $S.D. = 1.41$) were higher ($M = 34.03$, $S.D. = 5.89$) with a medium effect size (0.79). The mean scores of climate change attitudes after learning ($M = 40.89$, $S.D. = 5.80$) were higher ($M = 37.07$, $S.D. = 11.61$) with a largest effect size (1.17). The mean scores of student climate change action after learning ($M = 38.26$, $S.D. = 6.22$) were higher than before ($M = 32.11$, $S.D. = 7.60$) with the largest effect size (0.86). Students interested in finding ways to mitigate climate change and adapt for long-term impacts. They can also explore the causes and effects of climate change.

Keyword : STEM Education, Problem Solving Compatencies, Awareness of Climate Change

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางการดำเนินการทำปริญญาานิพนธ์ พร้อมทั้งสนับสนุนผู้วิจัยให้ได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้หลายด้าน ตลอดจนให้ข้อคิดคำปรึกษา และกำลังใจเป็นอย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณา และความเอาใจใส่ที่ได้รับเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ได้ให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา ผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมุข อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ และอาจารย์ ดร.ศุภิกา วานิชชัง ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีคุณค่าต่อการปรับปรุงปริญญาานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จีระวรรณ เกษสิงห์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์ ดร. เสกสรร สรรสรพิสุทธิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญดา ลิ้มปานานท์ พรหมรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ และอาจารย์ ดร.ศุภิกา วานิชชัง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้การวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณครูในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยทุกคน

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้สนับสนุนอันดับหนึ่งของผู้วิจัย ที่เชื่อมั่นอย่างไม่เปลี่ยนแปลง และให้กำลังใจในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียนได้

ปิยธิดา สุภา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ.....	ฏ
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามวิจัย	7
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
กลุ่มที่ใช้ศึกษา.....	8
ระยะเวลาที่ใช้ศึกษา.....	8
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	8
ตัวแปรที่ศึกษา.....	8
ตัวแปรต้น	8
ตัวแปรตาม.....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
กรอบแนวคิดในการวิจัย	11
สมมุติฐานในการวิจัย.....	13

บทที่ 2	2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1. ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ	3
1.1 ความหมายของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	3
1.2 ความสำคัญของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ	4
1.3 องค์ประกอบของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	7
1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	9
1.5 การวัดและประเมินผลความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ	15
2. ความสามารถในการแก้ปัญหา.....	23
2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา	23
2.2 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา	24
2.3 องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา	25
2.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา.....	29
2.5 เทคนิคการตั้งคำถามนำ	35
2.6 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา	37
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education)	42
3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	43
3.2 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	44
3.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	46
3.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา	46
3.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา.....	49
4. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	50
4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	50

4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	51
4.3 ขั้นตอนการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	55
4.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา	58
บทที่ 3	66
วิธีดำเนินการวิจัย	66
ขั้นที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เอกสาร แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	1
ขั้นที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	1
ขั้นที่ 3 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล	2
ขั้นที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้จริง และประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้	16
1. กลุ่มที่ใช้ศึกษา	17
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	17
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	17
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	17
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล	17
6. การวิเคราะห์ข้อมูล	18
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	20
จริยธรรมของการวิจัย.....	22
บทที่ 4	23
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	23

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	23
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ.....	50
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ.....	52
บทที่ 5	56
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	56
สรุปผลการวิจัย.....	60
อภิปรายผลการวิจัย.....	62
ข้อเสนอแนะ	68
ภาคผนวก.....	70
ภาคผนวก ก	71
ภาคผนวก ข	73
ภาคผนวก ค	102
ภาคผนวก ง.....	126
ภาคผนวก จ	128
บรรณานุกรม.....	132
ประวัติผู้เขียน.....	154

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	13
ตาราง 2 พฤติกรรมความตระหนักในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	17
ตาราง 3 สรุประดับความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 4 ระดับ.....	21
ตาราง 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา.....	33
ตาราง 5 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา.....	40
ตาราง 6 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา.....	41
ตาราง 7 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา.....	41
ตาราง 8 สรุปรองคประกอบของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา.....	53
ตาราง 9 สรุปขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	57
ตาราง 10 สรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา.....	62
ตาราง 11 ตัวอย่างข้อความของแบบวัดเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละองค์ประกอบ.....	6
ตาราง 12 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา.....	10
ตาราง 13 วิเคราะห์เนื้อหาข้อสอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา.....	12
ตาราง 14 ตัวอย่างคำถามในแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้.....	14
ตาราง 15 วิเคราะห์ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา.....	28
ตาราง 16 เกณฑ์การประเมินความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	33
ตาราง 17 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา.....	34

ตาราง 18 แสดงตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์	36
ตาราง 19 แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	37
ตาราง 20 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ	37
ตาราง 21 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ.....	39
ตาราง 22 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้	41
ตาราง 23 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้.....	48
ตาราง 24 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อนและหลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบ	50
ตาราง 25 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ก่อนและหลังเรียน	53
ตาราง 26 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบ	54
ตาราง 27 ความสอดคล้อง (IOC) ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	103
ตาราง 28 ความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	104
ตาราง 29 ความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้.....	106
ตาราง 30 ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้	108
ตาราง 31 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา.....	111
ตาราง 32 ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	113
ตาราง 33 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	116
ตาราง 34 ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	118
ตาราง 35 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัด	120
ตาราง 36 ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัด	122

ตาราง 37 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบแบบสะท้อนการเรียนรู้.....	124
ตาราง 38 ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบแบบสะท้อนการเรียนรู้.....	125



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	13
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนักรู้	3
ภาพประกอบ 3 การตั้งคำถามนำ (Driving Questions).....	36
ภาพประกอบ 4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับการตั้งคำถามนำ.....	61
ภาพประกอบ 5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	1
ภาพประกอบ 6 แบบแผนการดำเนินการวิจัย (Mixed Methods Intervention Design)	16
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	45
ภาพประกอบ 8 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ	47

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมสำคัญในระดับโลก ทำให้หลายประเทศตกลงดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมกันอย่างจริงจังในความตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งเป็นความตกลงตามกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change Conference of the Parties: UNFCCC COP) (IPCC, 2013) การวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงที่ผ่านมา ชี้ให้เห็นว่าปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น และมีสาเหตุมาจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะกิจกรรมทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และการทำการเกษตร จนก่อให้เกิดการสะสมแก๊สเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น (Abbass et al., 2022; Parmesan, Morecroft, & Trisurat, 2022) ดังนั้น การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นอย่างมาก รัฐบาลแต่ละประเทศจึงส่งเสริมให้ประชาชนโดยเฉพาะกลุ่มเด็กและเยาวชน ได้เรียนรู้มาตรการในการปรับตัว และหาวิธีบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (Lehtonen, Salonen, & Cantell, 2019) เห็นได้จากในหลักสูตรการศึกษาระดับนานาชาติในหลายประเทศ เช่น มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Next Generation Science Standards) ที่ให้ความสำคัญกับการรู้สภาพภูมิอากาศของผู้เรียน โดยบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศ และความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของมนุษย์กับสภาพภูมิอากาศ เป็นเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นต้องได้เรียนรู้ (National Research Council, 2013) ประเทศแถบยุโรปอีกหลายประเทศส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อส่งเสริมความรู้ ความตระหนัก การรับรู้เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียน (Jones, 2021; Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2012) อีกทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังถูกกำหนดให้เป็นความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ PISA 2025 ได้กำหนดไว้ในการประเมินผู้เรียนอีกด้วย (OECD, 2023) สำหรับประเทศไทยกำหนดเนื้อหาการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงในหลักสูตรหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2552) และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง

พ.ศ. 2560) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยจัดเป็นวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาจะต้องเรียน อย่างไรก็ตามเนื้อหาในหลักสูตรส่วนใหญ่เน้นเนื้อหาด้านความรู้ความเข้าใจ แต่ยังขาดประเด็นที่เกี่ยวกับการเตรียมรับมือและลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำลังเกิดขึ้น (Ministry of Education, 2009)

จากรายงานผลการศึกษาศึกษาของสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (Thailand Development Research Institute, 2022) พบว่า การจัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียน ยังไม่เพียงพอทั้งด้านโอกาสและคุณภาพในการจัดการศึกษา จึงเสนอแนะให้มีการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียน และเพิ่มขีดความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อให้เด็กและเยาวชนมีความเข้าใจสาเหตุและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเพียงพอ (United Nations Educational & Cultural, 2023) อีกทั้งจากการประเมินระดับความรู้ของเด็กและเยาวชนขององค์การยูเนสโกในปี พ.ศ. 2565 พบว่านักเรียนร้อยละ 70 ทั่วโลกขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การรับมือและปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศ และมีความต้องการให้มีการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมกับท้องถิ่นของตนเพิ่มมากขึ้น (United Nations Educational & Cultural, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์กรอบหลักสูตรระดับชาติของ 100 ประเทศในปี พ.ศ. 2564 โดยองค์การยูเนสโก ที่แสดงให้เห็นว่าหลักสูตรระดับชาติจำนวนกว่า 50 ประเทศ ไม่มีเนื้อหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Educational & Cultural, 2022) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสำคัญและต้องได้รับการแก้ปัญหาอย่างเร่งด่วน การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความสามารถที่จำเป็นในการเตรียมพร้อมรับมือ บรรเทาและแก้ปัญหการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งหวังที่จะพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียน

ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงเป็นผลลัพธ์หนึ่งของผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนา (United Nations Educational & Cultural, 2023) องค์การทางด้านการศึกษาหลายหน่วยงานแสดงความเห็นว่า ควรส่งเสริมผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ มีความรับผิดชอบต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม หรือเรียกว่าการส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียน (Abbasi & Nawaz, 2020);

Fauville, Queiroz, & Bailenson, 2020; Sabra & Al-Moaz, 2022) จากงานวิจัยที่ในช่วงที่ผ่านมาพบว่า มักจะให้ความสำคัญกับการพัฒนาผู้เรียนในด้านความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าการส่งเสริมทางด้านอารมณ์และพฤติกรรม เช่น เจตคติ ความกังวล และพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อม (Global Education Monitoring Report, 2022; United Nations Educational & Cultural, 2019) สำหรับประเทศไทยได้จัดทำแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ รองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 – 2593 ซึ่งเป็นแผนระยะยาว 36 ปี เพื่อใช้เป็นกรอบนโยบาย ในการกำหนดทิศทางของประเทศให้มุ่งสู่การมีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนสอดแทรกประเด็นดังกล่าวในหลักสูตรการศึกษาทุกระดับ ซึ่งเห็นได้จากรายละเอียดในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยระบุเนื้อหาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศไว้ในมาตรฐาน ว 3.2 ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของระบบโลก การเปลี่ยนแปลงบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย การเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) หลักสูตรการศึกษาจึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเสริมสร้างความตระหนักรู้และจิตสำนึกต่อประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563) แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนของครูยังเป็นการบรรยายเนื้อหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าการใช้สถานการณ์ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำลังเกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง ดังนั้นจึงแนวทางการเรียนรู้จึงควรส่งเสริมให้ผู้เรียนเผชิญกับปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน (ชนัดดา มะโนสร & สลา สามีภักดิ์, 2564) อีกทั้งปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นมีความซับซ้อน ผู้เรียนต้องอาศัยการเชื่อมโยงและมีมุมมองในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย จึงจะสามารถหาแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

การเตรียมผู้เรียนเพื่อรับมือกับความท้าทายทั้งในระดับท้องถิ่นและในระดับโลกที่ต้องเผชิญในปัจจุบัน องค์การศึกษาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติหรือยูเนสโก ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักด้านการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ได้กำหนดให้ความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นความสามารถหลักเพื่อความยั่งยืน (Key competencies for sustainability) ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนาเพื่อรับมือปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Brundiers et al., 2021) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ระบุว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเป็น 1 ใน 5 สมรรถนะสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยมีเป้าหมายให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยความ

เข้าใจ และแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีเป้าหมาย (Battelle for Kids, 2015; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2564) จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับนิยามของความสามารถในการแก้ปัญหาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันพบว่า ลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหามีการเปลี่ยนแปลงไป โดยช่วงศตวรรษที่ 20 นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า เป็นขั้นตอนเชิงเส้นในการดำเนินการไปสู่เป้าหมาย เริ่มจากการเลือกวิธีการในการแก้ปัญหา การวางแผน และดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้ (Marzano, 1993; Mayer, 1992; Sharp, 1991; Shaw, Feuerstein, Hauffer, Berkowitz, & Lopez, 2001; Weir, 1974; Wessells, 1982) การแก้ปัญหาก็จะเป็นไปตามลำดับขั้น หากผู้เรียนไม่แก้ปัญหตามขั้นตอนจะสรุปว่าผู้เรียนไม่สามารถการแก้ปัญหาได้ ช่วงศตวรรษที่ 21 นิยามความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นความสามารถของบุคคลที่ผสมผสานออกมาในการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เลือกวิธีการได้อย่างเหมาะสม จนสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยได้ (Edleader21, 2015; Khoiriyah & Husamah, 2018; Song, 2018) จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนพบว่า เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอน เช่น ให้ผู้เรียนระบุปัญหา จากนั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เลือกวิธีแก้ปัญหา และประเมินผลการแก้ปัญหา ซึ่งจากผลการวิจัยที่ผ่านมาผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาในลักษณะการแก้ปัญหาตามขั้นตอนได้ดี (สิริวิภัทร์ เดชพิพัฒน์วรกุล & ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี, 2566; นันทน์ภัส ลัมสันติธรรม, 2561) แต่ในปัจจุบันลักษณะของการแก้ปัญหาเป็นความสามารถของบุคคลในการนำความรู้ ประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย โดยพิจารณาจากความสามารถในการบอกประเด็นปัญหา การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างครอบคลุม และที่สำคัญคือการตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหาของผู้เรียน (Battelle for Kids, 2019) โดยเฉพาะบริบทการศึกษาของไทย ผู้เรียนมักจะไม่กล้าตั้งคำถามถึงประเด็นปัญหาต่าง ๆ (อดิสร จันทรสข, 2564) ซึ่งการตั้งคำถามจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น เกิดความท้าทาย ได้แนวทางในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ และนำแนวทางที่ได้มาใช้จัดการกับปัญหาในชีวิตจริง (วรินทร์ สิริพงษ์ณภัทร, 2566) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้มีการระบุปัญหาหรือให้ความสำคัญกับขั้นตอนในการแก้ปัญหาเพียงอย่างเดียวดังเช่นในอดีต อาจไม่สอดคล้องและไม่สามารถพัฒนาลักษณะความสามารถในการแก้ปัญหาในปัจจุบันได้ (Boonkitti, Pluempanupat, & Faikhamta, 2021) โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการศึกษาหลักสูตรและงานวิจัยก่อนหน้า พบว่า การจัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจำเป็นต้องมีการบูรณาการในหลายวิชา นอกเหนือจากรายวิชา วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ยังมีการนำไปบูรณาการร่วมกับวิชาสังคม เศรษฐกิจ กฎหมาย และหน้าที่พลเมือง ซึ่งหัวใจสำคัญของความพยายามในการจัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคือ แนวคิดของ 'การบรรเทา' และ 'การปรับตัว' (Mitigation and Adaptation) ซึ่งเป็นการดำเนินการเพื่อหวังว่า จะสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ในอนาคต (United Nations Educational & Cultural, 2023) องค์การยูเนสโกได้ประกาศเป้าหมายการเรียนรู้ เพื่อต่อสู้และรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเร่งด่วนทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านอารมณ์และสังคม และด้านพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านสภาพภูมิอากาศร่วมกัน (United Nations Educational & Cultural, 2022) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา และความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ พบว่า มีการใช้การจัดการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบ โดยมีลักษณะสำคัญร่วมกัน คือ บูรณาการการเรียนรู้โดยนำแนวคิดของศาสตร์ต่าง ๆ มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง (Boonkitti et al., 2021; Roehrig, Dare, Ellis, & Ring-Whalen, 2021; Tytler, 2020) ใช้ปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความท้าทายพร้อมที่จะแก้ปัญหา เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการส่งเสริมการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และสอนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น (Nantsou & Tombras, 2022; Nguyen, Nguyen, & Tran, 2020; Rousell, 2020; Zanetell & Schusler, 2022) โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่นิยมใช้ คือการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งมีข้อดี คือ การนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาช่วยในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทจริง เชื่อมโยงแนวคิดที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์จริงเข้ากับเนื้อหาในบทเรียน และยังทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงในการสร้างความตระหนักรู้ ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมให้กับผู้เรียน (Beillouin & Cardinael, 2022; Nantsou & Tombras, 2022; Tadana & Salic-Hairulla, 2021) และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ยังมีเป้าหมายสำคัญ คือ การแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงที่มีความซับซ้อน (Dare, Keratithamkul, Hiwatig, & Li, 2021; Keratithamkul, 2023)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามนโยบายของชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) และเป็นนโยบายด้านการศึกษาดังที่ระบุในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 (Office of the Education Council, 2017) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีลักษณะสำคัญคือ ผู้เรียนจะได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติจริง แก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมภายใต้เงื่อนไขในชีวิตจริง เมื่อผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจะทำให้เกิดความรู้สึกและเห็นความสำคัญในการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (จีระวรรณ เกษสิงห์, สุชาวดี เกตชนก, & ศรายุทธ ชาญนคร, 2566) จากการสังเคราะห์งานวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นขั้นตอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นันทน์ภัส ลิมสันติธรรม, 2561; นิภาพร ช่วยธานี, 2562; Yuliati, Hapsari, Nurhidayah, & Halim, 2018) แต่รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถามที่จะนำไปสู่การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาในปัจจุบัน (Beillouin & Cardinael, 2022) นอกจากนี้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาระดับโลก การแก้ปัญหาต้องใช้แนวทางแบบสหวิทยาการและอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น ดังนั้นการแก้ปัญหาแบบเป็นขั้นตอนอาจจะยังไม่เพียงพอ เนื่องจากยังไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถามที่จะนำไปสู่การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหา ตามที่กล่าวข้างต้น (Beillouin & Cardinael, 2022) ดังนั้นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีความซับซ้อนจึงจำเป็นต้องอาศัยความสามารถในการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อนนั้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามนโยบายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทย มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) มาใช้ร่วมกับการส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถามนำที่สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เชื่อมโยงผู้เรียนเข้ากับบริบทปัญหา นำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา จนกระทั่งแก้ปัญหาได้อย่างมี (Weizman, Shwartz, & Fortus, 2008; อาทิตยา จิตรเชื้อเพื่อ, 2561) ดังนั้นในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาใช้

ร่วมกับการตั้งคำถามนำ (Driving questions) ซึ่งเป็นเทคนิคสำคัญในการตั้งคำถามที่มีความเป็นไปได้ เพื่อช่วยให้นักเรียนหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหา

จากเหตุผลและความสำคัญที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความตระหนักรู้เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา และผลที่ได้จากการวิจัยนี้ยังช่วยพัฒนาการจัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นำเสนอการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาแนวทางใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้มีคุณภาพดีขึ้นต่อไป

คำถามวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ควรจะมีลักษณะสำคัญและขั้นตอนอย่างไร จึงจะส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ สามารถพัฒนาความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของผู้เรียนได้หรือไม่ อย่างไร
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ที่มีต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ใช้ศึกษา

กลุ่มที่ใช้ศึกษา คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร ที่เรียนรายวิชาโลกและอวกาศ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยวิธีการเลือกแบบตามสะดวก (Convenience Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ประมาณ 30 คน เนื่องจากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดสาระการเรียนรู้ที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไว้ในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำเป็นต้องเรียน

ระยะเวลาที่ใช้ศึกษา

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลาดำเนินการทดลองทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็นรายสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหาตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มาตรฐาน ว 3.2 ตัวชี้วัดที่ 13

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

ตัวแปรตาม

ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ความสามารถในการแก้ปัญหา

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง พฤติกรรมการแสดงออก ความรู้สึกและอารมณ์ที่เกิดจากความเข้าใจ การรับรู้ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ความรับผิดชอบต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีความรู้ความเข้าใจในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยอ้างอิงจาก McNeill and Vaughn (2012b) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate understanding) คือสามารถบอกองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หลักการสำคัญของระบบภูมิอากาศโลก

2. เจตคติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Attitude about climate change) คือ การมีความรับผิดชอบและเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ไขและป้องกันเพื่อให้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นไปในทางที่ดียิ่งขึ้น

3. พฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ (Climate behavior) คือ การแสดงออกที่บุคคลตั้งใจกระทำเพื่อลดผลกระทบทางลบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากความรู้ความเข้าใจถึงผลกระทบของกิจกรรมที่ทำแล้วส่งผลในด้านบวกหรือลบต่อสภาพภูมิอากาศ

วัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้จาก แบบวัดความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีลักษณะเป็นแบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นแบบทดสอบถูกผิดจำนวน 10 ข้อ ในการวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบวัดความตระหนักรู้แบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยข้อคำถามในแบบวัดความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะครอบคลุมองค์ประกอบของความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในด้านเจตคติและพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ คำถามด้านละ 10 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ

ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง การนำความรู้และประสบการณ์เดิม มาใช้แก้ปัญหาได้อย่างครอบคลุม โดยสามารถบอกประเด็นปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ ตั้งคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถวิเคราะห์และใช้เหตุผลเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยโดยปรับองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาจาก Battelle for Kids (2015) มีรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ หมายถึง สามารถบอกประเด็นปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และข้อมูลอื่น ๆ ของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย หมายถึง สามารถเสนอวิธีแก้ปัญหาได้หลากหลาย และสามารถเลือกวิธีในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา หมายถึง สามารถตั้งคำถามหลักและคำถามย่อยที่นำมาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาได้
4. การดำเนินการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา หมายถึง การลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ จากนั้นทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ พร้อมอธิบายเหตุผลสนับสนุนวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก

การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถวัดได้จาก แบบวัดความสามารถการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม เพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ ประกอบด้วย 1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา 4. การดำเนินการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่พัฒนามาจากพื้นฐานทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) มีการบูรณาการการเรียนรู้ระหว่างสาขาวิชาสะเต็ม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ รวมถึงนโยบายทางสังคมและสิ่งแวดล้อม เน้นให้ผู้เรียนลงมือแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยคำนึงถึงบริบทปัญหาสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มาใช้ร่วมกับแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยการตั้งคำถามนำ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในดำเนินการเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจด้านสิ่งแวดล้อม เป็นขั้นตอนที่ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสร้างความสนใจในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

2. **ขั้นระบุปัญหา** เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนระบุปัญหาสาเหตุของปัญหา และผลกระทบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น มีความเต็มใจที่จะแก้ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่มีความหมายต่อผู้เรียน

3. **ขั้นตั้งคำถาม** เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ที่สนใจ โดยครูและนักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมการตั้งคำถามนำ (Driving Question)

4. **ขั้นสำรวจความเป็นไปได้และอธิบาย** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลในสิ่งที่ต้องการค้นหาจากคำถามนำที่ตั้งไว้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนจะทำการสำรวจตรวจสอบข้อมูล ทฤษฎี หรือแนวคิดหลากหลายสาขาวิชา เพื่อบูรณาการเนื้อหาระหว่างสาขาวิชาในการนำข้อมูลมาแก้ปัญหาในชีวิตจริง

5. **ขั้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา** เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาตามคำถามที่ตั้งไว้โดยนำแนวคิดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหามาใช้ออกแบบชิ้นงานตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการลองผิดลองถูก และเรียนรู้จากความล้มเหลว

6. **ขั้นปรับปรุง ประเมินชิ้นงาน และวิธีการแก้ปัญหา** เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการที่นักเรียนออกแบบขึ้น เพื่อทดสอบชิ้นงานหรือวิธีการ ข้อควรแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ได้ชิ้นงานหรือวิธีการตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของแนวคิดสะเต็มศึกษา

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหา และความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นการประเมินเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา (Formative Assessment) ทั้งทางด้านผลงานและกระบวนการ โดยประเมินจากชิ้นงาน ใบกิจกรรม และการนำเสนอผลงานของนักเรียน ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมีเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา และ ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละด้าน ที่มีลักษณะเป็นรูบรีค (Rubric Scores) 4 ระดับ

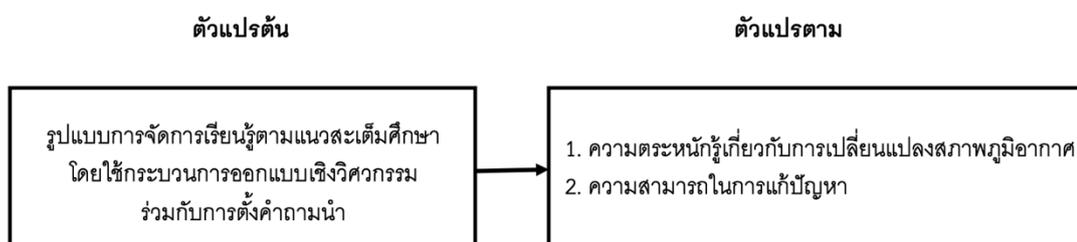
กรอบแนวคิดในการวิจัย

การจัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนระดับโลกที่ทุกประเทศต้องดำเนินการร่วมกันไปจนถึงปี ค.ศ. 2030 (United Nations Educational & Cultural, 2017) ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในปัจจุบันกำลังอยู่ในภาวะวิกฤต การใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ได้เปลี่ยนระบบนิเวศของโลก และทำให้เกิดปัญหาการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามมา (UNFCCC, 2023) ดังนั้นการเตรียมพลเมืองโดยเฉพาะเด็กและเยาวชนให้มีความพร้อมในการรับมือและปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศจึงมีความสำคัญอย่างมาก การศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็นจะช่วยให้บรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ (Thailand Development Research Institute, 2022) การจัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังไม่เพียงพอในด้านคุณภาพและโอกาสในการศึกษา ทำให้ความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนไม่เพียงพอ (United Nations Educational & Cultural, 2019) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ผู้เรียนยังขาดความเข้าใจเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้ระดับความตระหนักและการรับรู้ของผู้เรียนอยู่ในระดับต่ำ (Ming, Ezra, Peter, Ying, & Anthony, 2015) ดังนั้นองค์การยูเนสโก ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักด้านการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน จึงกำหนดให้ความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถหลักเพื่อความยั่งยืนที่ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนา (Brundiers et al., 2021) แต่เนื่องจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นเรื่องที่ท้าทายและซับซ้อน การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบเดิมอาจไม่สอดคล้องกับลักษณะความสามารถที่ต้องการพัฒนาในปัจจุบัน

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้าพบว่า การจัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจำเป็นต้องมีการบูรณาการในหลายวิชา นอกเหนือจากรายวิชาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม แนวโน้มการศึกษาของประเทศไทยจึงมีความพยายามในการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนไปสู่การเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการสาขาวิชาทั้ง 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือเรียกกันว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) (สุทธิดา จำรัส, 2017) โดยมีเป้าหมายให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงที่มีความซับซ้อน (Roehrig, Dare, Ellis, et al., 2021) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนได้ เช่น การระบุปัญหา การวางแผน และดำเนินการแก้ปัญหา (นิภาพร ช่วยธานี, 2562; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) แต่การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถามที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาในปัจจุบัน (Beillouin & Cardinael, 2022) การวิจัยครั้งนี้ จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ (Driving questions) เพื่อส่งเสริม

ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ โลก และอวกาศ



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานในการวิจัย

จากแนวคิด ทฤษฎีและและผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมุติฐานการวิจัย
ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ มีอิทธิพลต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละองค์ประกอบระดับปานกลาง

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับปานกลาง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัยและนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

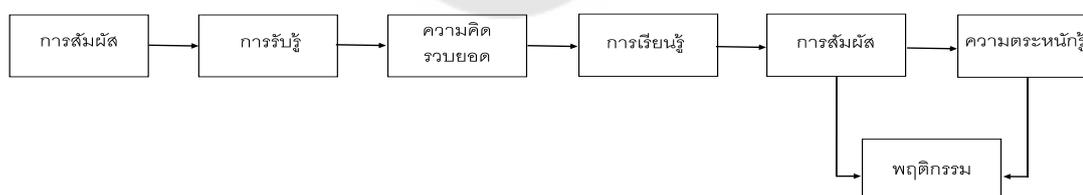
1. ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
 - 1.1 ความหมายของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
 - 1.2 ความสำคัญของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
 - 1.3 องค์ประกอบของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
 - 1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
 - 1.5 การวัดและประเมินผลความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
2. ความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 2.2 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 2.3 องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 2.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 2.5 เทคนิคการตั้งคำถามนำ
 - 2.6 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 3.2 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 3.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 3.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
 - 3.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา
4. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

- 4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 4.3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 4.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ร่วมกับคำถามนำที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหาและ

1. ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

1.1 ความหมายของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ความตระหนักรู้เป็นความสำนึกซึ่งบุคคลเคยมีการรับรู้หรือเคยมีความรู้มาก่อน โดยเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นจะทำให้เกิดความสำนึกขึ้นหรือเกิดความตระหนักรู้ขึ้นหรือการที่บุคคลแสดงความรู้สึกรับผิดชอบต่อปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น (Good & Merkel, 1973) ความตระหนักรู้จึงเป็นภาวะทางจิตใจที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึก ความคิด ความเข้าใจ และความปรารถนาต่าง ๆ ต่อเหตุการณ์และประสบการณ์ต่าง โดยมีการประเมินค่า และตระหนักรู้ถึงความสำคัญของตนเองที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ ความตระหนักรู้จึงเป็นการตื่นตัวทางจิตใจต่อ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์นั้น ๆ เป็นความสามารถที่จะรับรู้และเข้าใจความรู้สึก อารมณ์ และความต้องการของตนเอง ตลอดจนผลที่เกิดขึ้นกับบุคคลอื่น อันเนื่องมาจากความรู้สึก อารมณ์ และความต้องการเหล่านั้นของตน แต่หากพิจารณาในแง่ของจิตวิทยา ตามแนวคิดของ ไอเซนค อาร์โนลด์ และเมอิลลี (Arnold, Eysenck, & Meili, 1976) จะเห็นว่า ความตระหนักเป็นความสัมพันธ์ของความสำนึก (Consciousness) และเจตคติ (Attitude) ซึ่งเป็น ภาวะของจิตใจซึ่งไม่อาจจะแยกเป็นความรู้สึกหรือความคิดเพียงอย่างเดียวได้ แต่ความตระหนักรู้นั้นไม่ได้เกี่ยวกับความจำหรือความระลึกได้ (Benjamin, 1965; วิชัย วงษ์ใหญ่, 2525) ซึ่งขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนักรู้ดังกล่าวแสดงดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนักรู้

ที่มา: Good and Merkel (1973).

จากภาพประกอบ 2 ความตระหนักรู้เป็นผลมาจากการกระตุ้นจากสิ่งเร้าหรือได้รับการสัมผัสจากสิ่งเร้าแล้วจะเกิดการรับรู้ และเมื่อรับรู้ในขั้นต่อ ๆ ไป ก็จะเข้าใจในสิ่งเร้า นั้น คือ เกิดความคิด และนำไปสู่การเรียนรู้ คือ มีความเข้าใจในสิ่งนั้น และเกิดความตระหนักรู้ในที่สุด ซึ่งความรู้และความตระหนักรู้ต่างก็ นำไปสู่การกระทำหรือการแสดงพฤติกรรมของบุคคลต่อสิ่งเร้า นั้น ๆ การที่บุคคลจะเกิดความตระหนักรู้ ขึ้นได้นั้น บุคคลนั้นจะต้องมีความรู้มาก่อน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นความสำคัญ ความรับผิดชอบและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมา จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักรู้ต่อสิ่งนั้น ๆ ต่อไป ในที่สุด สำหรับความตระหนักรู้เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศมีนักวิชาการและนักการศึกษาใช้คำศัพท์ต่าง ๆ แทนความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศไว้หลายคำ โดยคำที่มักปรากฏให้เห็นคือ Climate change awareness (Dal, Alper, Özdem-Yilmaz, Öztürk, & Sönmez, 2015; Niepold, Herring, & Mcconville, 2007) ความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (GCRP, 2009) ซึ่งหมายถึง การแสดงออกถึงความรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดและต่อเนื่องในองค์ประกอบของภูมิอากาศในทศวรรษที่ผ่านมา เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความดันบรรยากาศหรือลม (Shahali, Halim, Rasul, Osman, & Zulkifeli, 2016) ทั้งนี้ยังหมายถึง จิตสำนึกทางด้านสภาพภูมิอากาศ การมีความรู้ความเข้าใจในระบบธรรมชาติ การทำความเข้าใจความสัมพันธ์และอิทธิพลระหว่างสภาพภูมิอากาศ บุคคล สังคม และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ชนัดดา มะโนสร & สลา สามีภักดี, 2564)

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ได้ว่า พฤติกรรมการแสดงออก ความรู้สึกและอารมณ์ที่เกิดจากความเข้าใจ การรับรู้ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ความรับผิดชอบต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ มีความรู้ความเข้าใจในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

1.2 ความสำคัญของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

ความตระหนักต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเป็นประเด็นสำคัญอย่างมาก เนื่องจากปัจจุบันปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น (IPCC Climate, 2013) โดยมีสาเหตุมาจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การใช้พลังงานเชื้อเพลิง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมในช่วงหลังปฏิวัติอุตสาหกรรม ซึ่งก่อให้เกิดการสะสมแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse gas) ในบรรยากาศมากกว่าก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (ยศพล จิระวุฒิ, 2563) กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว ไม่

ว่าจะเนื่องมาจากความผันแปรตามธรรมชาติในระยะสั้นหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ เกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน การแก้ไขปัญหาต้องอาศัยความร่วมมือในระดับนานาชาติ ประเทศใดประเทศหนึ่งไม่สามารถดำเนินการเองได้ ส่งผลให้เกิดความร่วมมือกันของประชาคมโลกเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติหรืออนุสัญญา UNFCCC ประเทศไทยได้ร่วมลงนามเป็นสมาชิกเมื่อ ปี พ.ศ. 2535 ในระดับนานาชาติ ได้กำหนดการรู้สภาพภูมิอากาศเป็นทักษะสำคัญและเป็นสิ่งจำเป็นที่พลโลกควรมีเพื่อปรับ การตอบสนองต่อภาวะโลกร้อนได้ดียิ่งขึ้น (Clifford & Travis, 2018) National Science Education Standards (NSES), สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อเมริกัน (AAAS) ได้ตั้งกรอบการพัฒนาการรู้ สภาพอากาศและสภาพภูมิอากาศ (GCRP, 2009) โดยมีกลุ่มนักวิทยาศาสตร์และนักการศึกษาได้ พัฒนารอบเบื้องต้นสำหรับการศึกษาสภาพอากาศและสภาพภูมิอากาศเกิดเป็นเอกสารการรู้ สภาพภูมิอากาศ: หลักการสำคัญและมโนทัศน์พื้นฐาน (Climate literacy: Essential principles and fundamental concepts) (Miler & Sladek, 2011) นอกจากนี้ Next Generation Science Standards ให้ความสำคัญกับการรู้ สภาพภูมิอากาศ โดยมีรายละเอียดครอบคลุมทั้งความหมาย ความแตกต่างของ สภาพอากาศและสภาพภูมิอากาศ ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศ รูปแบบการเกิดสภาพภูมิอากาศ และความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของมนุษย์กับสภาพภูมิอากาศก็ถูกระบุไว้ในขอบเขตเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นต้องได้เรียนรู้ (National Research Council, 2011) อีกทั้งหัวข้อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถูกระบุไว้ในกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ใน ส่วนของภัยพิบัติที่มีผลกระทบทั่วโลกของ PISA 2015 อีกด้วย (OECD, 2016)

สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญเป็นอันดับแรก ๆ ในระดับนโยบาย เพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแก่สาธารณชน และส่งเสริมให้เกิดการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารด้านการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้สะดวกและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จึงได้จัดทำแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 – 2593 ซึ่งเป็นแผนระยะยาว 36 ปี เพื่อใช้เป็นกรอบนโยบาย ในการกำหนดทิศทางของประเทศให้มุ่งสู่การมีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนต่อยุทธศาสตร์ชาติและโครงการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับประเทศ ระดับกระทรวง ระดับภูมิภาคและระดับท้องถิ่น ตลอดจนสอดแทรกประเด็นดังกล่าวใน หลักสูตรการศึกษาทุก

ระดับ ซึ่งเห็นได้จากรายละเอียดในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระ การเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการระบุเนื้อหาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศไว้ในมาตรฐาน ว 3.2 ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุม ประเด็น 1) ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ ผลกระทบของการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้ง สถานการณ์ปัจจุบันเกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ 2) การตระหนักในคุณค่าของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์และผลกระทบ ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก 3) การนำเสนอแนวทาง การปฏิบัติตนภายใต้ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) หลักสูตร การศึกษาเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเสริมสร้างความตระหนักรู้และจิตสำนึก ต่อประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563) ปัจจุบันประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ ได้ถูกรวมอยู่ในการศึกษาขั้น พื้นฐานและการศึกษา ระดับอุดมศึกษา จัดเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนา ที่ยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มความเข้าใจ ของนักเรียนในกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น บนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของ กระบวนการ ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก เห็นได้จากการนำเนื้อหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง สภาพอากาศมาเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าความตระหนักต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เป็นประเด็นที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก การมีความรู้เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศหรือการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ก่อให้เกิด ประโยชน์ต่อสังคมโลก (Mcneill & Vaughn, 2012b) ความรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศไม่ได้เป็นความรับผิดชอบของหน่วยงาน รัฐและโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่รวมไป ถึงพลเมืองและพลโลกด้วย(Fernandez et al., 2016) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมระดับ บุคคลในด้าน พฤติกรรมและการตัดสินใจ จึงเป็นเรื่องที่สำคัญและจำเป็นอย่างมาก (Shwom, Isenhour, Jordan, McCright, & Robinson, 2017) โดยเฉพาะการสร้างความรู้ตระหนักรู้ หรือรู้ ชัดเจนในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ความรับผิดชอบต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง สภาพอากาศ มีความรู้ความเข้าใจในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ อากาศ หรือการพัฒนาให้เกิดความรู้สึกรักษาสิ่งแวดล้อมในทางที่ถูกต้อง นับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอีก ประการหนึ่งเช่นกัน เพราะเมื่อบุคคลมีพฤติกรรมที่ตระหนักรู้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศแล้ว จะทำให้เกิดการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลง

พฤติกรรมทางด้านความรู้สึก อารมณ์นั้น เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นภายในจิตใจของแต่ละบุคคล ดังนั้น การปลูกฝังในเรื่องความรู้สึก อารมณ์ จึงเป็นสิ่งที่ต้องพยายามสอดแทรกในทุกเวลาทุกโอกาส เท่าที่สามารถจะกระทำได้ ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถเห็นผลใน การปฏิบัติได้ทันทีเหมือนกับ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ก็ตาม แต่ในอนาคตข้างหน้าถ้าพฤติกรรมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามที่ มุ่งหวังไว้ ก็จะเป็นการส่งเสริมรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่มีคุณภาพทางหนึ่ง ซึ่งจะบังเกิดผลดีต่อ สภาพแวดล้อมของโลกต่อไป

1.3 องค์ประกอบของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

นักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่านได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความตระหนักรู้ใน การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศแต่พบว่า การกำหนดองค์ประกอบของความตระหนักรู้ในการ เปลี่ยนแปลงสภาพอากาศยังไม่มี การกำหนดองค์ประกอบที่ชัดเจนมากนัก โครงการประเมินผล นักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ได้ระบุเกี่ยวกับความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศในกรอบการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ (knowledge) สมรรถนะ (competences) และเจตคติ (attitudes) (OECD, 2016) หน่วยงานโครงการวิทยาศาสตร์การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศของสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำหน้าที่ประสานงานและบูรณาการการวิจัยของรัฐบาลกลาง เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมของโลกและผลกระทบตอสังคม (GCRP, 2009) ได้ กำหนดองค์ประกอบของความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศไว้ 4 องค์ประกอบ 1) เข้าใจเกี่ยวกับหลักการสำคัญของระบบภูมิอากาศโลก 2) รู้วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่เป็นวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ 3) สื่อสารเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศอย่างมีความหมาย 4) มีความรอบรู้และความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจในการกระทำที่ จะส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศ McNeill and Vaughn (2012b) ได้ระบุองค์ประกอบไว้ 3 องค์ประกอบ 1) ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate understanding) เป็นความรู้ความเข้าใจในด้านเนื้อหาและกระบวนการ องค์รวมที่มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) ความเชื่อเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (beliefs about climate change) เป็นความ เชื่อเกี่ยวกับการเกิดการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยอยู่บนพื้นฐานของความรู้ความเข้าใจ 3) พฤติกรรมต่อ สิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (environmental actions about climate change) เป็นพฤติกรรมที่บุคคลตั้งใจกระทำเพื่อลดผลกระทบทางลบต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากความรู้ความเข้าใจถึงผลกระทบของกิจกรรมที่บุคคล กระทำแล้ว ส่งผลในด้านบวกหรือลบต่อสภาพภูมิอากาศ ชนิดดา มะโนสร and สลา สามีภักดิ์ (2564) ได้

กำหนดองค์ประกอบของความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไว้ 3 องค์ประกอบ 1) ความเข้าใจสภาพภูมิอากาศ (Climate understanding) การมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งในด้านหลักการสำคัญ รายละเอียดเนื้อหา กระบวนการองค์รวม และวิธีการเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ 2) ความตระหนักต่อสภาพภูมิอากาศ (Climate awareness) การรับรู้เกี่ยวกับการเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นฐานของความเข้าใจ และ มีความปรารถนาที่จะเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ไขและป้องกันเพื่อให้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศเป็นไปในทางที่ดียิ่งขึ้น 3) พฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ (Climate action) ความพยายามในการเปลี่ยนแปลงตนเองและ/หรือผู้อื่น ซึ่งเป็นผลมาจากความรู้ความเข้าใจ และความตระหนักในคุณค่าของการเปลี่ยนพฤติกรรมจากอิทธิพลของพฤติกรรมหรือกิจกรรมใน ชีวิตประจำวันที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้อาจอยู่ในระดับของการเปลี่ยนแปลง ตนเอง หรือการพยายามเปลี่ยนแปลงผู้อื่นผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การอธิบายเพื่อแก้ไข ความเข้าใจผิด หรือการเชิญชวน

จากการศึกษาองค์ประกอบของความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ข้างต้น และจากการศึกษาความหมายของความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้น เป็นพฤติกรรมการแสดงออก ความรู้สึกและอารมณ์ที่เกิดจากการรับรู้หรือรู้ชัดเจนในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ความรับผิดชอบต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ มีความเข้าใจในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ จึงสามารถวิเคราะห์ลักษณะของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งพบว่าแบ่งออกได้เป็น 3 ประเด็น จึงนำมาสู่การระบุดังต่อไปนี้ องค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ทั้งหมด 3 องค์ประกอบ สอดคล้องกับ McNeill and Vaughn (2012b) ผู้วิจัยจึงปรับรายละเอียด องค์ประกอบการตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate understanding) บกองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้

2. เจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Attitude about climate change) มีความรับผิดชอบและเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ไขและป้องกันเพื่อให้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นไปในทางที่ดียิ่งขึ้น

3. พฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ (Climate behavior) เป็นการแสดงออกที่บุคคลตั้งใจกระทำ เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากการขาดความรู้ต่อสภาพภูมิอากาศ

1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศถือเป็นประเด็นที่มีความท้าทายเร่งด่วนที่สุดประการหนึ่งในยุคปัจจุบัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งประเทศอุตสาหกรรมและประเทศกำลังพัฒนา เป็นที่ทราบกันดีว่าการศึกษามีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการมีส่วนร่วมของบุคคลและชุมชนในกระบวนการบรรเทาและปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC Climate, 2013) แต่บทบาทของการศึกษาไม่ใช่แค่ช่วยให้เข้าใจผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในทางตรงกันข้ามการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ยังส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงทัศนคติและพฤติกรรมอีกด้วย (Brumann, Ohl, & Schulz, 2022) จากการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่ามีการใช้การจัดการเรียนรู้ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ พื้นฐานสำหรับการจัดการเรียนรู้ในแต่ละโรงเรียน สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง (Brumann et al., 2022; ชนิตดา มะโนสร & สลา สามิภักดิ์, 2564) และมีกระบวนการจัดการเรียนรู้คล้ายกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ มีการตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน เพื่อเลือก และใช้วิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา จากนั้นจึงวิเคราะห์ ตีความ และนำเสนอผลที่ได้ จะเห็นได้ว่าข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีขึ้น เรียนรู้ได้เป็นระบบ ทำให้การจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่เป็นความรู้ขั้นพื้นฐาน และทำการทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้เท่านั้น (Namdar, 2018; Pretorius, Lombard, & Khotoo, 2016) แต่อย่างไรก็ตามการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักรู้ และตระหนักถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ยังเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น โดยการใช้สถานการณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีความเป็นรูปธรรม เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น (Chinn, Duncan, Dianovsky, & Rinehart, 2013; Kukkonen, Kärkkäinen, Dillon, & Keinonen, 2014)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) เป็นการเรียนรู้ที่จัดประสบการณ์ในการปฏิบัติงานให้แก่ผู้เรียนเหมือนกับการทำงานในชีวิตจริงอย่างมีระบบ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา วิธีการหาความรู้ความจริงอย่างมีเหตุผล ได้ทดลองด้วยตนเอง รู้จักการวางแผนการทำงาน กระบวนการของโครงงาน และได้ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นผลงานแบบรูปธรรม (Wróblewska & Okraszewska, 2020; ธีรพัฒน์ วงศ์คุ้มสิน, 2563) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นประเด็นที่ถูกนำมาศึกษาและ

วิจัยในวงการวิทยาศาสตร์มากขึ้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งทฤษฎีและการลงมือปฏิบัติ โยบทเรียนที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจการกระทำของมนุษย์ที่มีต่อธรรมชาติมากขึ้น เนื่องจากผู้เรียนจะใช้ทั้งความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันมากขึ้น เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่ตั้งเป้าหมายไว้ (Dewaters, Andersen, Calderwood, & Powers, 2014)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Socio-scientific Issues) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ต่าง ๆ โดยนำประเด็นในสังคมที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยมีลักษณะเป็นปัญหาที่ยังหาคำตอบไม่ได้ หรือยังคงเป็นประเด็นที่ยังถกเถียงอยู่ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วนั้น แนวทางในการแก้ไขปัญหาของประเด็นนั้นอาจมีได้หลายแนวทาง แต่ไม่สามารถนำมาตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน (พินิจ ขำวงษ์, 2551) จุดเด่นของการจัดการเรียนรู้จะใช้ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และสังคม เป็นปัญหาที่ต้องที่ผู้เรียนสนใจ มีแนวทางในการแก้ไขได้หลายวิธี(แสงแก้ว พานจันทร์, 2019) (Widiyawati, 2020) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นหนึ่งในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่สุดที่มนุษย์กำลังเผชิญ การจัดการเรียนการสอนไม่เพียงเกี่ยวข้องกับหลายสาขาวิชา แต่ยังเกี่ยวข้องกับการถกเถียงทั้งในด้านการเมืองและสังคม ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ คือการใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เช่น สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมหรือจีเอ็มโอ (Genetically Modified Organism) ภาวะโลกร้อน (Global warming) พลังงานทางเลือก (Alternative fuel) หรือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ซึ่งเป็นประเด็นที่เราต้องมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาและตัดสินใจในการลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น การจัดการเรียนการสอนจึงทำให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งมากขึ้นและมีความหมายเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางที่เน้นเนื้อหาแบบเดิม เพราะนักเรียนมีส่วนร่วมและเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Bryce & Day, 2014; Dawson, 2015)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เหตุผลตามกรณี (Case-Based reasoning Instructional Model) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้สอนนำเสนอกรณีศึกษา ตัวอย่าง หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้น สมมติขึ้นจากสถานการณ์ใด ๆ ซึ่งมีปัญหาความขัดแย้งกัน โดยนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ (ทิศนา เขมมณี, 2555; สุคนธ์ สิ้นธพานนท์, 2545) การให้เหตุผลตามกรณีเป็นความสามารถทางปัญญาของมนุษย์ในการใช้ประสบการณ์เดิมในการอธิบาย วิเคราะห์ และหาทางแก้ไขเมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาใหม่ การใช้เหตุผลตามกรณีเป็นการนำ

ความรู้เฉพาะทางจากประสบการณ์ในอดีต ซึ่งถูกสร้างเป็นสถานการณ์ของปัญหาเรียกว่ากรณี (Cases) ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นจะถูกแก้ไขโดยการค้นหาคำตอบก่อนหน้าที่มีความคล้ายคลึงกับกรณีปัจจุบัน และนำคำตอบของกรณีในอดีตที่คล้ายคลึง ดังกล่าวมาแก้ไขปัญหาเพื่อการแก้ไขปัญหาย่อยอย่างต่อเนื่อง และพร้อมที่จะนำมาใช้กับปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์ที่หลากหลาย จะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้แนวคิดและทักษะที่จำเป็นในการบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ (Jeong, Kim, Chae, & Kim, 2014) ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เหตุผลแบบเป็นกรณี ๆ ไม่เพียงแต่ช่วยอำนวยความสะดวกในการแก้ปัญหาตามประสบการณ์ที่ผ่านมาเท่านั้น แต่ยังสามารถพัฒนาความคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยการให้ประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อเชื่อมโยงทัศนคติตามสัญชาตญาณของผู้เรียนและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย (Anoop & Praveen, 2022)

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEAM Education) ร่วมกับใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Socioscientific Issues) สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ผสานเข้าด้วยกัน มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และทักษะต่าง ๆ ทั้งศาสตร์และศิลป์ไปพร้อมกัน (Kim & Chae, 2016) เมื่อนำมาใช้ร่วมกับใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ มีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาทางปัญญาของแต่ละบุคคลในด้านศีลธรรม จริยธรรม และความตระหนักในความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และสังคม (S. Y. Choi et al., 2021) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นหนึ่งในประเด็นที่สำคัญและซับซ้อนมากขึ้น การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามุ่งเน้นในการเข้าใจปัญหาและการแก้ไขปัญหามีความซับซ้อน ดังนั้นการนำมาใช้ร่วมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่ซับซ้อนในการจัดการเรียนรู้ และต้องได้รับการแก้ไขโดยใช้ความรู้หลายสาขาวิชาโดยเกี่ยวข้องกับทั้งวิทยาศาสตร์ การเมือง และสังคม (Ming et al., 2015) ข้อดีของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ มีการบูรณาการความรู้หลายสาขาวิชาและนำไปเกี่ยวกับศิลปะมาช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้สร้างสรรค์มากยิ่งขึ้น (Park & Cho, 2022)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวคิดที่เน้นการจัดการเรียนการสอนบูรณาการระหว่างสาขาวิชาด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ให้มี

ความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงในการดำรงชีวิต ไม่เพียงแต่เน้นในสาขาวิชาดังกล่าว แต่พยายามส่งเสริมความตระหนักต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำมีการเพิ่มความหมายตัวย่อ “E” ที่หมายถึง Engineering (วิศวกรรมศาสตร์) ในแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นจริยธรรมและสิ่งแวดล้อม (Ethic and Environment) เพื่อช่วยผู้เรียนพัฒนาการตัดสินใจอย่างรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย (Blackley & Sheffield, 2015) นอกจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจะเน้นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถออกแบบเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทจริง ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คือการเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้เรียนรู้ในสถานการณ์จริงเข้ากับเนื้อหาในบทเรียน และยังทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงในการสร้างความตระหนักรู้ ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมให้กับผู้เรียน (Beillouin & Cardinael, 2022; Liston, 2021)

จากเอกสารและงานวิจัยข้างต้นสามารถสังเคราะห์ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีลักษณะดังนี้

1. บูรณาการการเรียนรู้ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากศาสตร์ต่าง ๆ ของวิชาเดียวกันหรือวิชาต่าง ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดมาใช้แก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในชีวิตจริง (Beillouin & Cardinael, 2022; S. Y. Choi et al., 2021; Nantsou & Tombras, 2022; Tadena & Salic-Hairulla, 2021)

2. ใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ลักษณะเป็นปัญหาที่ยังหาคำตอบไม่ได้ การใช้ปัญหาสถานการณ์จริงทำให้ผู้เรียนมีโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา วิธีการหาความรู้ความจริงอย่างมีเหตุผล เพื่อให้ผู้เรียนพร้อมแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (Dewaters et al., 2014; Liston, 2021; Phengpinyo, Sintanakul, & Nomphonkrang, 2021)

3. เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนรู้จักศึกษาสืบเสาะหาความรู้แสวงหาคำตอบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านประสบการณ์ตรง เช่น ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Brumann et al., 2022; Namdar, 2018; Pretorius et al., 2016)

4. มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างแท้จริง เมื่อผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้งมากขึ้น และเรื่องราวเหล่านั้นมีความหมายกับตนเอง

จะทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและเห็นความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น (Bryce & Day, 2014; Dawson, 2015)

5. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีการลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามแนวทางที่เลือกไว้ มีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายและปรับปรุงแก้ไขวิธีการตามเหตุและผล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ (Wróblewska & Okraszewska, 2020; ธีรพัฒน์ วงศ์คุ้มสิน, 2563)

จากเอกสารและงานวิจัยข้างต้นสามารถสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และลักษณะลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ดังตาราง 1

ตาราง 1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้	ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ				
	1. บูรณาการการเรียนรู้	2. ใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน	3. เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4. มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบอย่างแท้จริง	5. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
5E Inquiry model		✓	✓		✓
Project Based Learning		✓	✓	✓	✓
Socioscientific Issues (SSI)		✓	✓	✓	✓
Case-Based reasoning		✓	✓	✓	✓
Instructional Model					
SSI-STEAM Education	✓	✓	✓	✓	✓
5E STEM	✓	✓	✓	✓	✓
EDP STEM	✓	✓	✓	✓	✓

จากการสังเคราะห์ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เหตุผลตามกรณี ซึ่งลักษณะสำคัญร่วมกันของการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมาจะเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีความรับผิดชอบในการแก้ไขและป้องกันต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างแท้จริง ซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนต่อสถานการณ์ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีขึ้น อีกหนึ่งลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ชัดเจนว่า การจัดการเรียนรู้จะใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน อาจจะประเด็นในสังคมที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยมีลักษณะเป็นปัญหาที่ยังหาคำตอบไม่ได้ (Widiyawati, 2020; แสงแก้ว พานจันทร์, 2019) หรือเป็นสถานการณ์กรณีศึกษา กรณีตัวอย่าง เนื่องจากทำให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งมากขึ้นและมีความหมายเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางที่เน้นเนื้อหาแบบเดิม เพราะเป็นเรื่องใกล้ตัวผู้เรียน (Bryce & Day, 2014; Dawson, 2015) จากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังพบปัญหาในการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง มีความเกี่ยวข้องกับหลายสาขาวิชา จึงทำให้พบว่ามีการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยมีเป้าหมายเพื่อบูรณาการการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยเฉพาะเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่ซับซ้อนในการจัดการเรียนรู้ (Ming et al., 2015) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ยังมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นปัญหาที่มีความท้าทาย เร่งด่วน และส่งผลกระทบต่อชีวิต ชุมชน และสังคมของนักเรียน นอกจากนั้นการมีส่วนร่วมในการวางแผนการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากข้อมูล หลักฐานที่มี ผู้เรียนจะมีความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีขึ้น และส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น (Marzetta, 2016; ภูรินทร์ แดงน้อย, 2559)

1.5 การวัดและประเมินผลความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ

อากาศ

การวัดและประเมินผลความตระหนักรู้เป็นกระบวนการรวบรวมข้อมูลเพื่อตัดสินหรือสรุปผลที่ได้จากการวัดผล การมีความสนใจ เอาใจใส่ รับรู้ เห็นคุณค่าในปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นของผู้เรียน ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญ คือ 1. สังเกต ให้ข้อมูลที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เอาใจใส่ และเห็นคุณค่า 2. วิจัยวิธีให้ตัวอย่าง สถานการณ์ ประสบการณ์ตรง เพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ หาสาเหตุและผลดีผลเสียที่เกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว 3. สรุปและอภิปรายข้อมูลหรือหลักฐานมาสนับสนุนคุณค่าของสิ่งที่จะต้อง ตระหนักและวางเป้าหมายที่จะพัฒนาตนเองในเรื่องนั้น (ทิตินา แคมมณี, 2546) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศสามารถนำเสนอได้ 2 ประเด็น ดังนี้

1. ลักษณะการวัดและประเมินผลความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพ

อากาศ

ความตระหนัก (Awareness) เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการรู้สำนึกว่าสิ่งนั้นมีอยู่ (Conscious of something) มีการจำแนกและรับรู้ (Recognitive) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ละเอียดอ่อนเกี่ยวกับ ด้านความรู้สึกและอารมณ์ สามารถเลือกใช้ได้หลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ (Interview) ทั้งที่มีโครงสร้างแน่นอน (Structured item) โดยสร้างคำถามและคำตอบที่เลือกเหมือน ๆ กัน ซึ่งส่วนใหญ่มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลมาจากความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Pandve et al., 2011) แบบสอบถามชนิดเลือกตอบ หรืออาจเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured item) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์ที่มีไว้แต่หัวข้อใหญ่ ๆ ให้ผู้ตอบมีเสรีภาพในการตอบมาก ๆ การใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) แบบสอบถามอาจจะเปิดหรือปิด ใช้ในการวัดความเชื่อเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยอาศัยข้อมูลหลักฐานที่ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการตอบคำถาม และนอกจากนั้นยังมีการวาดภาพเพื่ออธิบายความเข้าใจให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น (Ezeudu, Ezeudu, & Sampson, 2016) แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เป็นเครื่องมือที่ตรวจสอบความรู้สึกหลายระดับ เช่น เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย อาจอยู่ในรูปของการทำเครื่องหมาย ตอบ หรือเลือกกว่าใช่หรือไม่ใช่ก็ได้ (Ekpoh & Ekpoh, 2011) เครื่องมือที่นิยมใช้ในการวัดและประเมินความตระหนักรู้คือ แบบมาตราวัดประมาณค่า 5 ระดับ (Likert rating scales) จากงานวิจัยพบว่า มักนำมาใช้ในการวัดเจตคติของผู้เรียน โดยมีการกำหนดเกณฑ์ 5 ระดับของผลการวัดไว้ก่อนล่วงหน้า เช่น กำหนดเกณฑ์ 5 ระดับ โดยผู้เรียนจะตอบคำถามตามระดับความคิดเห็นของผู้เรียน (กรรณา วัชรธำรงกุล

, 2551) และการใช้แบบทดสอบ ซึ่งเป็นชุดของคำถามหรือสิ่งเร้าที่นำไปใช้ให้ผู้สอบตอบสนองออกมา วิธีการนำแบบทดสอบไปใช้อาจให้ผู้เรียนเขียนตอบ สามารถใช้ได้กับการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย แต่ส่วนใหญ่นิยมวัดทางด้านพุทธิพิสัย จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลพบว่า มีการใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยจุดมุ่งหมายเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Bedford, 2016; Leiserowitz, Smith, & Marlon, 2011; Mcneill & Vaughn, 2012b)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดและประเมินความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า การวัดและประเมินผลจะต้องมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งทำให้การวัดและประเมินมีความหลากหลาย การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการวัดและประเมินความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน คือทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2) เจตคติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ 3) พฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ โดยใช้แบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นแบบเลือกตอบถูกผิด (True-False test) .ในการวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบวัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จะครอบคลุมองค์ประกอบของความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2 ด้าน ได้แก่ เจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากการวัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผู้วิจัยต้องการวัดนั้น องค์ประกอบของความตระหนักรู้เกี่ยวกับความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นการวัดความคิดเห็น ความรู้สึก ทักษะ และความเชื่อของผู้เรียนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การตอบกระทำโดยผู้เรียนเอง เพื่อประเมินระดับความตระหนักรู้ออกมาเป็นระดับต่าง ๆ มากน้อยตามปริมาณหรือความเข้มข้นของความรู้สึกที่ผู้เรียนต้องการแสดงออกในระดับสนับสนุนถึงระดับไม่สนับสนุนหรือระดับเห็นด้วยถึงระดับไม่เห็นด้วย นอกจากนั้นจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า มาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert rating scale) จะใช้ในการวัดและประเมินผลเกี่ยวกับความตระหนักรู้ในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เช่น ภาวะโลกร้อน (กรรณา วัชรธำรงกุล, 2551; ลินดา การภักดี, 2562)

2. ระดับความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ระดับความตระหนักรู้ต่อสภาพภูมิอากาศนั้นมีได้หลายระดับ ความตระหนักเป็นพฤติกรรมที่แสดงออก ความรู้สึกและอารมณ์ที่เกิดจากการรับรู้ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ซึ่งเป็นภาวะที่บุคคลเข้าใจละประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์หรือสภาพแวดล้อม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ลักษณะของความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจาก Marzetta (2016) และ Niepold et al. (2007) พบว่าบุคคลที่มีความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับมากจะมีความสนใจในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ รับรู้ มีความกังวลต่อสถานการณ์สภาพภูมิอากาศ และมีความรับผิดชอบต่อสิ่งที่ตัดสินใจในข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นจึงส่งผลให้มีระดับของความตระหนักต่อสภาพภูมิอากาศแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของคนแต่ละบุคคล จากการศึกษาในระดับความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า ระดับความตระหนักรู้เริ่มจากตั้งแต่ระดับน้อย พอใช้ ปาน และมากแสดงรายละเอียดลักษณะของความตระหนักในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังตาราง 2

ตาราง 2 พฤติกรรมความตระหนักในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ระดับความตระหนักการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	พฤติกรรมความตระหนักในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Niepold et al., 2007)	พฤติกรรมความตระหนักในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Marzetta, 2016)
น้อย	ไม่สนใจและไม่ตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กลุ่มคนเหล่านี้ ถึงแม้จะมีการสื่อสารเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงควรช่วยให้คนเหล่านี้สนใจในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น	มีความรู้ความเข้าใจ <ul style="list-style-type: none"> • มีความรู้เกี่ยวกับวัฏจักรคาร์บอน • ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ • องค์ประกอบพื้นฐานของระบบสังคม • ระบุและกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • ตระหนักและระบุปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่พร้อมแนวทางแก้ไข ความเชื่อ การเห็นคุณค่าของธรรมชาติและสังคม <ul style="list-style-type: none"> • ความเอาใจใส่ต่อธรรมชาติและสังคม

ระดับความ ตระหนักร เปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ	พฤติกรรมความตระหนักในการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Niepold et al., 2007)	พฤติกรรมความตระหนักในการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (Marzetta, 2016)
		<ul style="list-style-type: none"> • ความเข้าใจเบื้องต้นระหว่างธรรมชาติและสังคม พฤติกรรม มีนิสัยการรักษาสิ่งแวดล้อม และการป้องกันและบรรเทาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
พอใช้	มีความสนใจในการเปลี่ยนแปลงสภาพ อากาศ แต่ยังไม่มีความรู้ความเข้าใจ เพียงพอที่จะตระหนักถึงความสำคัญ ของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เปิดรับการเรียนรู้เพิ่มเติม แต่ไม่ใส่ใจ หรือตระหนักมากพอ เกี่ยวกับสภาพ ภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ จึงควรช่วยให้คนเหล่านี้ สนใจในการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศมากขึ้น	ไม่แสดงรายละเอียด
ปานกลาง	มีความพยายามในการหาความรู้ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ เข้าร่วมเมื่อมีโอกาสในการ แก้ไขและป้องกันเพื่อให้สถานการณ์ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กลุ่ม คนเหล่านี้มีแนวโน้มตระหนักเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สูงขึ้นเมื่อได้รับความรู้หรือข้อมูล เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	<ul style="list-style-type: none"> • มีความรู้ความเข้าใจกระบวนการทางนิเวศวิทยา เศรษฐกิจ ภูมิศาสตร์ ศาสนา การศึกษา และการเมือง ที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • เข้าใจผลกระทบของมนุษย์ที่มีต่อระบบธรรมชาติ ได้แก่ พลวัตของประชากร ปฏิสัมพันธ์ การพึ่งพาอาศัยกัน ปัจจัยจำกัด การถ่ายเทพลังงาน/การผลิต/การจัดเก็บ การเสื่อมสภาพ การหมุนเวียนของชีวเคมี ชุมชนระบบนิเวศ มนุษย์ในฐานะตัวแปรทางนิเวศวิทยา การกระจายทรัพยากรที่ไม่สม่ำเสมอทั่วโลก • เข้าใจในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ <p>ความเชื่อ</p>

ระดับความ ตระหนักร เปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ	พฤติกรรมความตระหนักในการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Niepold et al., 2007)	พฤติกรรมความตระหนักในการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (Marzetta, 2016)
		<p>การแสดง การตัดสินใจ การประเมินค่า การ แสดงค่านิยมส่วนบุคคล และการตัดสินใจ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ</p> <ul style="list-style-type: none"> • มีความห่วงใยต่อทั้งสังคมและสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากผลกระทบของการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • ความเต็มใจที่จะรับรู้และเลือกกระหว่าง ค่านิยมและมุมมองที่แตกต่างกันที่เกี่ยวข้อง กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • จิตสำนึกในการดูแลสิ่งแวดล้อม <p>พฤติกรรม</p> <ul style="list-style-type: none"> • การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในชีวิตประจำวัน • รู้จักบทบาทหน้าที่โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ • ชักชวนผู้อื่นอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จากการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
มาก	มีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ มีความรู้ ข้อมูล เกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพอากาศทั้งใน บริบทของบุคคล สังคม และเศรษฐกิจ มีจิตสำนึกต่อผลกระทบต่อส่วนรวม	<p>ความรู้ความเข้าใจ</p> <ul style="list-style-type: none"> • ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนการ แก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากข้อมูล หลักฐานที่มี มีทักษะการแก้ปัญหา เพื่อประเมินแนวทางแก้ไขปัญหาการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • ใช้ทักษะกระบวนการของการค้นคว้าทาง วิทยาศาสตร์ ใช้ความสามารถในการ คาดการณ์ พยากรณ์ และการวางแผน • การประเมินและวิเคราะห์สถานการณ์การ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • ค้นหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและ แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ

ระดับความ ตระหนักร เปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ	พฤติกรรมความตระหนักในการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Niepold et al., 2007)	พฤติกรรมความตระหนักในการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (Marzetta, 2016)
		<ul style="list-style-type: none"> • มีความสามารถในการแยกแยะข้อเท็จจริง ออกจากข้อคิดเห็น • ความเชื่อและค่านิยมที่แตกต่างกันของ มนุษย์ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความเชื่อ • การแสดงความรู้สึกทัศนคติและค่านิยมที่ เคารพธรรมชาติและสังคม • แสดงให้เห็นถึงความรับผิดชอบในการแก้ไข ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • มีแรงจูงใจที่จะมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันใน การปรับปรุงและปกป้องสิ่งแวดล้อม • คำนึงถึงมุมมองทางประวัติศาสตร์ในขณะที่ มุ่งเน้นไปที่สาเหตุและผลที่ตามมาของการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันและ อนาคต • ตระหนักถึงผลกระทบของพฤติกรรมส่วน บุคคลและยอมรับความรับผิดชอบส่วนบุคคล สำหรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ • ความเต็มใจที่จะช่วยแก้ไขหรือหลีกเลี่ยง ผลกระทบด้านลบของการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ • ความสมดุลของความรักธรรมชาติ • เต็มใจที่จะเสียสละประโยชน์ส่วนตน บางอย่าง เพื่อประโยชน์สาธารณะและ สิ่งแวดล้อมในระยะยาว • การรับรู้การเปลี่ยนแปลงจากปัจจุบันสู่ อนาคต, สังคมผู้มนุษยชาติ, ปรัชญาการ ทางธรรมชาติ

ระดับความ	พฤติกรรมความตระหนักในการ	พฤติกรรมความตระหนักในการเปลี่ยนแปลง
ตระหนักการ	เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	สภาพภูมิอากาศ
เปลี่ยนแปลง	(Niepold et al., 2007)	(Marzetta, 2016)
สภาพภูมิอากาศ		<ul style="list-style-type: none"> • มีจริยธรรมด้านสิ่งแวดล้อม • เคารพความแตกต่าง และมุมมองของผู้อื่น พฤติกรรม <ul style="list-style-type: none"> • แสดงการกระทำที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นผู้นำในการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ • การประเมินผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม • ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน • รักษาความหลากหลายทางชีวภาพและสังคม • เห็นคุณค่าของวัฒนธรรม • การตัดสินใจบนพื้นฐานของประโยชน์ ความยุติธรรม การดูแล ความรอบคอบ ความร่วมมือ และความเห็นอกเห็นใจ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการศึกษาในระดับความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้วิจัยสามารถสรุปลักษณะระดับความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ 4 ระดับ แสดงรายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 สรุประดับความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 4 ระดับ

องค์ประกอบ	ระดับความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
1. ความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	มีความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	มีความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	มีความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ไม่มีความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

องค์ประกอบ	ระดับความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
	ระบอบองค์ประกอบ ของการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศได้อย่าง สมบูรณ์	ระบอบองค์ประกอบ ของการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศได้แต่ไม่ สมบูรณ์	ไม่เพียงพอและไม่ สามารถระบุ องค์ประกอบ ของการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศได้	ไม่สามารถระบุ องค์ประกอบ ของการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศได้
2. เจตคติต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	มีความรู้สึกทัศนคติ ที่เคารพธรรมชาติ และสังคม มี แรงจูงใจที่จะมีส่วน ร่วมอย่างแข็งขันใน การปรับปรุงและ ปกป้องการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	มีความรู้สึกทัศนคติ ที่เคารพธรรมชาติ และสังคม มี แรงจูงใจที่จะมีส่วน ร่วมบางครั้งในการ ปรับปรุงและ ปกป้องการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	มีความรู้สึกทัศนคติ ที่เคารพธรรมชาติ และสังคม มี แรงจูงใจที่จะมีส่วน ร่วมน้อยในการ ปรับปรุงและปกป้อง การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ	ไม่มีความรู้สึก ทัศนคติที่เคารพ ธรรมชาติและสังคม และไม่ มีส่วนร่วม ในการปกป้องการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ
3. พฤติกรรมต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	ตระหนักถึง พฤติกรรมส่วน บุคคลต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ เสียสละ ประโยชน์ส่วนตน เพื่อประโยชน์ สาธารณะและ สิ่งแวดล้อมมาก ที่สุด	ตระหนักถึง พฤติกรรมส่วน บุคคลต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ เสียสละ ประโยชน์ส่วนตน เพื่อประโยชน์ สาธารณะและ สิ่งแวดล้อมเป็น บางครั้ง	ตระหนักถึง พฤติกรรมส่วน บุคคลต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศบางครั้ง ไม่เปลี่ยนแปลง พฤติกรรมใน ชีวิตประจำวัน ที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ	ไม่มีความเข้าใจถึง พฤติกรรมของ มนุษย์ต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศไม่ เปลี่ยนแปลง พฤติกรรมใน ชีวิตประจำวัน ที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ

2. ความสามารถในการแก้ปัญหา

2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา มีการให้ความหมายในภาษาไทยและภาษาอังกฤษต่างกัน เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา (นนทกร อรุณพฤษากุล, 2559; ปฏิวัติ จันทนุกุล, 2562) ทักษะการแก้ปัญหา (กมลรัตน์ นิลเกตุ, 2563) และทักษะการแก้ปัญหา (สาธิต ชุมของ, ธิติยา บงกชเพชร, & เกรียงศักดิ์ พรหมภักดี, 2562) ในภาษาอังกฤษ เช่น Problem Solving Skills (Huang, 2022) Problem solving ability (Ningrum, Hariyono, & Maryuni, 2022) และ Problem Solving Competencies (Rosa & Aththibby, 2021) เพื่อให้มีความเข้าใจตรงกันในงานวิจัยนี้ได้ให้คำจำกัดความว่า “ความสามารถในการแก้ปัญหา (Problem Solving Competencies)” ในช่วงศตวรรษที่ 20 มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายความสามารถในการแก้ปัญหา ไว้ในลักษณะกระบวนการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบเชิงเส้น เพื่อดำเนินการไปสู่เป้าหมาย อาศัยการตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีการในการแก้ปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา และแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้ (Marzano, 1993; Mayer, 1992; Sharp, 1991; Shaw et al., 2001; Weir, 1974; Wessells, 1982) การแก้ปัญหาก็เกิดขึ้นต่อเมื่อวิธีการแก้ปัญหาเดิมหรือประสบการณ์เดิมไม่สามารถแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ เมื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 การให้ความหมายความสามารถในการแก้ปัญหา มีการเปลี่ยนแปลงไป กลุ่มทักษะการแก้ปัญหาถูกนำมาใช้ในการจัดการกับปัญหาหรือความท้าทายที่ต้องเจอในชีวิตประจำวัน ซึ่งปัญหาเหล่านั้นมีความซับซ้อนขึ้นกว่าเมื่อเทียบกับปัญหาและความท้าทายในอดีต (World Economic Forum, 2016) ลักษณะของสมรรถนะการคิดแก้ปัญหา ในปัจจุบันจึงมักจะนำเสนอในลักษณะความสามารถของบุคคลในการกระทำหรือการปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่งโดยให้ความหมายไว้ว่าสมรรถนะการคิดแก้ปัญหา เป็นความสามารถที่จะแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ที่ไม่คุ้นเคยกับประสบการณ์เดิมได้ สามารถระบุสาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ไข ด้วยวิธีการทั่วไปหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา (Battelle for Kids, 2015; OECD, 2016) โดยสามารถวิเคราะห์และใช้เหตุผลเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเกณฑ์ที่ชัดเจนและครอบคลุมทุกมิติ (Brundiers et al., 2021; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงสามารถสรุปความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา ในลักษณะของความสามารถของบุคคลได้ว่า เป็นการนำความรู้ ประสบการณ์เดิม มาใช้แก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาโดยรวมที่ผสมผสานออกมาในแต่ละบุคคล เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างครอบคลุม โดยสามารถบอกประเด็นปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ ตั้งคำถาม

เกี่ยวกับการแก้ปัญหา พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถวิเคราะห์และใช้เหตุผลเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีเป้าหมายเพื่อพัฒนา “ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21” เพื่อเตรียมผู้เรียนให้สามารถแก้ปัญหาใหม่ ๆ ของโลกอนาคต (ประสาธน์ เองเฉลิม, 2558) ซึ่งภาคีเครือข่ายแห่งศตวรรษที่ 21 ที่กำหนดให้ความสามารถในการแก้ปัญหา (Battelle for Kids, 2015) เป็นความสามารถที่ผู้เรียนพึงมี เนื่องจากการดำเนินชีวิตประจำวันของเรานั้น มักพบปัญหาในเรื่องต่าง ๆ อยู่เสมอ การคิดแก้ปัญหาจึงมีบทบาทสำคัญกับบุคคลในการใช้จัดการปัญหาในชีวิต ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นมักมีลักษณะที่แตกต่างกันไป จึงจำเป็นต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาในการวิเคราะห์สิ่งที่เกิดขึ้นจริงในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจ ซึ่งปัญหาเหล่านั้นมีความซับซ้อนขึ้นกว่าเมื่อเทียบกับปัญหาและความท้าทายในอดีต (World Economic Forum, 2016) ซึ่งสอดคล้องกับองค์การเพื่อการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ หรือยูเนสโก UNESCO ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักด้านการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ได้มีการขับเคลื่อนกรอบการดำเนินงานระดับโลกด้านการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน หรือ ESD for 2030 Framework โดยเสนอว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็น 1 ใน 8 ความสามารถหลักเพื่อความยั่งยืน (Key competencies for sustainability) ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนาเพื่อรับมือความท้าทายที่ซับซ้อนใน (Brundiers et al., 2021) สำหรับประเทศไทย ความสามารถในการแก้ปัญหาคือเป็นสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ต่อมากระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาของไทย ได้จัดทำแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 เพื่อพัฒนาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานตามแนวคิดการจัดการศึกษาฐานสมรรถนะ โดยมีสมรรถนะหลัก (Core Competencies) 6 ด้าน เป็นพื้นฐานที่นักเรียนควรได้รับการพัฒนาให้เป็นความสามารถติดตัวเมื่อจบการศึกษา ได้มีการปรับหลักสูตรและกำหนดสมรรถนะใหม่ขึ้น ซึ่งยังมีการกำหนดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสมรรถนะที่จำเป็นเช่นเดิม โดยกำหนดไว้ในสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการคิดขั้นสูงในหลักสูตรฐานสมรรถนะ มีเป้าหมายให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยความเข้าใจถึงความเชื่อมโยงของสรรพสิ่งที่อยู่ร่วมกันอย่างเป็นระบบ ใช้จินตนาการและความรู้สร้างทางเลือกใหม่ เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2564) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหามี

ความสำคัญทั้งในระดับชาติและนานาชาติ และเป็นสมรรถนะหนึ่งที่มีการกำหนดไว้ทั้งในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และหลักสูตรฐานสมรรถนะที่กำหนดให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนพบว่า ผู้เรียนไม่สามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (กฤษณะ พวงระย้า, 2564) เนื่องจากผู้เรียนไม่สามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน จึงทำให้ไม่สามารถวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (นันทน์ภัส ลีมันติธรรม, 2561) ผู้เรียนใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เบื้องต้นในชีวิตประจำวันและสามารถทำการทดลองตามวิธีการบอกไว้ได้เท่านั้น แต่ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ และมีทักษะทางวิทยาศาสตร์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (อาณัติ ชันทจันทร์, 2560) ดังนั้น เมื่อพวกเขาเหล่านั้นเติบโตเป็นผู้ใหญ่ก็ต้องเผชิญกับความท้าทายและมักจะต้องแข่งขันเพื่อให้ได้งานเดียวกันเช่นเดียวกับในสังคมและเศรษฐกิจโลก ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมถึงความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีรากฐานจากวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่ใช่เฉพาะผู้ที่ทำงานด้านนี้เท่านั้น แต่ยังรวมถึงพลเมืองที่ต้องการตัดสินใจอย่างชาญฉลาดเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่มีการขัดแย้งและถกเถียงกันในทุกวันนี้ นับตั้งแต่ประเด็นปัญหาในระดับส่วนตัว เช่น การรับประทานอาหารสุขภาพ ประเด็นปัญหาในระดับท้องถิ่น เช่น การกำจัดขยะในเมืองใหญ่ ไปจนถึงประเด็นปัญหาในระดับโลก เช่น ข้อดีและข้อเสียของพืชตัดแปลงพันธุกรรม หรือวิธีป้องกันและบรรเทาผลกระทบเชิงลบของภาวะโลกร้อนที่มีต่อระบบกายภาพ ระบบนิเวศ และระบบสังคม

2.3 องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา

นักการศึกษาได้กำหนดองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาไว้หลายองค์ประกอบ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการหรือขั้นตอน มีนักการศึกษาหลายท่านที่นิยามสมรรถนะการคิดแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

Wessells (1982) ได้กำหนดองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า

1. ระบุปัญหา ระบุปัญหาและนิยามปัญหาอย่างชัดเจน
2. คิดแผนในการแก้ปัญหา วิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาและวางแผน
3. ดำเนินการแก้ปัญหาที่กำหนด นำแผนไปปฏิบัติจริง

4. ประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา

Mayer (1992) ได้กำหนดองค์ประกอบของการแก้ปัญหา ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. การสร้างตัวแทนปัญหา กำหนดปัญหาและนิยามอย่างชัดเจน
2. การวางแผน กำหนดวิธีการแก้ปัญหา วิเคราะห์ปัญหาและวางแผนแนวทางการจัดการกับปัญหา

3. การกำกับการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด
4. การควบคุมโดยใช้กระบวนการ การแก้ปัญหาตามกระบวนการขั้นตอนของการดำเนินการแก้ปัญหา

Marzano (1993) ได้เสนอองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

1. การระบุข้อจำกัดหรือปัญหา การนิยามปัญหารวมทั้งองค์ประกอบ เงื่อนไข และขอบเขตของการแก้ปัญหา

2. การระบุแนวทางแก้ปัญหา การคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้

3. การเลือกวิธีการแก้ปัญหา การประเมินวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปปฏิบัติจริง

4. การระบุเหตุผลสนับสนุน การทราบถึงข้อมูลที่สนับสนุนและสามารถอธิบายปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) ได้เสนอองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

1. การระบุปัญหา ตั้งคำถามหรือระบุปัญหาสถานการณ์ที่ยากและซับซ้อนจากการสังเกตสิ่งต่าง ๆ สถานการณ์หรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันโดยละเอียดหรือจากผลที่ไม่คาดคิดมาก่อน

2. นิยามปัญหา เสนอวิธีการระบุสาเหตุของปัญหา แยกเป็นปัญหาย่อย ๆ ได้

3. รวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมและหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ สำรวจตรวจสอบโยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้

4. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เสนอวิธีการแก้ปัญหา สามารถวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้เครื่องมือหรือเทคโนโลยีเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานได้

5. เลือกทางเลือกในการแก้ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อสร้างข้อสรุปที่แม่นยำและน่าเชื่อถือ เปรียบเทียบแหล่งข้อมูลและข้อเท็จจริงได้ เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและครอบคลุมทุกมิติ

6. ดำเนินการแก้ปัญหา สร้างแบบจำลองเพื่อแสดงโครงสร้างของปัญหาหรือสถานการณ์ได้ พัฒนาชิ้นงาน วิธีการหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา

จากองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา ข้างต้นแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มเดียวกันในการนิยามองค์ประกอบของสมรรถนะการคิดแก้ปัญหา โดยเริ่มจากการตั้งปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหาภายใต้ขอบเขตที่กำหนดซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการแก้ปัญหา (Marzano, 1993; Mayer, 1992; Wessells, 1982) อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Weir (1974) และ Bransford, Sherwood, Vye, and Rieser (1986) ที่ได้กำหนดไว้เป็นองค์ประกอบแรก จากนั้นเมื่อทราบปัญหาและเงื่อนไขที่เกิดขึ้น ขั้นตอนต่อมาจึงมีการวางแผนและค้นหาแนวทางเพื่อกำหนดวิธีการแก้ปัญหาโดยมีการตั้งสมมติฐานขึ้น จากนั้นลงมือแก้ปัญหา และประเมินผลการแก้ปัญหาตามแผนการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

2. ลักษณะความสามารถของบุคคล ซึ่งเสนอลักษณะขององค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา ที่เป็นพลวัต ซึ่งเป็นธรรมชาติของการแก้ปัญหา เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงมีความหลากหลาย การระบุปัญหาหรือตั้งปัญหาเพียงครั้งเดียวไม่อาจแก้ปัญหาได้ จึงทำให้มีการนิยามองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา ในลักษณะความสามารถของบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

Battelle for Kids (2015) ได้กำหนดกรอบแนวคิดขององค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหา ในศตวรรษที่ 21 ไว้ว่า

1. การแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยโดยใช้ทั้งวิธีการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิมและแก้ปัญหาด้วยนวัตกรรมใหม่ ๆ

2. การระบุและสามารถตั้งคำถามสำคัญ ที่สามารถทำให้เกิดมุมมองที่หลากหลาย และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีกว่าเดิมได้

ซึ่งจะเห็นว่าองค์ประกอบของกลุ่มภาคีเพื่อศตวรรษที่ 21 มีรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบของการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน จึงได้มีกลุ่มชุมชนการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญของสหรัฐอเมริกาได้ระบุงค์ประกอบเพิ่มเติม โดยยึดนิยามทักษะการแก้ปัญหาจากภาคีเพื่อศตวรรษที่ 21

Edleader21 (2015) ชุมชนแห่งการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ ประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอองค์ประกอบไว้ดังนี้

1. การระบุปัญหา ขอบเขตของของปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาอย่างแท้จริง แสดงการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย แสดงความเข้าใจปัญหาที่มีความซับซ้อน สามารถแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับสถานการณ์ เปรียบเทียบความแตกต่างของปัญหาได้

2. แสดงให้เห็นถึงประสบการณ์การเรียนรู้ กระบวนการในการแก้ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา การอธิบายความแตกต่างของแนวทางการแก้ปัญหา สามารถบอกแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลาย โดยใช้การคิดแบบ Convergent thinking การคิดอย่างมีเหตุและผลเพื่อนำมาสู่แนวทางในการแก้ปัญหา Divergent thinking การคิดแนวทางที่หลากหลายเพื่อนำมาเป็นตัวเลือกในการแก้ปัญหา และประเมินวิธีการแก้ปัญหาได้

3. การระบุคำถามที่จำเป็นในการแก้ปัญหา การระบุคำถามหลักและคำถามย่อยเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแก้ปัญหา กำหนดประเด็นคำถามสำคัญในการแก้ไขปัญหตามสถานการณ์ที่เหมาะสม และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

4. การดำเนินการแก้ปัญหา ทดลองใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เลือก สาธิตหรือนำเสนอผลลัพธ์วิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ เพื่อแสดงถึงความเข้าใจปัญหาและแนวทางในการแก้ไข

จากการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาในช่วงศตวรรษที่ 21 พบว่าลักษณะขององค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหามีการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากกลุ่มทักษะการแก้ปัญหาถูกนำมาใช้ในการจัดการกับปัญหาหรือความท้าทายที่ต้องเจอในชีวิตประจำวัน ซึ่งปัญหาเหล่านั้นมีความซับซ้อนขึ้นกว่าเมื่อเทียบกับปัญหาและความท้าทายในอดีต (World Economic Forum, 2016) โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ การวิเคราะห์ปัญหา ระบุปัญหาได้ถูกต้อง มีการคิดอย่างเป็นระบบ แก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย สามารถหาแนวทางในการสร้างวิธีการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ และประเมินผล เพื่อนำมาสู่การแก้ปัญหาให้ได้ (Battelle for Kids, 2015; Edleader21, 2015) ในปัจจุบันได้ให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่มีความหลากหลายของปัญหา การระบุคำถามสำคัญหรือระบุปัญหาต้องมีความชัดเจน และสามารถตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ได้ (นิภาพร ช่วยธานี, 2562)

จึงสรุปได้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นการนำความรู้ ประสบการณ์เดิมมาใช้แก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาโดยรวมที่ผสมผสานออกมาในแต่ละบุคคล

เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างครอบคลุม โดยสามารถบอกประเด็นปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ ตั้งคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถวิเคราะห์และใช้เหตุผลเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้เลือกนำกรอบแนวคิดความสามารถในการแก้ปัญหาของภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning) ถูกจัดตั้งขึ้นในปี 2002 ที่สหรัฐอเมริกา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานการศึกษาที่เน้นสร้างทักษะความรู้ที่จำเป็นสำหรับนักเรียน ทั้งในด้านการทำงานและการดำเนินชีวิต ให้สอดคล้องกับความเป็นไปในศตวรรษที่ 21 และรายละเอียดขององค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มเติมจากชุมชนการเรียนรู้แห่งสหรัฐอเมริกา ผู้วิจัยจึงได้สรุปองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ทั้งหมด 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ หมายถึง สามารถบอกประเด็นปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และข้อมูลอื่น ๆ ของปัญหาที่เกี่ยวข้องได้
2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย หมายถึง สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลาย และสามารถเลือกวิธีในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา หมายถึง สามารถตั้งคำถามหลักและคำถามย่อยที่นำมาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาได้
4. การดำเนินการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา หมายถึง การลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ จากนั้นทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ พร้อมอธิบายเหตุผลสนับสนุนวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก

2.4 การจัดการเรียนรู้การเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างหลากหลาย ดังนี้

การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนหลายขั้นตอน ได้แก่ การเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) (สุจิตรา เขียวศรี & สุกรี รอดโพธิ์ทอง, 2009) การเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 6 ขั้นตอน (6E) (นิตยา อุบุษมาภัย & อารยา ปิยะกุล, 2564) และการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน (7E) (พฤษัช ไปรุ่งสำโรง, 2549) ข้อดีของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ คือเน้นให้มีประสบการณ์ตรง โดยการแสวงหาและศึกษาค้นคว้า เพื่อสร้างองค์

ความรู้ของตนเอง ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระหว่างที่ผู้เรียนเผชิญปัญหา ทำให้ผู้เรียนแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เน้นกระบวนการแก้ปัญหา มากกว่าการได้ผลลัพธ์ของปัญหา ซึ่งมีครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกและสนับสนุน จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าว มีข้อควรปรับปรุงคือ ถึงแม้ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ แต่ไม่สามารถเลือกแนวทางการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา จึงส่งผลให้ไม่สามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนที่นิยมนำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นอย่างมาก ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้จะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยมุ่งเน้นใช้ปัญหาจริงหรือสถานการณ์เป็นตัวเริ่มต้น (สาธิต ชุมทอง, 2560; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560) กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดในขณะที่ผู้เรียนกำลังทำกิจกรรม ให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ปัญหาและต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาคือ ประเด็นปัญหาที่ถูกนำมาใช้ใกล้ตัวและอยู่ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อกำหนดสิ่งที่จะเรียนรู้ ทำให้เกิดกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ใหม่เพื่ออธิบายปัญหาที่พบ จากผลการวิจัยพบว่า การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาได้ดี เนื่องจากกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน แต่เมื่อตรวจสอบผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาพบว่ามีความแม่นยำที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการในการแก้ปัญหา เนื่องจากการแก้ปัญหาของผู้เรียนมีลักษณะเป็นกระบวนการแก้ปัญหาตามขั้นตอน เมื่อผู้เรียนระบุปัญหาได้ แต่ไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับปัญหาที่พบ จึงส่งผลให้ไม่สามารถแก้ปัญหาที่ผู้เรียนพบได้ (กมลรัตน์ นิลเกตุ, 2563)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม เป็นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงกับบริบทความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม โดยการจัดการเรียนรู้จะนำประเด็นปัญหาหรือประเด็นที่น่าสนใจ มาเรียนรู้เพื่อใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ไขปัญหา โดยการเลือกวิธี การออกแบบแก้ไขปัญหาคือที่ดีที่สุด โดยผ่านกระบวนการทางสังคม (สุภารัตน์ สาธิตงพวย, 2562) จุดเด่นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม คือการใช้ประเด็นปัญหาทางสังคม เทคโนโลยี และบริบททางสังคม ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ใช้ความคิดของตนเองในการสร้างสรรค์แนวทางในการแก้ปัญหา การจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าวมักจะใช้ประเด็นเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งถือเป็นเรื่องสำคัญและเรื่องใกล้ตัว เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

หรือสภาพปัญหาของมลพิษ (บุศมาพร กันทะวัง, สุรีย์พร สว่างเมฆ, & ปราณิ นางงาม, 2562) จากผลการวิจัยพบว่าการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ เนื่องจากเป็นบริบทของปัญหาที่เกิดจากพฤติกรรมของคนในสังคม แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวทางดังกล่าว เมื่อให้ความสำคัญกับประเด็นปัญหาสังคมมากเกินไป จะทำให้ขาดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปด้วย (Khiaolueang, Kijkuakul, & Nakkuntod, 2021; รุ่งทิภา กองสอน, 2564)

การบูรณาการการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีหรือที่เรียกว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yuliati, Hapsari, Nurhidayah, & Halim, 2018; นันทน์ภัส ลิ่มสันติธรรม, 2561; นิภาพร ช่วยธานี, 2562) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ประเทศไทยนิยมนำมาใช้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน และมีการประกาศเป็นนโยบายด้านการศึกษาดังที่ระบุในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) มีลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คือ การบูรณาการระหว่างสาขาวิชา การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงาน เน้นการพัฒนาทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 กับเนื้อหาและทักษะวิชาหลัก ซึ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหามีหลายรูปแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ (5E) (Yuliati et al., 2018) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ (6E) (Kaniawati & Suryadi, 2016) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ (7E) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) (นิภาพร ช่วยธานี, 2562) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Laforce, Noble, & Blackwell, 2017) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Hanif, Wijaya, & Winarno, 2019) และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (กฤษณะ พวงระย้า, 2564) ซึ่งข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาคือเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

จากเอกสารและงานวิจัยข้างต้นสามารถสังเคราะห์ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา มีลักษณะดังนี้

1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้ เพื่อใช้แก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับโลกความเป็นจริงและสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ (Laforce et al., 2017; นิภาพร ช้วยธานี, 2562)

2. มีการใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงในการนำเข้าสู่บทเรียน โดยสถานการณ์ปัญหาจะต้องมีความหลากหลาย กระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน สามารถบอกประเด็นปัญหา และระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ประเมินแนวทางที่ใช้และนำเสนอผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น (กมลรัตน์ นิลเกตุดู, 2563; สาทิต ชุมของ et al., 2562; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560)

3. มีการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ค้นคว้าด้วยตนเอง ข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้หลักฐานและองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลาย นำไปสู่การพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม (พฤษัช โปรงสำโรง, 2549 ; สุจิตรา เขียวศรี & สุกรี รอดโพธิ์ทอง, 2009)

4. มีการพิจารณาระบบคำถามหลักเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา ระบุปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกรแก้ปัญหา ตั้งคำถามสำคัญ และคำถามอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกรแก้ปัญหาแล้วพิจารณาและตัดสินใจทางเลือกในการแก้ปัญหา เพื่อสรุปทางเลือกที่ดีที่สุดได้ (Capraro, Capraro, & Morgan, 2013; Hanif et al., 2019)

5. มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือกไว้ เมื่อเกิดปัญหาขึ้นในระหว่างการแก้ปัญหา จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขวิธีการตามเหตุและผล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ (กมลรัตน์ นิลเกตุดู, 2563; สาทิต ชุมของ et al., 2562; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560)

จากเอกสารและงานวิจัยข้างต้นสามารถสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาดังตาราง

ตาราง 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา

รูปแบบการ จัดการเรียนรู้	ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา				
	1. บูรณาการ การเรียนรู้	2. ใช้สถานการณ์ ปัญหาที่เกิดขึ้นใน ชีวิตจริง	3. ค้นคว้า ด้วย ตนเอง	4. การตั้ง คำถาม	5. การวางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา
5E Inquiry model		✓	✓		✓
6E Inquiry model		✓	✓		✓
7E Inquiry model		✓	✓		✓
PBL		✓	✓		✓
STEM 5E	✓	✓	✓		✓
STEM 6E	✓	✓	✓		✓
STEM 6E+A	✓	✓	✓		✓
STEM 7E	✓	✓	✓		✓
STEM Problem Based Learning	✓	✓	✓		✓
STEM Project- Based Learning	✓	✓	✓	✓	✓
STEM Engineering Design process	✓	✓	✓		✓

จากการสังเคราะห์ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาดังตาราง 4 พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละรูปแบบการเรียนรู้ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในลักษณะที่แตกต่างกัน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีลักษณะสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกันคือ การใช้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าด้วยตนเอง จนนำไปสู่การวางแผนในการแก้ปัญหา (พฤกษ์ โปรงสำโรง, 2549 ; สุจิตรา เขียวศรี & สุกรี รอดโพธิ์ทอง, 2009) จากผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการจัดการเรียนรู้ทั้งสองรูปแบบพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในลักษณะที่เป็นกระบวนการ

แก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี โดยเริ่มจากการระบุปัญหา เมื่อผู้เรียนเข้าใจปัญหาหรือระบุปัญหาเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำการแก้ปัญหา และตรวจสอบผลการแก้ปัญหาเป็นลำดับสุดท้าย อีกการจัดการเรียนรู้แนวทางหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้หลายรูปแบบ ได้แก่ การสืบเสาะหาความรู้ การใช้ปัญหาเป็นฐาน การใช้โครงงานเป็นฐาน และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีลักษณะสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มเติมคือ การบูรณาการการเรียนรู้ มีการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างสาขาวิชา และแนวคิดต่าง ๆ เพื่อนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม (นันทน์ภัส ลิมสันติธรรม, 2561; นิภาพร ช้วยธานี, 2562) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการกระบวนการสืบเสาะโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในระหว่างที่ผู้เรียนเผชิญปัญหา ครูจะเป็นผู้กำหนดแนวทางในการสืบเสาะการเรียนรู้ จึงช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน นอกจากนั้นยังมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน ได้แก่ ขั้นตอนปัญหา ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นการค้นคว้า ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นประเมินผลการแก้ปัญหา จะเห็นได้ว่าจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถฝึกทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนอย่างเป็นกระบวนการเช่นกัน นอกจากนั้นยังมีการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงาน มีจุดเด่นคือผู้เรียนได้เรียนรู้ตามที่ตนเองสนใจ ทำให้ผู้เรียนเกิดการฝึกตั้งคำถาม เพื่อพัฒนาโครงงาน แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนเลือกศึกษาโครงงานจากสิ่งที่ผู้เรียนสนใจ มีการจัดกลุ่มผู้เรียนตามความสนใจที่คล้ายกัน แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกจัดการเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีเนื้อหาอยู่ในหลายประเด็น การจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานอาจจะไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ผู้วิจัยต้องการส่งเสริมให้กับผู้เรียน อีกทั้งรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวใช้จำนวนชั่วโมงในการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงเลือกการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการออกแบบและแก้ปัญหา ส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะวิชาหลัก การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถแบ่งได้อีกหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบกระบวนการออกแบบวิศวกรรมของ Burke (2014) หรือที่

เรียกว่า รูปแบบ 6E Learning by DeSIGN™ Model รูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็น 5 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็น 6 ขั้นตอน ของ National Research Council (2013) และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็น 6 ขั้นตอน ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557)

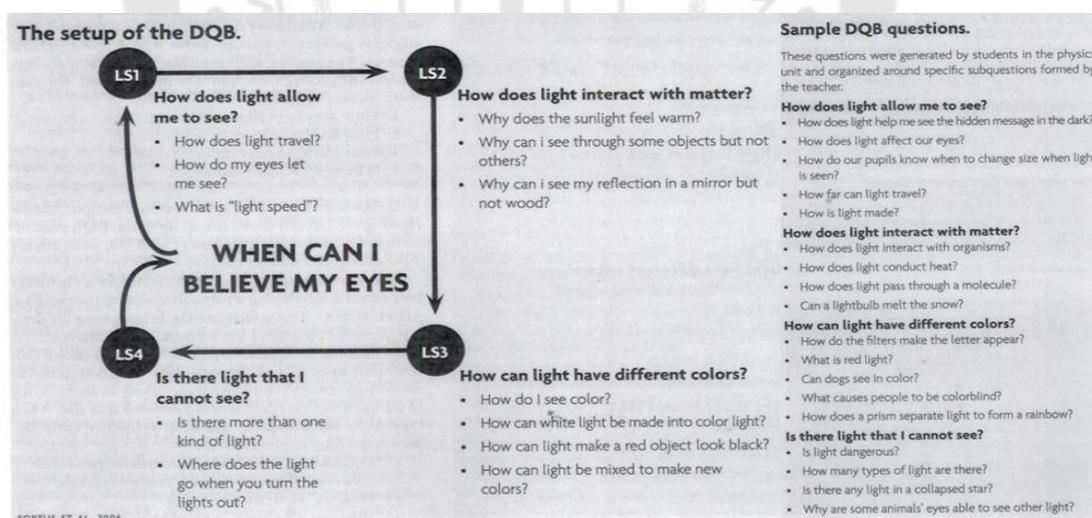
ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกรูปแบบกระบวนการออกแบบวิศวกรรมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) ซึ่งข้อดีของการจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าวคือ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาที่ภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning) กำหนดได้ (Siew, Goh, & Sulaiman, 2016) แต่เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของย่อยของความสามารถในการแก้ปัญหาในด้านการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ซึ่งได้กำหนดให้มีการตั้งคำถามจากการสังเกตสิ่งต่าง ๆ สถานการณ์หรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้แนวทางการจัดการเรียนรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ที่นำมาใช้นั้นไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้ครอบคลุมทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคการตั้งคำถามนำมาใช้ร่วม เพื่อส่งเสริมองค์ประกอบในด้านการตั้งคำถามเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 เทคนิคการตั้งคำถามนำ

การตั้งคำถามนำ (Driving questions) เป็นเทคนิคที่ครูนำมาใช้ในการนำเข้าสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ส่วนใหญ่มักจะถูกนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อช่วยขับเคลื่อนให้ผู้เรียนสามารถตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ของผู้เรียน และกระตุ้นให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจที่จะมีส่วนร่วมและเพิ่มความสนใจในการนำไปสู่การแก้ปัญหา (Bielik, Damelin, & Krajick, 2018) การตั้งคำถามนำที่ดีมีลักษณะที่สำคัญคือ คำถามควรให้ความรู้สึกสงสัยว่าเหตุใดปรากฏการณ์นี้จึงเกิดขึ้น เพื่อให้

ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถาม (Nordine & Torres, 2013; Weizman et al., 2008) ผู้เรียนจะทำการรวบรวมแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สำคัญเพื่อนำไปสู่เป้าหมายในการเรียนรู้ การตั้งคำถามไม่ควรมีคำตอบที่ง่ายและตรงไปตรงมา เพราะผู้เรียนจะรู้สึกว่าคุณทำทนายเพียงพอ และจะไม่สนใจดำเนินการเพื่อหาคำตอบ ข้อดีของเทคนิคการตั้งคำถาม นำ ยังช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ถามคำถามของตนเอง ทำให้กระบวนการเรียนรู้มีส่วนร่วมและใกล้ชิดกับผู้เรียนมากขึ้น(Bielik et al., 2018)

การใช้เทคนิคการตั้งคำถามนำไม่มีขั้นตอนที่ชัดเจน บางครั้งมีการนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้โครงงาน (อาทิทยา จิตรเชื้อเพื่อ, 2561) การถามคำถามจะเป็นปลายเปิดเพื่อเชื่อมโยงกับความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นที่แท้จริงของนักเรียน คำถามนี้ไม่สามารถแก้ไขได้ในทันที แต่ต้องมีการสำรวจตรวจสอบหลายรอบ และจัดกิจกรรมในช่วงหลายสัปดาห์ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการพัฒนาเครื่องมือในการใช้เทคนิคการตั้งคำถามนำร่วมกับบอร์ดหรือที่เรียกว่า กิจกรรม Driving questions board (DQB) โดยมีโปสเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในการรวบรวม จัดเรียง และนำเสนอคำถามหลักและคำถามย่อยของคำถามที่เกี่ยวกับปัญหาที่ผู้เรียนสนใจ ซึ่งผู้เรียนจะตั้งคำถามด้วยตนเอง (Weizman et al., 2008) แสดงดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 การตั้งคำถามนำ (Driving Questions)

ที่มา: Weizman et al. (2008)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่ากระบวนการของการตั้งคำถามหลักและคำถามย่อยที่ช่วยเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ (Richard, 2022) โดยที่

เทคนิคดังกล่าวจะเป็นแนวทางในการรวบรวมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่าง ๆ ช่วยจัดระเบียบการเรียนรู้และมุ่งเน้นไปที่ประเด็นที่เฉพาะเจาะจง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงการบูรณาการแนวคิดและกระบวนการระหว่างวิชา เนื่องจากการตั้งคำถามนำจะทำให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างกันในรูปแบบของคำถาม สามารถผสมผสานกับเนื้อหาทุกด้าน แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ คำถาม และแนวคิดในวิชาต่าง ๆ อีกทั้งยังช่วยติดตามการสำรวจตรวจสอบในระยะยาว และเตือนผู้เรียนเกี่ยวกับบริบทของกิจกรรมแต่ละอย่างว่ามีความเกี่ยวข้องกับคำถามนำอย่างไร ตลอดจนนำมาสู่การแก้ปัญหาในที่สุด จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกเทคนิคการตั้งคำถามนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

2.6 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา

2.6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล

แนวทางในการวัดและประเมินผลสามารถทำได้หลายวิธีการ จากการศึกษาพบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาพบว่า มีการใช้เครื่องมือในการวัดและประเมินผลหลายรูปแบบ เช่น แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาชนิดปรนัย (ภูรินทร์ แต่งน้อย, 2559) แบบทดสอบอัตนัย (กมลรัตน์ นิลเกตุ, 2563; น้ำฝน คุณเจริญไพศาล, 2561; สุภารัตน์ สาลีงพวย, 2562; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีสถานการณ์ปัญหาแบบมีโครงสร้างไม่ชัดเจน (นันทน์ภัส ลิมสันติธรรม, 2561) แบบบันทึกทักษะการแก้ปัญหา (สาธิต ชุมของ et al., 2562) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ภูรินทร์ แต่งน้อย (2559) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยเป็นแบบทดสอบที่ผสมผสานทั้งแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบทดสอบชนิดอัตนัย ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การระบุปัญหา 2. การตั้งสมมติฐาน 3. การรวบรวมข้อมูลหรือองค์ความรู้เพื่อใช้ในการพิจารณาแก้ไขปัญหา 4. วิธีการแก้ไขปัญหา และ 5. การคาดการณ์ลักษณะของผลที่ได้ การใช้แบบทดสอบปรนัยในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหามีข้อดีคือ ตรวจง่าย ใช้เวลาตรวจน้อย และสามารถให้วัดผู้เรียนจำนวนมากได้ แต่เนื่องจากในการทำข้อสอบแบบปรนัยผู้เรียนสามารถเดาคำตอบได้ จึงทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบอัตนัยด้วย เพื่อสะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาลงของผู้เรียน

สุภารัตน์ สาลีงพวย (2562) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยเป็นแบบทดสอบอัตนัยใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหตามองค์ประกอบของ Weir ได้แก่ 1.

การระบุปัญหา 2.การวิเคราะห์ปัญหา 3. การเสนอแนวทางแก้ปัญหา 4. การประเมินผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา แบบทดสอบชนิดอัตนัยที่ผู้วิจัยใช้เป็นแบบทดสอบที่ข้อคำถามมีโครงสร้างสถานการณ์ที่ไม่ชัดเจน คำถามหรือสถานการณ์ปัญหามีลักษณะปลายเปิด ซึ่งจะตรวจให้คะแนนยาก ดังนั้นจึงใช้ร่วมกับเกณฑ์ในการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

อาถนี ชันทจันทร์ (2560) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาชนิดอัตนัย ที่มีเกณฑ์การให้คะแนน (Rubrics) ใช้ลักษณะคำถามปลายเปิดทำให้ ไม่มีคำตอบถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้หลากหลาย จึงอาจทำให้การตรวจให้คะแนนได้ยาก ผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์ในการให้คะแนนร่วมด้วย

อาทิศย์ ฉิมกุล (2559) ได้ใช้แบบทดสอบอัตนัย โดยจะวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการเข้าใจปัญหา 2. ด้านการลงมือแก้ปัญหา และ 3. ด้านการตรวจสอบและสรุปผลการแก้ปัญหา ซึ่งมีสถานการณ์กำหนดให้ตามเนื้อหาวิชา และให้ผู้เรียนเขียนคำตอบลงไป ในการตรวจให้คะแนนจะมีการระบุแนวทางคำตอบที่เป็นไปได้ พร้อมกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนที่เรียกว่ารูบริกส์ (Rubrics) และสรุปคะแนนโดยให้คะแนนเป็นระดับ ซึ่งข้อดีคือมีการถามคำถามปลายเปิด ทำให้ผู้เรียนได้อธิบายเหตุผล การเสนอข้อคิดเห็นด้วยตนเอง แต่พบว่าเกณฑ์การให้คะแนนยังขาดความชัดเจน จึงควรปรับให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น

นันทน์ภัส ลิมสันติธรรม (2561) ได้ใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีสถานการณ์ปัญหาแบบมีโครงสร้างไม่ชัดเจน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบตอบสั้น ข้อคำถามเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน โดยใช้สถานการณ์ที่มีข้อคำถามย่อยให้ผู้เรียนแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบย่อยทั้ง 4 ด้าน 1. ระบุปัญหา 2. ระบุความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหา 3. ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และ 4. ระบุผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา ซึ่งข้อดีของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาลักษณะดังกล่าว คือการใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ชัดเจน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาได้หลากหลายแต่ในขณะเดียวกันก็จำกัดคำตอบด้วยการกำหนดคำตอบแบบเลือกตอบให้กับผู้เรียน

จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน สรุปได้ว่า มีการใช้เครื่องมือในการวัดประเมินผลหลากหลาย เช่น แบบทดสอบปรนัย แบบทดสอบอัตนัย แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยมีทั้งโครงสร้างคำถามเป็นปลายเปิดและคำถามปลายปิด การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะทำการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบอัตนัยชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 5 สถานการณ์

สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม เพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ ประกอบด้วย 1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา 4. การดำเนินการและประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์ (Rubrics) ที่ชัดเจน เนื่องจากผู้วิจัยใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งปัญหาและสถานการณ์ดังกล่าวมีลักษณะขอบเขตเนื้อหากว้าง คำถามที่ใช้จึงมีลักษณะปลายเปิด ผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้หลากหลาย สามารถให้เหตุผลเป็นของตนเองโดยอยู่บนพื้นฐานของความรู้ในแต่ละวิชา

2.6.2 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหา

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) ได้กล่าวถึงเกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาถูกแบ่งเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ระดับทักษะที่มากที่สุด คือ จากระดับ 3 จนกระทั่งทักษะที่น้อยที่สุด คือระดับ 1 และนักเรียนที่มีคะแนนไม่ถึงระดับ 1 จะถูกจัดไว้ในกลุ่ม “ต่ำกว่าระดับ 1” โดยเกณฑ์ของระดับ ต่าง ๆ ทั้งสี่ระดับนี้ มาจากการแสดงความสามารถหรือ คะแนนของนักเรียน โดยระดับของการ แก้ปัญหาระดับต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

ระดับ 3 ผู้แก้ปัญหาระดับวิเคราะห์และสื่อความหมาย นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหา สามารถคิดถึง ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในสถานการณ์ของปัญหาและ นำมาเชื่อมโยงกับการแก้ปัญหา สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาของตนเองและพิสูจน์ให้เห็นว่า วิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นไปตาม เงื่อนไขที่ถูกต้องเหมาะสมกับตัวปัญหา

ระดับ 2 ผู้แก้ปัญหาระดับใช้เหตุใช้ผลและการตัดสินใจ เป็นผู้ที่สามารถใช้ เหตุผลและ กระบวนการวิเคราะห์ สามารถแก้ปัญหาที่ต้องการกระบวนการตัดสินใจ สามารถ จัดการกับข้อมูลที่ไม่คุ้นเคย สามารถใช้เหตุผลแบบต่าง ๆ หลากหลาย สามารถคิดวิเคราะห์ระบบ หรือตัดสินใจ

ระดับ 1 ผู้แก้ปัญหาระดับพื้นฐาน นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ต้องใช้ข้อมูล จากแหล่งเดียวและเป็นข้อมูลโดด ๆ ที่ไม่ต่อเนื่องและไม่ซับซ้อน เข้าใจตัวปัญหาและสามารถค้น ค้น ข้อมูล สารระที่เกี่ยวข้องกับส่วนที่สำคัญหรือส่วนที่เด่นของปัญหา แต่ไม่สามารถจะจัดการกับ ปัญหาที่ ต้องใช้เหตุผลหลายด้านจัดการกับข้อมูลที่มีให้

ต่ำกว่าระดับ 1 ผู้แก้ปัญหาระดับต่ำ นักเรียนเป็นผู้ที่ยังไม่มีทักษะแก้ปัญหา ตามเกณฑ์หรือล้มเหลวในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้ทราบลักษณะสำคัญของปัญหา

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2555) ได้กำหนดตัวชี้วัดของสมรรถนะความสามารถในการแก้ปัญหาว่าประกอบด้วย 2 ตัวชี้วัด คือ 1) ใช้กระบวนการแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ปัญหา วางแผนในการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบและสรุปผล และ 2) ผลลัพธ์ที่เกิดจากการแก้ปัญหา โดยใช้การประเมินที่มุ่งใช้รูปแบบการประเมินจากหลายแหล่งและการประเมินด้วยวิธีที่หลากหลาย (Multi-method) โดยให้นักเรียนแต่ละคนทำการประเมินตนเองให้ เพื่อนประเมิน และครูทำการประเมินอีกครั้งหนึ่ง การวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละสมรรถนะ ทำโดยนำผลจากการประเมินที่ได้จากแหล่ง ประเมินต่าง ๆ ในแต่ละสมรรถนะ ซึ่งมีคะแนนอยู่ระหว่าง 0 - 3 แล้วนำผลการประเมินแต่ละแหล่งมา คำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อเป็นค่าคะแนนในแต่ละสมรรถนะของผู้เรียน โดยมีระดับคุณภาพของ สมรรถนะความสามารถในการแก้ปัญหาดังตาราง 5

ตาราง 5 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา

ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา	เกณฑ์การตัดสิน
ดีมาก/ผ่านขั้นสูง	มีคะแนน ตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป
ดี/ผ่าน	มีคะแนน ตั้งแต่ร้อยละ 40-74 ขึ้นไป
ปรับปรุง/ไม่ผ่าน	มีคะแนน ต่ำกว่าร้อยละ 40

อาทิศย์ ฉิมกุล (2559) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่วิทยาลัยอาชีวศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วิทยาลัยอาชีวศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดนิยามความสามารถในการแก้ปัญหาประกอบด้วย การนิยามปัญหา การสร้างวิธีการแก้ปัญหา การเลือกวิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา และการประเมินผล ได้ทำการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการ แก้ปัญหา โดยใช้เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแบ่ง คะแนนเป็น 4 ช่วงเท่า ๆ กัน โดยพิจารณาจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน จากนั้นกำหนดระดับความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละช่วงของคะแนนเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง ดังตาราง 6

ตาราง 6 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา

ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา	เกณฑ์การตัดสิน
ดีมาก	22.50 - 30.00
ดี	15.00 – 22.49
พอใช้	7.50 – 14.99
ปรับปรุง	0.00 – 7.49

จากการศึกษาเกี่ยวกับเกณฑ์ในการประเมินและให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน พบว่า มีการจำแนกเกณฑ์ในการประเมินหลายลักษณะ เช่น เกณฑ์ที่กำหนดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นระดับจากระดับต่ำไประดับสูง โดยระบุลักษณะความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละระดับ ซึ่งทำให้เห็นรายละเอียดของความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละระดับ และเกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาที่กำหนดคะแนนในการตัดสิน ข้อดีคือทำให้สามารถจัดระดับความสามารถในการแก้ปัญหาได้ง่าย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้แบ่งเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา (Rubrics) ซึ่งแบ่งเกณฑ์เป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 3 หมายถึง ดีมาก ระดับ 2 หมายถึง ดี ระดับ 1 หมายถึง พอใช้ และ ระดับ 0 หมายถึง ปรับปรุง โดยแต่ละระดับแสดง ให้เห็นความสามารถในการแก้ปัญหา ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบและตัวชี้วัดความสามารถในการแก้ปัญหา แต่ละระดับแสดง โดยอ้างอิงเกณฑ์จากภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (Edleader21, 2015) เนื่องจากเกณฑ์การประเมินของหน่วยงานดังกล่าวมีความสอดคล้องกับลักษณะความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยส่งเสริมให้กับผู้เรียน และมีรายละเอียดในการประเมินที่ชัดเจน แสดงรายละเอียดดังตาราง 7

ตาราง 7 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ	สามารถระบุประเด็นปัญหา สถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ ถูกต้อง	สามารถระบุประเด็นปัญหา สถานการณ์ที่ซับซ้อนได้แต่ไม่	สามารถระบุประเด็นปัญหา อย่างง่ายได้	ไม่สามารถระบุปัญหาได้หรือระบุปัญหาไม่ถูกต้อง

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
	สมบูรณ์และ ตรวจสอบได้ด้วย วิธีการทาง วิทยาศาสตร์	สมบูรณ์		
2. การเสนอวิธีการ แก้ปัญหาที่หลากหลาย	สามารถเสนอ วิธีการแก้ปัญหา ได้หลากหลาย ถูกต้อง ชัดเจนมี การอ้างอิง หลักการหรือ ทฤษฎีที่เหมาะสม	สามารถเสนอ วิธีการแก้ปัญหา ได้หลากหลาย แต่ไม่มีการ อ้างอิงหลักการ หรือทฤษฎีที่ เหมาะสม	สามารถเสนอ วิธีการแก้ปัญหา อย่างง่ายได้ แต่ ไม่มีขั้นตอนที่ ชัดเจน	ไม่สามารถเสนอ วิธีการแก้ปัญหา ที่หลากหลายได้
3. การตั้งคำถามเพื่อ แก้ปัญหา	สามารถตั้งคำถาม หลัก และตั้ง คำถามย่อย ๆ เพื่อ นำไปสู่การ แก้ปัญหาได้ ถูกต้องสมบูรณ์	สามารถตั้ง คำถามหลักและ ตั้งคำถามย่อย ๆ ได้ถูกต้อง บางส่วน หรือมี บางคำถามที่ไม่ เหมาะสม	สามารถตั้ง คำถามอย่างง่าย ได้ แต่ไม่สามารถ นำไปสู่การ แก้ปัญหาได้	ไม่สามารถตั้ง คำถามหลักและ คำถามย่อย ๆ ได้
4. การดำเนินการ แก้ปัญหา	ลงมือแก้ปัญหา โดยมีวิธีการที่ ถูกต้องเหมาะสม พร้อมอธิบาย เหตุผลสนับสนุน วิธีการแก้ปัญหาที่ เลือกได้อย่าง สมบูรณ์	ลงมือแก้ปัญหา โดยมีวิธีการที่ ถูกต้อง เหมาะสม พร้อมอธิบาย เหตุผลได้ ถูกต้องบางส่วน	ลงมือแก้ปัญหา แต่ใช้วิธีการ แก้ปัญหาที่ไม่ เหมาะสม และ อธิบายเหตุผล สนับสนุนวิธีการ แก้ปัญหาได้ไม่ ชัดเจน	ไม่สามารถลง มือแก้ปัญหา ตามวิธีการที่ เหมาะสมได้ และไม่สามารถ ให้เหตุผล สนับสนุนได้

3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education)

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นมีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้หลายรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียน

สามารถจัดการปัญหาเผชิญสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำองค์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) นอกจากจะเน้นการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา (Huang, 2022) เข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทจริง และยังทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงในการสร้างความตระหนักรู้ ความรับผิดชอบ ต่อสิ่งแวดล้อมให้กับผู้เรียน (Beillouin & Cardinael, 2022) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียน

3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

แนวคิดสะเต็มศึกษาก่อกำเนิดขึ้นเป็นครั้งแรกที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีวิวัฒนาการมาโดยลำดับ ดังนี้ ในปี ค.ศ. 2006 หลังจากที่ประธานาธิบดีจอร์จ ดับเบิลยู บุช ได้ประกาศใช้กฎหมาย “No Child Left Behind Act” หรือ Elementary and Secondary Education Act โดยมุ่งเน้นให้เยาวชนของประเทศสหรัฐอเมริกา ประสบความสำเร็จในด้านการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพราะต้องการพัฒนาเศรษฐกิจ ต่อมาในสมัยของประธานาธิบดีบารัก โอบามา ตลาดแรงงานของสหรัฐอเมริกาประสบปัญหาขาดกำลังคนด้านสะเต็ม ซึ่งการศึกษาไม่สามารถผลิตแรงงานที่มีคุณภาพ เพื่อตอบสนองต่อการแข่งขันด้านเศรษฐกิจในเวทีโลกได้ จนในที่สุด รัฐบาลสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดกรอบกฎหมายสำหรับการนำระบบสะเต็มไปดำเนินการในแต่ ละมลรัฐในปี ค.ศ. 2010 เพื่อเตรียมความพร้อมกำลังคนให้มีความรู้ความสามารถ เพื่อพร้อม แข่งขันทางด้านเศรษฐกิจโดยเฉพาะความรู้และความเชี่ยวชาญของนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และ นวัตกรรม และในช่วงเวลานั้นสหรัฐอเมริกา ยังคงมีปัญหาเรื่องผลทดสอบ PISA ด้านความรู้ คณิตศาสตร์ (Math literacy) และวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ต่ำกว่าหลายประเทศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากครูผู้สอนไม่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเพียงพอ ด้วยเหตุนี้ ความคิดริเริ่มในการพัฒนา สะเต็มศึกษา (STEM education) จึงเกิดขึ้น (สำนักงานเลขาธิการ สภาการศึกษา, 2559) โดยเริ่มจากการประกาศนโยบายที่จะพลิกโฉมระบบการศึกษาด้วยสะเต็ม ศึกษาอย่างจริงจัง ซึ่งสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยมีการทดลองใช้จริงเป็น สถาบันแรก โดยแรกเริ่มนั้นมีการใช้คำว่า “STEM” สำหรับเป็นชื่อหลักสูตรโครงการ รวมถึง โปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์ ทั้ง 4 สาขานี้ โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย สหรัฐอเมริกา ยังไม่ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า STEM ดังนั้น คำว่า STEM จึงมีการกำหนด นิยามที่หลากหลายตามบริบทของสถาบันทางการศึกษาและจากนักการศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะ ได้ทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความรู้และทักษะดังกล่าว และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Dugger, 2010; Lantz, 2009) และสภาวิจัย แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้ให้คำจำกัดความเพิ่มเติมว่า เป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนาให้เกิดการรู้สะเต็ม และช่วยพัฒนาความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจโลก รวมทั้งส่งเสริมให้สามารถในการ ตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ในสังคมและชีวิตตนเองได้

จากความหมายของคำว่า สะเต็มศึกษา ที่มีกำหนดไว้อย่างหลากหลาย ใน งานวิจัยนี้สรุปได้ดังนี้ สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง ในสังคมและชีวิตของตนเอง โดยเป็นการบูรณาการระหว่าง 4 สาขาวิชาที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

3.2 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

คำว่า สะเต็ม (STEM) ได้เริ่มใช้โดยทั่วไปในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นครั้งแรกในปี คริสต์ศักราช 2001 โดย Dr.Judith A. Ramaley อดีตประธานมูลนิธิ พื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ ศึกษา และมนุษยชาติ (National Science Foundation Education and Human Division) แห่ง สหรัฐอเมริกา ใช้คำว่า STEM เพื่อเป็นการปฏิรูปวิธีการสอน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวม เทคโนโลยีเข้าเป็น หลักสูตร เรียกว่า Meta-discipline โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (National Research Council, 2013) เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active Learning)(Hanif et al., 2019) โรงเรียนที่ทำการสอนตามหลักการของ STEM ได้ขยายตัวเป็นอย่างรวดเร็ว เริ่มต้น คริสต์ศักราช 2010 เมื่อประธานาธิบดีบารัค โอบามา ได้ให้กระทรวงศึกษาธิการสหรัฐอเมริกา จัดตั้ง โรงเรียนใช้หลักการ STEM จำนวน 1000 โรงเรียน ระดับมัธยมปลาย 200 โรงเรียน ระดับต่ำกว่ามัธยมปลาย 800 โรงเรียน เพราะต้องการให้นักเรียนและประชาชนอเมริกา มีความรู้และทักษะ ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ดีกว่าเดิม (Kelley & Knowles, 2016) สะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่มุ่งแก้ปัญหาที่ เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้มีประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่ การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงการสะเต็มจะมีความพร้อม ที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีใน

ภาคการผลิต และการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ เช่น การเกษตร อุตสาหกรรมการพลังงาน การจัดการสิ่งแวดล้อม การบริการสุขภาพ

สะเต็มศึกษาได้ถูกผลักดันให้เป็นแผนปฏิบัติการในระดับชาติ ดังจะเห็นได้จากการนำเสนอรายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา นโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์ (Promboon, Finley, & Kaweeekijmanee, 2018) และการประกาศเป็นนโยบายโดยรัฐบาล โดยมีเป้าหมายสำคัญคือ การสร้างกำลังคนด้านสะเต็ม เพื่อผลักดันประเทศออกจากกับดักรายได้ปานกลาง เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาประเทศด้วยนวัตกรรม (Maesincee, 2016) ผ่านการส่งเสริมทักษะขั้นสูงที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของพลเมืองในปัจจุบันและอนาคต เช่น ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Battelle for Kids, 2015) การเตรียมพร้อมสมรรถนะสำคัญ เพื่อใช้ในการตัดสินใจและแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Yuenyong, 2019) จากความสำคัญของสะเต็มศึกษาและความจำเป็นในการพัฒนาผู้เรียน จึงทำให้หน่วยงานทางการศึกษาได้เริ่มโครงการเพื่อสร้างกิจกรรมและการดำเนินงานตามนโยบายสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นแนวในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในด้านเนื้อหา และพัฒนาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ จึงทำให้มีการสร้างกิจกรรมสะเต็มเกิดขึ้นหลายหน่วยงานทั้งในระดับชาติและนานาชาติ (C. C. Johnson, Peters-Burton, & Moore, 2015; Williams, 2011; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558) โดยกรอบแนวคิดของการดำเนินงานของแต่ละหน่วยงานมีจุดเน้นที่แตกต่างกัน สำหรับประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เสนอกิจกรรมที่มีการบูรณาการสาขาวิชาทั้ง 4 ในระดับที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ ระดับภายในสาขาวิชา (Disciplinary) ต่างพหุสาขาวิชา (Multidisciplinary) สหสาขาวิชา (Interdisciplinary) และข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) (สุทธิดา จำรัส, 2016)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในการนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และสมรรถนะอื่น ๆ ที่จำเป็น อีกทั้งยังเป็นนโยบายระดับชาติ อีกทั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งเป็นองค์กรหลักที่ดำเนินการพัฒนาด้านสะเต็มศึกษา โดยศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. มนตรี จุฬาวัดมนทล ในฐานะประธานคณะกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้นำเสนอแนวคิดการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาเป็นวิสัยทัศน์ของ สสวท.

3.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่สนับสนุนรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ทฤษฎี Constructionism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) เช่นเดียวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ของ ศาสตราจารย์ ซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) อาจารย์สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology) แนวความคิดของทฤษฎีนี้มีความเชื่อว่า การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนมีโอกาสสร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน และเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมาในโลกก็หมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเองนั่นเอง ความรู้ที่สร้างขึ้นเองนี้จะเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีสิ้นสุด (ทิตนา แคมมณี, 2555) เช่น การสร้างสิ่งจำลอง การสร้างสิ่งที่จับต้องสัมผัสได้ ทำให้ผู้เรียนมองเห็นได้ ผู้เรียนได้ใช้ความคิด มีความกระตือรือร้น มีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อให้เกิดการคิดแก้ปัญหาออกมาในรูปแบบผลงาน (ฐิภาพรรณ บุญมี, 2559; พิเชษฐ ศรีบุญยงค์, 2563)

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้นำทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) เสนอว่า ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ
2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
4. ทำทลายความคิดของนักเรียน
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

Vasquez, Sneider, and Comer (2013) เสนอหลักการ 5 ข้อ ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. การบูรณาการระหว่าง 2 วิชาขึ้นไปเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงหลักการและความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดพื้นฐาน มาใช้สร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ร่วมกัน
2. การสร้างความสัมพันธ์ กระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการนำความรู้ใหม่ ๆ ไปประยุกต์ใช้ การสร้างคำถามเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในประเด็น
3. ความสำคัญของทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ความสามารถที่ต้องการในยุคของสารสนเทศ ไม่ใช่เพียงว่า คุณมีข้อมูลมากมายเท่าใด แต่ขึ้นอยู่กับว่า จะเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างไร การสร้างสหศาสตร์ที่สามารถแก้ปัญหาและสื่อสารแนวคิด หลักการได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทำงานเป็นทีม การร่วมมือกัน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์
4. สร้างความท้าทายแก่นักเรียน ความเข้าใจถึงจิตวิทยาพัฒนาการของนักเรียน จะช่วยให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน
5. การจัดเตรียมกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์ และพัฒนาความสามารถ วิธีการเรียนรู้ที่สำคัญคือ โครงการเป็นฐาน เพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นวิธีการสร้างกระบวนการในการเรียนรู้ วิธีการสาธิตการเรียนรู้ของนักเรียน และวิธีการวัดและประเมินผล เพื่อสรุปขั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Capraro et al. (2013) เสนอว่า แนวทางการสอนสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 9 แนวทางดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่น่าสนใจ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง
2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ท้าทายความรู้ความสามารถ การคิด และการแก้ปัญหา โดยใช้สถานการณ์ในโลกปัจจุบัน
3. จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือทำด้วยตนเอง
4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐานโดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริง

6. ครูผู้สอนมีหน้าที่เป็นโค้ชและผู้อำนวยการความสะดวก
7. ครูผู้สอนเป็นที่เลี้ยงทางวิชาการ
8. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด
9. ประเมินผลงานของนักเรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย

Roehrig, Dare, Ring-Whalen, and Wieselmann (2021) ได้เสนอลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 7 แนวทาง มีรายละเอียดดังนี้

1. เน้นปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้
2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างเต็มรูปแบบ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้จากความล้มเหลวและปรับปรุงวิธีการในการแก้ปัญหาการออกแบบซ้ำ ๆ
3. การบูรณาการการเรียนรู้เนื้อหาวิชาสะเต็มให้สอดคล้องกับบริบทในโลกแห่งความเป็นจริง ครอบคลุมประเด็นปัญหาทางสังคมและการเมือง
4. การบูรณาการการเรียนรู้เนื้อหาวิชา
5. มีส่วนร่วมในแนวปฏิบัติทางสะเต็มอย่างแท้จริง ผู้เรียนควรมีแนวทางในการแก้ปัญหาหลายแนวทาง โดยอาศัยข้อมูลและการใช้เหตุผลตามหลักฐานเพื่อพิสูจน์การตัดสินใจในการออกแบบของผู้เรียนเอง
6. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 การเรียนการสอนสะเต็มแบบบูรณาการควรส่งเสริมการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21
7. ส่งเสริมอาชีพสาขาสะเต็ม (STEM career) กระตุ้นความสนใจ และสร้างแรงบันดาลใจให้กับผู้เรียนในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสามารถสรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้ดังนี้

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการการเรียนรู้ภายในวิชา (Vasquez et al., 2013)
2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Roehrig, Dare, Ring-Whalen, et al., 2021)
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (Capraro et al., 2013; Roehrig, Dare, Ring-Whalen, et al., 2021)

4. การจัดการเรียนรู้ควรสร้างความท้าทาย เกิดการตั้งคำถาม ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหา (Capraro et al., 2013)

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา (Capraro et al., 2013)

3.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหา ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และดำเนินการสืบเสาะหาความรู้อย่างเป็นขั้นตอน ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง (กฤษณะ พวงระย้า, 2564) เพื่อบูรณาการความรู้สาขาวิชาต่าง ๆ ไปสู่การหาคำตอบหรือนำมาซึ่งการพิสูจน์หาคำตอบที่แท้จริงเชิงวิทยาศาสตร์อีกด้วย (นิตยา อุบัติษาย & อารยา ปิยะกุล, 2564)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหา เริ่มจากการให้สถานการณ์ปัญหากับผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนหาวิธีการแก้ปัญหาและสามารถบูรณาการความรู้ทั้งทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ มาแก้ปัญหาในชีวิตจริง (พชรวรรณ มีหนองหว้า & ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2563) ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ อย่างมีความหมายและได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต (Boonkitti et al., 2021)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เริ่มจากให้ ผู้เรียนเลือกหรือกำหนดชื่อโครงการที่จะศึกษาด้วยตนเองตามความสนใจ การจัดทำโครงการ การวางแผนการดำเนินงาน การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การดำเนินงานของโครงการตามแผนที่วางไว้ รวมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การเขียนรายงานผลโครงการ และนำเสนอผลของโครงการ การบูรณาการสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน สร้างการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการทำงานจริง จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และทักษะในการแก้ปัญหาได้ดี (Capraro et al., 2013; Han, Capraro, & Capraro, 2015; Hanif et al., 2019)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงาน เน้นการพัฒนาทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหา

และทักษะวิชาหลัก การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน โดยเป็นการนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (Shahali et al., 2016; Siew et al., 2016)

จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาข้างต้น ในงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในประเทศไทย

4. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

มีนิยามคำว่า “รูปแบบการจัดการเรียนรู้” แตกต่างกันไป เช่น รูปแบบการสอน รูปแบบการเรียนการสอน หรือรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งที่กล่าวมานั้นเป็นคำที่สามารถใช้แทนกันได้ และในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า “รูปแบบการจัดการเรียนรู้” ไว้ในความหมายว่าเป็น แผน แบบ หรือแนวทางที่สามารถใช้เพื่อการสอนโดยตรงในห้องเรียนหรือการสอนเป็นกลุ่มย่อย หรือเพื่อจัดสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ รวมถึงหนังสือภาพยนตร์ เทปบันทึกเสียง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และหลักสูตรรายวิชา เป็นต้น (R. J. Bruce & Weil, 2000; Saylor, Alexander, & Lewis, 1981) โดยมีความสัมพันธ์กันระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นระบบตามหลักปรัชญาแนวคิด หรือทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อให้เกิดผลต่อผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายของการสอน และบรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะของรูปแบบ นั้น ๆ (ทิศนา แคมมณี, 2555; อังคณา อ่อนธานี, 2552) นอกจากนี้ที่มีการนิยามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปปฏิบัติแล้ว นอกจากนั้นยังให้ความหมายในเชิงทฤษฎีว่าเป็นแนวคิดด้านการสอน ซึ่งมักได้มาจากทฤษฎีทางด้านการศึกษาและมีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนควรเรียนรู้ (Duke & Daniel, 2004)

จากการให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นแผนหรือแนวทางในการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบและมีความสอดคล้องกันตามหลักปรัชญา แนวคิดหรือทฤษฎี เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ นั้น

4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Anderson (1997) ได้ระบุองค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5 องค์ประกอบดังนี้

1. หลักการ แนวคิด และทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จะเป็นตัวกำหนด จุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และขั้นตอนการดำเนินงานในรูปแบบการจัดการเรียนรู้
2. เป้าหมายของการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ผู้สอนระบุถึงความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้นใน ตัวผู้เรียน ได้แก่ การระบุเป้าหมายในการเรียนการทำงานของผู้เรียน เพื่อให้ประสบผลสำเร็จในการดำเนินการ
3. สารการเรียนรู้ เป็นองค์ประกอบด้านเนื้อหา ที่ผู้สอนจะใช้วางแผนการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน
4. วิธีการสอน สื่อ และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ มีส่วนช่วยให้แต่ละขั้นตอนของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสามารถพัฒนาผู้เรียนได้จริง และตรงตามที่รูปแบบกำหนดไว้
5. การวัดและประเมินผล เป็นการประเมินผลผู้เรียน และทราบประสิทธิผลของรูปแบบที่มีต่อการเรียนรู้ และกระบวนการทั้งหมดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

Arends (1998) ได้ให้ความหมายว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบดังนี้

1. หลักการตามแนวคิดทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบ
2. ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ
3. วิธีสอนที่จะทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์
4. สิ่งแวดล้อมในการสอนที่นำไปสู่ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ

R. J. Bruce, Weil, and Calhoun (2004) ได้กล่าวว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 องค์ประกอบดังนี้

1. แนวคิดของรูปแบบ ซึ่งจะเป็นตัวชี้้นำในการกำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และขั้นตอนการสอน เพื่อให้ตรงตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้น ซึ่งอาศัยความเชื่อแนวคิด ทฤษฎี ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2. วัตถุประสงค์เป็นความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้นจาก รูปแบบการจัดการ เรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

3. เนื้อหาหรือสาระการเรียนรู้ที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอน

4. กิจกรรมหรือวิธีการ ในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้

5. การวัดและประเมินผล เป็นส่วนสำคัญที่บอกถึงผลการดำเนินการตามรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ว่าสามารถทำได้ตามเป้าหมาย

วารินทร์ แก้วอุไร (2549) ได้อธิบายว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้จำเป็นต้องมี องค์ประกอบดังนี้

1. ครูหรือผู้สอน ควรมีความรู้ความสามารถ มีบุคลิกภาพที่ดี มีเทคนิคและวิธี สอนได้เหมาะสมกับเนื้อหา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้

2. ผู้เรียน ควรได้รับประสบการณ์ตามที่กำหนดไว้โดยพยายามจัดกิจกรรมให้ ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองอย่างเหมาะสม

3. เนื้อหาที่จะสอนมีความสัมพันธ์และเหมาะสม น่าสนใจ สภาพแวดล้อมในชั้น เรียนเอื้อต่อการเรียนรู้ ก่อนสอนผู้สอนควรศึกษาหลักสูตร หลักการ จุดมุ่งหมาย สาระการเรียนรู้ แนวทางการสอน การวัดและประเมินผลร่วมด้วย โดยการจัดการเรียนรู้ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

3.1 ส่งเสริมผู้เรียนปฏิบัติจริงในทำกิจกรรม

3.2 ส่งเสริมผู้เรียนให้ทำงานเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดง ความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน

3.3 สร้างบรรยากาศที่เหมาะสมในการเรียน เพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นใน การเรียนรู้

3.4 มีการสอนแบบบูรณาการ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาในหลักสูตร

3.5 เลือกใช้สื่อการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา

3.6 มีกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน

3.7 ส่งเสริมการคิดโดยการ ใช้คำถาม การแสดงความคิดเห็น การคิด วิเคราะห์ เปรียบเทียบ เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ

3.8 ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

3.9 มีการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ เช่น ให้รางวัล ชมเชย การสอบ การให้ คะแนนแข่งขัน

3.10 ส่งเสริมการมีประชาธิปไตยในห้องเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น รับฟัง และเคารพผู้อื่น

3.11 กระตุ้นความสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียน

3.12 มีการประเมินผลระหว่างสอน ได้แก่ การสังเกต การซักถาม การทดสอบ

ทิตินา แชมมณี (2555) ได้กำหนดองค์ประกอบไว้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบ 4 ดังนี้

1. ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการจัดการ เรียนรู้นั้น

2. การอธิบายสภาพการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ

3. การจัดองค์ประกอบที่ของระบบการเรียนรู้ เพื่อนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของการเรียนรู้นั้น ๆ ได้

4. วิธีการจัดการเรียนรู้และเทคนิคการสอนที่ช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพต่อผู้เรียน

ดังนั้นจึงสรุปองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษาแต่ละท่าน ได้ ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 สรุปองค์ประกอบของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา

องค์ประกอบ ของรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	Anderson (1997)	Arends (1998)	R. J. Bruce et al. (2004)	วาริรัตน์ แก้วอุไร (2549)	ทิตินา แชม มณี (2555)
1. ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ	✓	✓	✓		✓
2. เป้าหมาย และ วัตถุประสงค์	✓	✓	✓	✓	
3. เนื้อหา เป็น เนื้อหาหรือสาระ การเรียนรู้ที่จะใช้ ในการเรียนการ	✓	✓	✓	✓	✓

องค์ประกอบ ของรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	Anderson (1997)	Arends (1998)	R. J. Bruce et al. (2004)	วาริรัตน์ แก้วอุไร (2549)	ทีศนา เขม มณี (2555)
สอน					
4. การสอน สื่อ และแหล่งเรียนรู้ ต่าง ๆ	✓	✓	✓	✓	✓
5. การวัดและ ประเมินผล	✓		✓	✓	

จากการศึกษาองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้นสามารถสังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญร่วมกันได้ทั้งหมด 4 องค์ประกอบ คือ

1. ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้น
2. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายที่สำคัญในกระบวนการจัดการเรียนรู้และต้องการให้เกิดผลลัพธ์ขึ้นจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น
3. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นการเรียนการสอน กิจกรรม วิธีการ และขั้นตอนของการปฏิบัติในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ รวมทั้งบทบาทของครูผู้สอนและบทบาทของผู้เรียน
4. การวัดและประเมินผล เป็นการประเมินการจัดการเรียนรู้ว่าบรรลุเป้าหมาย สอดคล้องสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ที่กำหนดหรือไม่ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้องค์ประกอบที่สำคัญร่วมกันดังกล่าวในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบมีความครอบคลุมชัดเจนในการกำหนดแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ และมีความสอดคล้องในแต่ละองค์ประกอบต่อการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.3 ขั้นตอนการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายประการ มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้รายละเอียดขั้นตอนของการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ดังตาราง 8

ดังนี้

Johnson and Foa (1989) ได้กำหนดขั้นตอนการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยมีได้เสนอการพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ เป็นการศึกษาข้อมูล และวิเคราะห์ปัญหาความต้องการความรู้ทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็น
2. ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นขั้นตอนการยกร่างวัตถุประสงค์ เนื้อหา กระบวนการจัดการเรียนรู้พื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน กลยุทธ์การสอน สื่อ การวัดและประเมินผลที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้
3. ขั้นตอนการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในบริบทที่เป็นพื้นฐานของการ ออกแบบหรือตามกรอบของจุดประสงค์รูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้น
4. ขั้นตอนการประเมิน เป็นขั้นการประเมินและตรวจสอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

Joyce (2015) ได้กำหนดหลักการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยมีได้เสนอการพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน เป็นการบอกที่มาของรูปแบบการสอนประกอบด้วย เป้าหมาย ทฤษฎี ข้อสมมติ หลักการ และ แนวคิดสำคัญที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการสอน

ระยะที่ 2 รูปแบบการเรียนการสอน เป็นการอธิบายถึงรูปแบบการเรียนการสอน โดยมี รายละเอียดดังนี้

2.1 ขั้นตอนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอน เป็นการให้รายละเอียดเกี่ยวกับ ลำดับขั้นตอนการสอนหรือการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2.2 หลักการของการปฏิสัมพันธ์เป็น เช่น บทบาทของครู นักเรียน บทบาทครู อาจเป็น ผู้นำในการทำกิจกรรม เป็นผู้อำนวยความสะดวก เป็นผู้แนะแนว และเป็น แหล่งข้อมูล เป็นต้น

2.3 หลักการของการตอบสนอง เช่น การแสดงออกของครูต่อการกระทำของนักเรียน เช่น การให้รางวัล การให้อิสระ และไม่ตัดสินนักเรียนว่าถูกหรือผิด

2.4 สิ่งสนับสนุนการจัดการเรียนการสอน เช่น รูปแบบการจัดการเรียน การทดลองในห้องปฏิบัติการ

ระยะที่ 3 การนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ เป็นการให้คำแนะนำ และตั้งข้อสังเกต เกี่ยวกับการนำไปทดลองใช้ให้ได้ผล

ระยะที่ 4 ผลที่ได้จากการใช้รูปแบบการเรียนการสอน ทั้งผลทางตรงและผลทางอ้อม (Instructional and Nurturant Effect) เป็นการระบุถึงผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่ คาดว่าจะเกิดแก่ผู้เรียนทั้งทางตรง ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายหลักของรูปแบบการสอน และผลทางอ้อมซึ่ง เป็นผลพลอยได้จากการใช้รูปแบบการเรียนการสอนนั้น ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับครูในการพิจารณาและ เลือกรูปแบบการสอนไปใช้

ทิตินา แชมมณี (2560) ได้สรุปขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด ทฤษฎี ข้อค้นพบจากการวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับสภาพปัจจุบัน หรือปัญหาจากการสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ครู คณาจารย์

2. การกำหนดเป้าหมาย และองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ให้สอดคล้องและสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การสอนบรรลุเป้าหมาย ผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ให้ตรงกับจุดมุ่งหมายของการสอน

3. การกำหนดแนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ ประกอบด้วยรายละเอียด เกี่ยวกับวิธีการและเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น ใช้กับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ หรือกลุ่มย่อย เพื่อให้การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นการทดสอบการมีประสิทธิภาพของรูปแบบที่สร้างขึ้น

5. การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้มี 2 ระยะ คือ

5.1 ระยะก่อนนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ โยนำผลการประเมินความเป็นไปได้จริงในทางทฤษฎีมาปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้

5.2 ระยะหลังนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ โดยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้และปรับปรุงซ้ำ

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้อธิบายการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. การตั้งวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ศึกษาหลักการที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ จากนั้นร่างขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตรวจสอบความเหมาะสมของโครงสร้างรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ทดลองใช้ และปรับปรุงโครงสร้าง เพื่อให้มีความเหมาะสมในนำไปใช้

2. การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริง

3. การประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ หลังจากการใช้รูปแบบแล้ว จึงทำการประเมินผลรูปแบบ เพื่อนำผลการใช้มาปรับปรุงพัฒนารูปแบบ

จากที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 สรุปขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้	Johnson and Foa (1989)	Joyce (2004)	ทศนา แคมมณี (2558)	สุวิทย์ มูลคำ (2551)
1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน	✓	✓	✓	
2. การกำหนด หลักการ เป้าหมาย และองค์ประกอบอื่น ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐาน	✓	✓	✓	✓
3. การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้	✓	✓	✓	✓
4. ประเมินผลที่ได้จากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้	✓	✓	✓	✓

จากการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จะต้องผ่านกระบวนการอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ทุกองค์ประกอบมีความสอดคล้องกัน สามารถสรุปหลักการสำคัญได้ คือ

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานซึ่งจะเป็นที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ต้องมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสังเกต สอบถามผู้เชี่ยวชาญที่

เกี่ยวข้อง มากำหนดกรอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ องค์ประกอบที่สำคัญต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2. การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำแนวคิดสำคัญ ข้อมูลพื้นฐานที่ได้ มากำหนดหลักการ เป้าหมาย และองค์ประกอบอื่น ๆ มากำหนดรูปแบบให้สอดคล้องและสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ

3. การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ก่อนนำรูปแบบไปใช้จริง ต้องทดสอบ ทฤษฎีและตรวจสอบคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลในการจัดการเรียนรู้ และได้ผลลัพธ์ที่ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้หรือไม่ และนำข้อค้นพบที่ได้มาปรับแก้ไขให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

4. การประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นว่าเป็นไปตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์หรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดและหลักการดังกล่าว มาเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่อไป

4.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา

ในช่วงศตวรรษที่ 20 ความสามารถในการแก้ปัญหามีลักษณะเป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบเชิงเส้น เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาไปสู่เป้าหมาย อาศัยการตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีการในการแก้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา และแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้ (Marzano, 1993; Mayer, 1992; Sharp, 1991; Shaw et al., 2001; Weir, 1974; Wessells, 1982) แต่ในปัจจุบันลักษณะของการแก้ปัญหามีการเปลี่ยนแปลงไป กลุ่มทักษะการแก้ปัญหาถูกนำมาใช้ในการจัดการกับปัญหาหรือความท้าทายที่ต้องเจอในชีวิตประจำวัน ซึ่งปัญหาเหล่านั้นมีความซับซ้อนมากขึ้น (World Economic Forum, 2016) จะเห็นได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหของผู้เรียนในปัจจุบันจะเน้นให้ผู้เรียนนำทักษะเหล่านี้ ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง (Battelle for Kids, 2015; OECD, 2016) จากการศึกษางานวิจัยที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา และแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีลักษณะสำคัญร่วมกัน ดังนี้ 1. การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้เชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดของศาสตร์ต่าง ๆ มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ 2. การใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ลักษณะเป็นปัญหาที่ยังหาคำตอบไม่ได้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหา พร้อมทั้งจะแก้ปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนในการแก้ปัญหาได้ 3. จัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ ค้นคว้าด้วยตนเอง เพื่อให้ได้หลักฐานและ

องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลาย นำไปสู่การพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม 4. มีการพิจารณาระบบคำถามหลักเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา ระบบปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ตั้งคำถามสำคัญและคำถามอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาแล้วพิจารณาและตัดสินใจทางเลือกในการแก้ปัญหาเพื่อสรุปทางเลือกที่ดีที่สุดได้ 5. มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างแท้จริง เมื่อผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้งมากขึ้น และเรื่องราวเหล่านั้นมีความหมายกับตนเอง จะทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและเห็นความสำคัญการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น และ 6. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือกเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นนโยบายการศึกษาของชาติ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญดังกล่าว โดยจุดเด่นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหาแนวทางในการแก้ปัญหาหลายแนวทาง โดยอาศัยข้อมูลและการใช้เหตุผลตามหลักฐาน เพื่อพิสูจน์การตัดสินใจในการออกแบบของผู้เรียนเอง เมื่อแนวทางการแก้ปัญหาใดแนวทางหนึ่งล้มเหลว จะต้องปรับปรุงวิธีการในการแก้ปัญหาการออกแบบซ้ำ ๆ ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Roehrig, Dare, Ring-Whalen, et al., 2021) ผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางการจัดการเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนในครั้งนี้ แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผ่านมาพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังขาดขั้นตอนในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในด้านการตั้งคำถามสำคัญและคำถามอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเทคนิคที่ส่งเสริมการตั้งคำถามของผู้เรียนเพิ่มเติม จึงพบว่าเทคนิคการตั้งคำถามนำ (Driving questions) มีส่วนสำคัญในการนำมาใช้ฝึกให้ผู้เรียนตั้งคำถามทั้งคำถามหลักและคำถามย่อย ข้อดีของเทคนิคการตั้งคำถามนำช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ถามคำถามของตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีแนวทางในการค้นคว้าและเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น (Bielik et al., 2018) อีกหนึ่งกุญแจสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในปัจจุบัน คือการใช้ประเด็นปัญหาในชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการ

คิดของผู้เรียน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) ดังนั้นจึงต้องเน้นการแก้ปัญหาที่มีความท้าทายและเร่งด่วน ซึ่งส่งผลกระทบต่อชีวิต ชุมชน และสังคมของผู้เรียน เป็นประเด็นที่สำคัญ และไม่ใช่เพียงปัญหาในระดับส่วนตัว แต่ต้องคำนึงถึงประเด็นปัญหาในระดับโลก ผู้วิจัยจึงเลือกเทคนิคการตั้งคำถามนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมด 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ทฤษฎีหลักการ และแนวคิดที่สนับสนุนรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา คือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) เช่นเดียวกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ผู้พัฒนาทฤษฎีนี้ คือศาสตราจารย์ ซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) อาจารย์สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology) แนวความคิดของทฤษฎีนี้มีความเชื่อว่าการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนมีโอกาสสร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน และเมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมาในโลกก็หมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเองนั่นเอง ความรู้ที่สร้างขึ้นเองนี้จะเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่สิ้นสุด (ทศนา เขมมณี, 2555)

2. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างวิชา (Interdisciplinary Integration) ทั้ง 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือเรียกกันว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) (สุทธิดา จำรัส, 2017) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้จะให้ความสำคัญกับการตั้งคำถามและการระบุปัญหา จึงทำให้สามารถแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ได้ (นิภาพร ช่วยธานี, 2562; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เกี่ยวข้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่มีความสำคัญในระดับโลก เช่น ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ที่ความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนต่อเรื่องนี้ยังไม่เพียงพอ (Ming et

al., 2015) ทำให้ระดับความตระหนักรู้ของผู้เรียนอยู่ในระดับต่ำ การส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต้องส่งเสริมเพื่อก่อให้เกิดความรับผิดชอบต่อสถานการณ์สภาพภูมิอากาศโลกร่วมกัน (IPCC Climate, 2013; Next Generation Science Standards, 2013; OECD, 2016) จากที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ยังขาดขั้นตอนในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในด้านการตั้งคำถามสำคัญ และคำถามอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ในการวิจัยในครั้งนี้ได้นำเทคนิคการตั้งคำถามนำ (Driving questions) มาใช้ฝึกให้ผู้เรียนตั้งคำถามทั้งคำถามหลักและคำถามย่อย การตั้งคำถามจะช่วยขับเคลื่อนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ชัดเจนและมีระบบมากขึ้น (อาทิตยา จิตรเชื้อเพื่อ, 2561) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงมีจุดประสงค์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยคำถาม เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์

3. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยมีรายละเอียดดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

1. **ขั้นสร้างการมีส่วนร่วมด้านสิ่งแวดล้อม** เป็นการสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน นำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์ที่น่าสนใจ ซึ่งอาจจะมาจากข่าวในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นเชื่อมโยงกับพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน
2. **ขั้นระบุปัญหา** เป็นการวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา
3. **ขั้นตั้งคำถาม** เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในปัญหาหรือสถานการณ์ที่สนใจ โดยการให้ผู้เรียนทำกิจกรรมตั้งคำถามนำ (Driving Question) ร่วมกันตั้งคำถามหลักและคำถามย่อย เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกัน โดยเริ่มจากการตั้งคำถามหลักที่สนใจภายในกลุ่มของตน เพื่อใช้คำถามเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไป
4. **ขั้นสำรวจความเป็นไปได้และอธิบาย** เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลในสิ่งที่ต้องการค้นหาจากคำถามที่ตั้งไว้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สำหรับเป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
5. **ขั้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา** เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหาตามคำถามที่ตั้งไว้โดยนำแนวคิดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหามาใช้หาวิธีการแก้ปัญหา เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีที่ดีที่สุดตามข้อจำกัดและเงื่อนไขของสถานการณ์ เมื่อการออกแบบและแก้ปัญหาคาดความรู้ ทฤษฎีหรือแนวคิดบางอย่าง สามารถย้อนกลับไปสู่การสำรวจและอธิบาย เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาลีกครั้ง
6. **ขั้นประเมินผลงาน** ดำเนินการทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นนี้สามารถย้อนกลับมาสู่การออกแบบและแก้ปัญหาได้ เนื่องจากเมื่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดหรือไม่สามารถแก้ปัญหาที่ตั้งไว้ได้จึงต้องมีการแก้ไขหรือกลับไปเก็บและรวบรวมข้อมูลอีกครั้ง เพื่อหาวิธีการทดสอบซ้ำให้ได้ผลงานที่ดีที่สุดและความก้าวหน้าของผลงานต่อไป ซึ่งรายละเอียดบทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนแสดงดังตาราง

10

ตาราง 10 สรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
1. สร้างการมีส่วนร่วมด้าน	- นำเสนอสถานการณ์โลกที่	-- กระตุ้นและนำเสนอสถานการณ์

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
สิ่งแวดล้อม	ผู้เรียนสนใจของแต่ละกลุ่ม จากบทความทาง วิทยาศาสตร์หรือ สื่อต่าง ๆ	โลกที่สำคัญ และเกี่ยวข้องกับผู้เรียน จากสื่อต่าง ๆ เช่น วิดีโอ ข่าว และ บทความทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง กับเรื่องที่เรียนรู้ - นำผู้เรียนอภิปรายไปสู่สถานการณ์ ปัญหาที่ต้องการแก้ไข
2. ชั้นระบุปัญหา	- ผู้เรียนระบุปัญหาจาก สถานการณ์ที่สนใจ - ผู้เรียนวิเคราะห์เงื่อนไขหรือ ข้อจำกัดของสถานการณ์ ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขต ของปัญหา - ผู้เรียนบอกองค์ประกอบของ การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	- ครูนำอภิปรายปัญหาที่ผู้เรียนสนใจ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนระบุปัญหาที่ต้อง สำรวจตรวจสอบ - ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของ โลก
3. ชั้นตั้งคำถาม	- ผู้เรียนพยายามตั้งคำถาม หลัก เพื่อนำไปสู่แนวทางการ แก้ปัญหา โดยผู้เรียนแต่ละ กลุ่มพยายามตั้งคำถามหลัก ร่วมกัน - เลือกคำถามหลักของปัญหา จากนั้นตั้งคำถามย่อยอื่น ๆ เพื่อใช้กำหนดแนวทางในการ แก้ไขปัญหาต่อไป	- ครูนำอภิปรายคำถามหลักในชั้น เรียนและสรุปคำถามหลักร่วมกัน - ครูแนะนำการตั้งคำถามย่อยให้กับ ผู้เรียน
4. ชั้นสำรวจความเป็นไปได้และ อธิบาย	- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ ประเด็นสถานการณ์หรือ ปัญหาที่เลือกมา - จัดกระทำข้อมูลที่ศึกษา ค้นคว้าโดยจัดระบบข้อมูลที่ สืบค้นกับคำถามหลักที่ได้ กำหนดขึ้น เพื่อแสดงให้เห็น ถึงลำดับขั้นตอนหรือ	- ครูกระตุ้นผู้เรียนสืบค้นข้อมูลหรือ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา - ให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนทั้ง แหล่งข้อมูลที่นำเชื่อถือ - ให้ความช่วยเหลือผู้เรียนให้ สามารถอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาได้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้เรียน	บทบาทผู้สอน
	กระบวนการแก้ปัญหาที่ชัดเจน	
5. ขั้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - ระดมความคิดในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในแต่ละกลุ่ม - อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อให้ได้แนวทางการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา - ออกแบบการแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือกไว้ - ปฏิบัติและดำเนินการแก้ปัญหา - วางแผนและดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหาคด้วย ความรับผิดชอบและเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ไขและป้องกัน เพื่อให้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นไปในทางที่ดีขึ้น 	<ul style="list-style-type: none"> - กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการระดมความคิดและลำดับขั้นตอนในการหาวิธีแก้ปัญหา - นำอภิปรายถึงรายละเอียดของการแก้ปัญหาที่ต้องมีความชัดเจนและสัมพันธ์ - ตามเหตุและผล - ครูแนะนำถึงการมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน - เมื่อผู้เรียนสืบค้นข้อมูลความรู้ไม่เพียงพอ ครูสามารถกลับไปขั้นตอนสำรวจและอธิบายอีกครั้ง
6. ขั้นประเมินผลงาน	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนทำการทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนได้ออกแบบขึ้น - ผู้เรียนนำเสนอแนวทางแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่มและร่วมกันแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็น - สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมและปรับปรุงแก้ไขผลงาน 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้สอนให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเพื่อสร้างความเข้าใจให้แก่ผู้เรียนได้กระจ่างชัดมากขึ้น - เมื่อประเมินผลงานแล้วพบว่าไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ครูสามารถกลับไปขั้นตอนสำรวจและอธิบายและขั้นตอนออกแบบและแก้ปัญหาอีกครั้ง

4. การวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบอัตนัยชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม เพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ ประกอบด้วย 1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา 4. การดำเนินการและประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา พร้อมเกณฑ์การให้คะแนน Rubrics) ที่ชัดเจน เนื่องจากผู้วิจัยใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งปัญหาและสถานการณ์ดังกล่าวมีลักษณะขอบเขตเนื้อหากว้าง คำถามที่ใช้จึงมีลักษณะปลายเปิด ผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้หลากหลาย สามารถให้เหตุผลเป็นของตนเองโดยอยู่บนพื้นฐานของความรู้ในแต่ละวิชา

การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบอัตนัยชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม เพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ ประกอบด้วย 1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา 4. การดำเนินการและประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา พร้อมเกณฑ์การให้คะแนน Rubrics) ที่ชัดเจน เนื่องจากผู้วิจัยใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งปัญหาและสถานการณ์ดังกล่าวมีลักษณะขอบเขตเนื้อหากว้าง คำถามที่ใช้จึงมีลักษณะปลายเปิด ผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้หลากหลาย สามารถให้เหตุผลเป็นของตนเองโดยอยู่บนพื้นฐานของความรู้ในแต่ละวิชา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) (มารุฒ พัฒนา, 2562) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เอกสาร แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นที่ 3 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

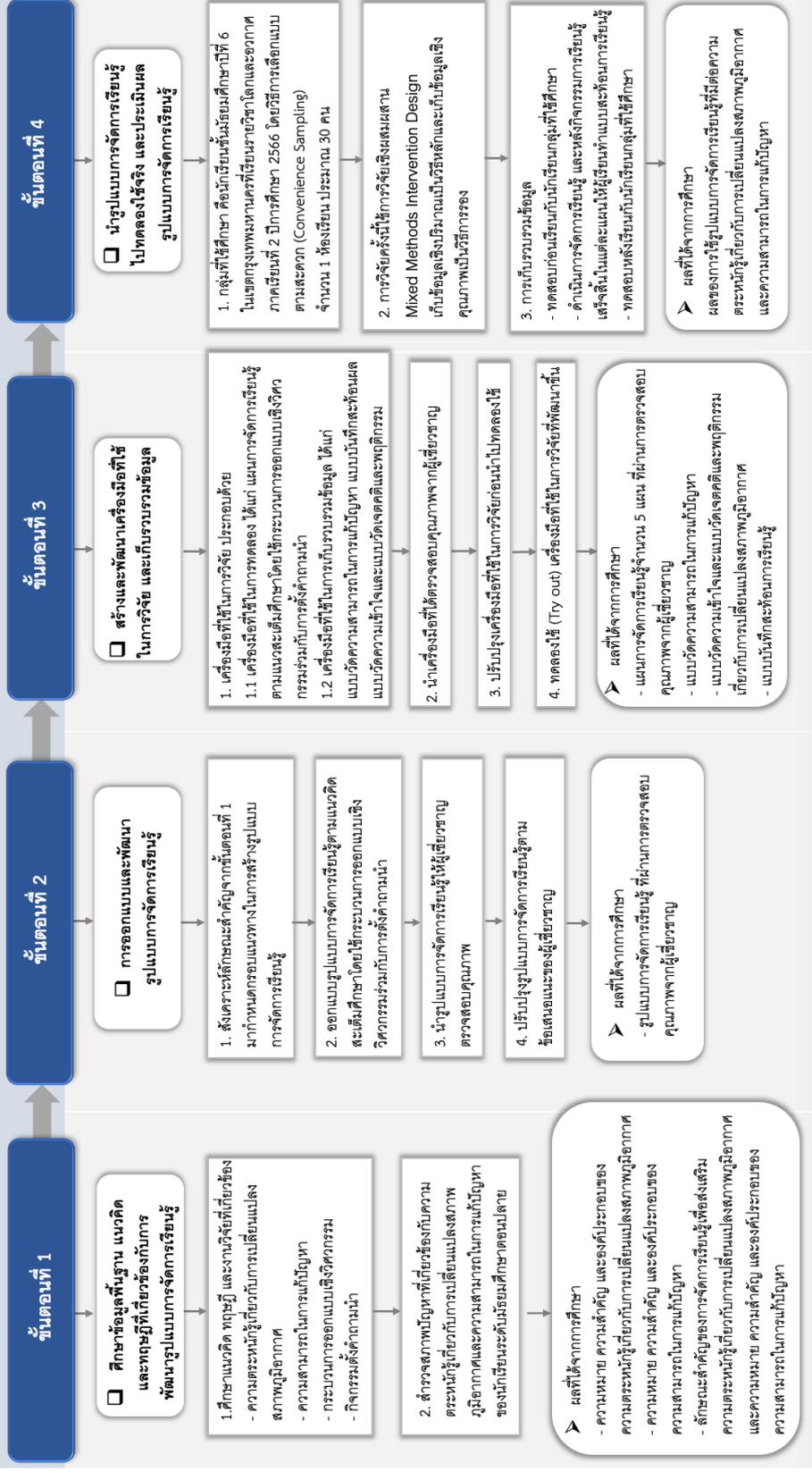
ขั้นที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้จริง และประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

4.1 เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ที่มีต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

4.2 เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยสรุปได้ดังภาพประกอบ 5

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เรื่อง พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวระดมความคิดศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



ภาพประกอบ 5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เอกสาร แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

1. ศึกษาความสำคัญของการศึกษาเพื่อความยั่งยืน การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากรายงานขององค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ หรือยูเนสโก (UNESCO) ซึ่งผู้วิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา และความตระหนักรู้ในตนเอง เป็นความสามารถหลักเพื่อความยั่งยืน (Key competencies for sustainability) ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนา (United Nations Educational & Cultural, 2017, 2018) จากนั้นศึกษาความหมาย องค์ประกอบ และความสำคัญของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความสามารถในการแก้ปัญหา จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

2. ศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา ทั้งจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสำรวจสภาพปัญหาจริง จากการศึกษาระดับความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตภาคกลาง

3. ศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา จุดเด่นและข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แต่ละรูปแบบ เพื่อสรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ได้

ขั้นที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยใน ขั้นตอนที่ 1 มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อเป็นกรอบแนวคิดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ จากการสังเคราะห์ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา มีลักษณะสำคัญ 6 ข้อ

จึงได้ที่มาของลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา

2. พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (ฉบับร่าง) จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีในเบื้องต้น ผู้วิจัยสามารถพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ โดยสังเคราะห์จากรูปแบบการแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มาใช้ร่วมกับการตั้งคำถามนำ (driving questions) ปรับจาก Weizman et al. (2008)

3. นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ (ฉบับร่าง) ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบและพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมขององค์ประกอบในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทมาปรับปรุงแก้ไขให้มีองค์ประกอบที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

4. นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ (ฉบับร่าง) ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทแล้ว ไปหาคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา ตรวจสอบเพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) และความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องรูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่น่าสนใจ และไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ

5. แก้ไขปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้

ขั้นที่ 3 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

- 3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน
- 3.2 เครื่องมือวัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 3.3 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
- 3.4 แบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำจำนวน 5 แผน

ขั้นตอนนี้เป็นกรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมาเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนดังนี้

1) การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เอกสาร แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยกำหนดให้มีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ 1) ชื่อเรื่อง 2) สาระสำคัญ 3) จุดประสงค์การเรียนรู้ 4) กิจกรรมการเรียนรู้ 5) วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ 6) สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

2) กำหนดรายละเอียดเนื้อหาที่สอน แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 18 ชั่วโมง ทำการศึกษาวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา โดยแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นมีองค์ประกอบดังนี้ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่จัดการ เรียนรู้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (สาระสำคัญ) จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้น และนำคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ

วิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้าน วิทยาศาสตร์
ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา

6. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอ
ของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทำการ Try Out กับที่ไม่ใช่กลุ่มที่ใช้ศึกษาในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา
ตอนปลาย จำนวน 30 คน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้จริง
กับกลุ่มที่ใช้ศึกษาต่อไป

3.2 เครื่องมือวัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบวัดความเข้าใจต่อการ
เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Understanding of climate change test) มีลักษณะเป็น
แบบทดสอบเลือกตอบถูกผิด จำนวน 20 ข้อ ใช้วัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ
ภูมิอากาศ 2) แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
(Climate change attitude and behavior questionnaire) มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า
5 ระดับ ใช้วัดองค์ประกอบด้านเจตคติและพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ จำนวน 20 ข้อ โดยมี
วิธีการสร้างดังนี้

3.2.1 แบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1. ศึกษาเอกสารแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักรู้
เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อกำหนดองค์ประกอบของความตระหนักรู้เกี่ยวกับ
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2. นำแบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่สร้างขึ้น
เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ความเหมาะสม
ของภาษาที่ใช้และความครอบคลุมของข้อคำถามตามตัวชี้วัดต่าง ๆ โดยมีข้อแนะนำคือ ปรับ
สถานการณ์คำถามในแต่ละข้อให้มีความยาวของสถานการณ์ที่เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

3. นำแบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเสนอต่อ
ผู้เชี่ยวชาญเพื่อวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้าน
วิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล เพื่อ
ตรวจสอบและพิจารณาประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม โดยใช้แบบประเมินค่าดัชนี
ความสอดคล้องสำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่
แน่ใจ และไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และประเมินความเหมาะสมของ
แบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเกณฑ์การแปรผลระดับความ
ตระหนักโดยใช้เกณฑ์การพิจารณา เป็นแบบ มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสม

มากที่สุด เหมาะสม ไม่น่าใจ ไม่เหมาะสม และ ไม่เหมาะสมมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 และปรับปรุงแก้ไขภาษาที่เพื่อให้เหมาะสมกับระดับของนักเรียน ตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปรับภาษาในข้อคำถามให้มีความชัดเจน และกระชับมากขึ้น ผู้วิจัยปรับแก้ข้อคำถามให้มีความชัดเจนมากขึ้น เช่น จากเดิม “ข้อดีของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์คือทำให้โลกมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดำรงชีวิต” เป็น “แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีส่วนช่วยให้โลกมีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต”

2) ควรปรับข้อมูลกราฟที่อยู่ในข้อคำถามจากภาษาอังกฤษ เป็นกราฟภาษาไทย

4. นำแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้ ผู้วิจัยนำ แบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทำการศึกษานำร่อง (Try Out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ใช้ศึกษา จำนวน 30 คน

5. นำผลการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ หาค่าความยาก อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้สูตร Kuder Richardson – 20 (KR-20) (ล้วน สายยศ & อังคณา สายยศ, 2553) พบว่า แบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.25-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.81 และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดโดยใช้สูตร Kuder Richardson – 20 (KR-20) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70 แสดงว่าแบบวัดความเข้าใจความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม และมีความเชื่อมั่นระดับปานกลาง (Ebel & Frisbie, 1972)

3.2.2 แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ภูมิอากาศ

แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยข้อความถามในแบบสอบถามเจตคติ และพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครอบคลุมองค์ประกอบของความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านเจตคติและพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ โดยมีขั้นตอนการสร้างได้ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบถามเจตคติ และพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่า การวัดและประเมินผลความตระหนักผู้เป็นกระบวนการรวบรวมข้อมูลเพื่อตัดสินใจหรือสรุปผลที่ได้จากการวัดผล การมีความสนใจ เอาใจใส่ รับรู้ เห็นคุณค่าในปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นของผู้เรียน ทั้งที่เป็น รูปธรรมและนามธรรม ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert rating scale) ในการวัดและประเมินผลเกี่ยวกับความตระหนักผู้ในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม (กรรณา วัชระอำรุงกุล, 2551; ลินดา การภักดี, 2562) ระดับความตระหนักผู้ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ได้ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับ

2. ออกแบบข้อความถามเพื่อวัดความตระหนักผู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละองค์ประกอบโดยมีข้อความถามด้านละ 20 ข้อ รวมทั้งหมด 40 ข้อ โดยมีตัวอย่างข้อความถาม ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 ตัวอย่างข้อความถามของแบบวัดเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	ตัวบ่งชี้ย่อย	ตัวอย่างข้อความถาม
เจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	1. การรับรู้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันสนใจที่จะรับฟังข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
	ภูมิอากาศ	- ฉันคิดว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะไม่เกิดขึ้นจริง
	2. การแสดงออกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันมีความกังวลเกี่ยวกับ สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศในปัจจุบัน
	ภูมิอากาศ	- ฉันกลัวว่ากิจกรรมในชีวิตประจำวันของฉันจะส่งผล

องค์ประกอบ	ตัวบ่งชี้ย่อย	ตัวอย่างข้อคำถาม
		กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
	3. การเห็นคุณค่าของตนเองต่อการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันสนับสนุนการใช้พลังงานสะอาด เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ - เมื่อฉันลดการบริโภคเนื้อสัตว์ให้น้อยลง จะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้
	4. การหาแนวทาง/มาตรการเพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันคิดว่าต้องใช้มาตรการบางอย่างในการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเร็วที่สุด - ฉันคิดว่าการปฏิบัติตามมาตรการของภาครัฐ ในการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นเรื่องที่ทุกคนควรมีส่วนร่วม
	5. การสร้างค่านิยมเพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันเชื่อว่าการปรับพฤติกรรมของตนเองช่วยแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ - ฉันสนใจที่จะเข้าร่วมโครงการที่ช่วยแก้ไขปัญหาลึกเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
พฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	1. ความสนใจเกี่ยวกับวิธีการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันเคยเห็นผลิตภัณฑ์ที่มีสัญลักษณ์การใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ - ฉันเคยพบเห็นสินค้าที่แนบฉลากคาร์บอนผลิตภัณฑ์
	2. การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันเต็มใจนำถุงผ้าไปซื้อสินค้าเสมอ - ฉันใช้น้ำอย่างประหยัด และอนุรักษ์การใช้น้ำอย่างถูกวิธี
	3. การเตรียมพร้อมเพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันติดตามข่าวสารเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นประจำ - ฉันศึกษาข้อมูลปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอยู่เสมอ
	4. การปฏิบัติเพื่อต่อสู้กับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- ฉันมักจะเข้าร่วมโครงการเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเมื่อมีโอกาส - ฉันริเริ่มโครงการที่ช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

องค์ประกอบ	ตัวบ่งชี้ย่อย	ตัวอย่างข้อคำถาม
	5. ลักษณะนิสัยเพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	- จำนวนรอยเท้าคาร์บอนจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันอย่างสม่ำเสมอ - ฉันทักล้าแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อได้ร่วมในเวทีสนทนาหรือโอกาสต่าง ๆ

4. นำแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความครอบคลุมของข้อคำถามตามตัวชี้วัดต่าง ๆ แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ปรับปรุงความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่ให้นักเรียนศึกษา
- 2) ปรับปรุงลักษณะของประโยคในการตั้งคำถาม เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้เรียน

5. นำแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเกณฑ์การแปรผลระดับความตระหนักเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้าน วิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบและพิจารณาประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม โดยใช้แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเกณฑ์การแปรผลระดับความตระหนัก สำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่น่าใจและไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และประเมินความเหมาะสมแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเกณฑ์การแปรผลระดับความตระหนักโดยใช้เกณฑ์การพิจารณา เป็นแบบ มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสม ไม่น่าใจ ไม่เหมาะสม และ ไม่เหมาะสมมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 และปรับปรุงแก้ไขภาษาที่เพื่อให้เหมาะสมกับระดับของนักเรียน ตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญโดยมีรายละเอียดดังนี้

ปรับภาษาที่ใช้ในข้อคำถามให้ผู้เรียนเข้าใจได้ชัดเจน ตรงประเด็น สะท้อนถึงความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น ฉันทึ่งว่าการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นเรื่องที่ทุกคนสามารถทำได้ ปรับเป็นฉันทึ่งว่าฉันสามารถปรับพฤติกรรมของตนเองเพื่อช่วยแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้

6. นำแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 20 ข้อ ไปทดลองใช้ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ใช้ศึกษา จำนวน 30 คน

7. นำผลการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับความตระหนักเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยนำผลคะแนนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาช (Cronbach) มีค่าเท่ากับ 0.97 แสดงว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นระดับสูงมาก (Ebel & Frisbie, 1972)

3.3 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด (open-ended questions) จำนวน 5 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม เพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ ประกอบด้วย 1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา 4. การดำเนินการและประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จากภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning) เพื่อสร้างและกำหนดกรอบแนวคิดในการกำหนดนิยามตัวชี้วัดของความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งอ้างอิงมาจากภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning) ดังนี้

1) การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ หมายถึง สามารถบอกประเด็นปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และข้อมูลอื่น ๆ ของปัญหาที่เกี่ยวข้องได้

2) การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย หมายถึง สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลาย และสามารถเลือกวิธีในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้

3) การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา หมายถึง สามารถตั้งคำถามหลักและคำถามย่อยที่นำมาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาได้

4) การดำเนินการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา หมายถึง การลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ จากนั้นทำการตรวจสอบผลลัพธ์ของวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ พร้อมอธิบายเหตุผลสนับสนุนวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก

2. ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้แบ่งเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งแบ่งเกณฑ์เป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 3 หมายถึง ดีมาก ระดับ 2 หมายถึง ดี ระดับ 1 หมายถึง พอใช้ และ ระดับ 0 หมายถึง ปรับปรุง โดยแต่ละระดับแสดงให้เห็นความสามารถในการแก้ปัญหา ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบและตัวชี้วัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยอ้างอิงเกณฑ์จากภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (Edleader21, 2015) แสดงรายละเอียดดังตาราง 12

ตาราง 12 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ	ระบุประเด็นปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์ สอดคล้องกับสภาพปัญหา	ระบุประเด็นปัญหาได้ แต่ไม่สมบูรณ์ หรือ ไม่สอดคล้องกับสภาพปัญหา	ระบุประเด็นปัญหาได้ แต่ไม่สมบูรณ์ และไม่สอดคล้องกับสภาพปัญหา	ไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาได้
2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย	เสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ ถูกต้องเหมาะสม 3 วิธีขึ้นไป	เสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ ถูกต้อง เหมาะสม 2 วิธี	เสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ ถูกต้องเหมาะสม 1 วิธี	ไม่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ หรือวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
3. การตั้งคำถามเพื่อ แก้ปัญหา	ตั้งคำถามนำได้ ชัดเจน สอดคล้อง กับสถานการณ์ ปัญหา และ นำไปสู่วิธีการ แก้ปัญหา	ตั้งคำถามนำได้ ชัดเจน สอดคล้องกับ สถานการณ์ ปัญหา แต่ไม่ สามารถนำไปสู่ วิธีการแก้ปัญหา	ตั้งคำถามนำได้ แต่ยังไม่ สอดคล้องกับ สถานการณ์ ปัญหา	ไม่สามารถตั้ง คำถามได้
4. การดำเนินการ แก้ปัญหา	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่เป็นไป ได้มากที่สุด พร้อม ให้เหตุผลโดยใช้ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และ เปรียบเทียบให้ เห็นว่าแนว ทางการแก้ปัญหา ที่เลือกถูกต้องและ เหมาะสม	สามารถเลือก วิธีการแก้ปัญหา ที่เป็นไปได้มาก ที่สุด ให้เหตุผล โดยใช้ความรู้ ทาง วิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบให้ แต่ไม่มีการ เปรียบเทียบให้ เห็นว่าแนว ทางการ แก้ปัญหาที่ เลือกถูกต้อง และเหมาะสม	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาได้ แต่ ไม่มีการให้ เหตุผลโดยใช้ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และการ เปรียบเทียบให้ เห็นว่าแนว ทางการ แก้ปัญหาที่เลือก ถูกต้องและ เหมาะสม	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาไม่ได้

3. วิเคราะห์สาระการเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งใช้ในการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะนำมาสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแสดงรายละเอียดดังตาราง 13

ตาราง 13 วิเคราะห์เนื้อหาข้อสอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

เนื้อหา	องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหา				
	การระบุปัญหา ในสถานการณ์ ต่าง ๆ	การเสนอ วิธีการ แก้ปัญหาที่ หลากหลาย	การตั้งคำถาม เพื่อแก้ปัญหา	การดำเนินการ แก้ปัญหา	จำนวน (ข้อ)
1. การใช้ เชื้อเพลิง ฟอสซิล	1	1	1	1	4
2. การเกษตร กับภาวะโลกร ร้อน	1	1	1	1	4
3. การผลิต ไฟฟ้า	1	1	1	1	4
4. ชยะ พลาสติก	1	1	1	1	4
5. ชยะอาหาร	1	1	1	1	4

4. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความ
ครอบคลุมของข้อคำถามตามตัวชี้วัดต่าง ๆ แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข ๆ โดยมี
ข้อแนะนำดังนี้

1) สถานการณ์ปัญหาไม่ควรมียละเอียดมากเกินไป ปรับสถานการณ์ให้มี
ความกระชับ ชัดเจน สะดวกต่อการทำความเข้าใจ ผู้วิจัยได้ปรับเนื้อหาสถานการณ์ปัญหาลดลง
แต่ยังมีรายละเอียดที่จำเป็นในการหาคำตอบของผู้เรียน และครอบคลุมเกณฑ์การประเมิน

2) ปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไป (general rubrics) ให้แต่ละช่วงของ
เกณฑ์คะแนนมีความชัดเจนมากขึ้น ผู้วิจัยได้ปรับแก้เกณฑ์ให้ชัดเจนโดยใช้คำเพื่อแสดงถึงระดับ
ของความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละระดับ

3). เกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อควรมีตัวอย่างคำตอบในทุกระดับของคะแนน เพื่อให้ผู้ตรวจให้คะแนนตรวจให้คะแนนได้อย่างเป็นปรนัย ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างคำตอบในเกณฑ์การให้คะแนนในทุกข้อคำถาม

5. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้าน วิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบและพิจารณาประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม โดยใช้แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และประเมินความเหมาะสมของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสม ไม่แน่ใจ ไม่เหมาะสม และ ไม่เหมาะสมมากที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในช่วง 0.67 - 1.00 และมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญดังนี้

ปรับข้อคำถามที่ 2 เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจง่ายขึ้น ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขโดยการปรับคำถาม จากคำถามที่นำมาสู่วิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร เป็น จากปัญหาในข้อ 1 ถ้านักเรียนจะตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม จะตั้งคำถามว่าอย่างไร

6. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้ ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทำการศึกษานำร่อง (Try Out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ใช้ศึกษา จำนวน 30 คน มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.37-0.74 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.40-0.52 แสดงว่าข้อสอบแต่ละข้อมีความยากและอำนาจจำแนกเหมาะสม จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

(Cronbach's Alpha Method) พบว่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีความเชื่อมั่น 0.98 แสดงว่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีความเชื่อมั่นระดับสูงมาก (Ebel & Frisbie, 1972)

3.4 แบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้

แบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เรียนสะท้อนความคิด ประสบการณ์ต่อการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนเอง การเขียนสะท้อนการเรียนรู้จะมีการบันทึก หลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง โดยข้อคำถามจะมีประเด็นดังต่อไปนี้ โดยผู้วิจัยดำเนินการ สร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและหลักการสร้างแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้ กำหนดกรอบแนวทางในการสร้างแบบสะท้อนการเรียนรู้

2. สร้างแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เรียน ตอนที่ 2 สะท้อนบทเรียน สะท้อนการเรียนรู้จากกิจกรรม/รายวิชาลงในแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้ โดยมีประเด็นแสดงดังตาราง 14

ตาราง 14 ตัวอย่างคำถามในแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้

พฤติกรรมการสะท้อนคิด	ข้อคำถาม
1. ประสบการณ์การเรียนรู้	1. การเรียนรู้ มีประเด็นสำคัญอะไรบ้าง 2. การเรียนรู้มีเป้าหมายเพื่ออะไร
2. ความรู้สึกต่อสิ่งที่เรียนรู้	1. สิ่งที่ชอบในการเรียนครั้งนี้มีอะไรบ้าง 2. สิ่งที่ไม่ชอบในการเรียนครั้งนี้มีอะไรบ้าง
3. การประเมินการจัดการเรียนรู้	1. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่อย่างไร 2. การเรียนรู้ครั้งนี้ ช่วยให้นักเรียนสนใจปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้หรือไม่อย่างไร
4. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการ	1. สิ่งที่ได้ดีในการเรียนครั้งนี้

พฤติกรรมกระสะท้อนคิด	ข้อคำถาม
เรียนรู้	2. สิ่งที่เป็นปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนรู้ครั้งนี้มีอะไรบ้าง
5. การสรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการเรียนรู้	1. ความรู้ที่ได้เรียนรู้จากการเรียนรู้ในครั้งนี้มีอะไรบ้าง 2. ทักษะที่ได้จากการเรียนรู้ในครั้งนี้มีอะไรบ้าง 3. เจตคติที่ได้รับการพัฒนาจากการเรียนรู้ครั้งนี้มีอะไรบ้าง
6. การนำไปใช้หลังการเรียนรู้	1. ความรู้ที่ได้รับจากการเรียนครั้งนี้ สามารถนำไปปรับใช้ในการเรียนและชีวิตประจำวันอย่างไร 2. ทักษะที่ได้รับจากการเรียนครั้งนี้ สามารถนำไปปรับใช้ในการเรียนและชีวิตประจำวันอย่างไร 3. จะเตรียมตัวรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตอย่างไร

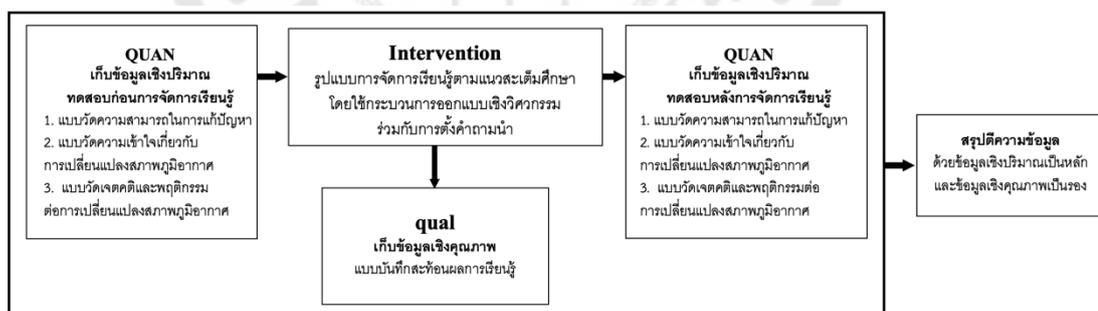
3. นำแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความครอบคลุมของข้อคำถาม แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข โดยมีรายละเอียดการปรับปรุงแก้ไขคือ ปรับข้อคำถามให้ผู้เรียนสะท้อนคิดกิจกรรมที่ผู้สอนจัดขึ้น

4. นำแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อวิเคราะห์คุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้าน วิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบและพิจารณาประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม โดยใช้แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องแบบสะท้อนการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง โดยให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 และปรับปรุงแก้ไขภาษาที่เพื่อให้เหมาะสมกับระดับของนักเรียน โดยมีรายละเอียดการปรับปรุงแก้ไขดังนี้

ปรับข้อความให้สะท้อนคิดกิจกรรมที่ผู้สอนจัดขึ้น ข้อความที่ใช้เหมาะที่จะถามครูมากกว่าถามนักเรียน หากต้องการให้นักเรียนสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง แนะนำให้ปรับภาษาเหมือนนักเรียนพูดกับตัวเอง และสื่อความเข้าใจง่าย เช่น หากให้สะท้อนหลังการเรียนรายคาบ ฉันได้ทำอะไรบ้างในคาบเรียนที่ผ่านมา สาระสำคัญที่ฉันจับประเด็นได้จากคาบเรียนคืออะไร นักเรียนมีเป้าหมายในการเรียนรู้คาบนี้อย่างไร

ขั้นที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้จริง และประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิจัยเชิงผสมผสาน Mixed Methods Intervention Design เป็นแบบแผนการวิจัยระยะเดียว โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ (แบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา) เป็นวิธีหลักและวิธีการเก็บข้อมูลจากการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนจากแบบสะท้อนการเรียนรู้เป็นรอง เพื่อนำข้อมูลไปเสริมหรือสนับสนุน จากการตอบคำถามของเครื่องมือหลัก เป็นการใช้กลุ่มที่ใช้ศึกษากลุ่มเดียว ทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน (Creswell, 2018) รายละเอียดดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แบบแผนการดำเนินการวิจัย (Mixed Methods Intervention Design)

ความหมายของข้อความที่ใช้ในแบบแผน

QUAN แทน ใช้วิธีเก็บข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

qual แทน ใช้วิธีเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้แบบสะท้อนการเรียนรู้

1. กลุ่มที่ใช้ศึกษา

กลุ่มที่ใช้ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนศิลป์ภาษา เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทนักเรียนชาย สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่เรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 1 ห้องเรียน จำนวน นักเรียน 30 คน ซึ่งหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนมีเป้าหมายในการส่งเสริมสาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา กลุ่มที่ศึกษา ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบตามสะดวก (Convenience Sampling) ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้รับผิดชอบสอน ครูผู้รับผิดชอบสอน จบการศึกษา ครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทั่วไป มีประสบการณ์ ในการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 8 ปี และรับผิดชอบสอนวิชาการค้นคว้าอิสระ (IS) ให้กับ นักเรียนแผนการเรียนศิลป์ภาษา

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหาตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตัวชี้วัดที่ 13

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลาดำเนินการทดลอง ทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็นรายสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ แบบวัด ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบบันทึกสะท้อนผล การเรียนรู้

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตาม แนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริม ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับดังนี้

- 1) ส่งหนังสือถึงโรงเรียนเพื่อขออนุญาตในการทำวิจัย
- 2) ชี้แจงวัตถุประสงค์และข้อตกลงของการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรับทราบร่วมกัน และให้ผู้เรียนกลุ่มที่ใช้ศึกษาลงนามยินยอมในการทำวิจัย บันทึกภาพและเสียงระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากนั้นทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนรู้ ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทของครูผู้สอน และบทบาทของผู้เรียน
- 3) ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มที่ใช้ศึกษา โดยใช้แบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
- 4) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ โดยครูผู้รับผิดชอบสอนรายวิชา วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยสอน นำแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นำมาจัดการเรียนรู้กับกลุ่มที่ศึกษาโดยสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผนการเรียนรู้ รวมเวลาทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง และหลังกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นในแต่ละแผนให้ผู้เรียนทำแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้
- 5) ทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มที่ใช้ศึกษา โดยใช้แบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากการดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา ดำเนินการโดยนำคะแนนจากแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ของกลุ่มที่ใช้ศึกษาก่อนและหลังจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งรายละเอียดของการวิเคราะห์ ข้อมูลและสถิติที่ใช้ ดังนี้

6.1.1 ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1. นำผลคะแนนคำตอบของผู้เรียนจากแบบวัดความเข้าใจโดยให้คะแนนเป็น 1,0 และแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศให้คะแนนตามระดับความคิดเห็นของนักเรียน จากนั้นหาค่าคะแนนเฉลี่ย ร้อยละของผู้เรียน ในแต่ละองค์ประกอบ

2. เปรียบเทียบผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำที่มีต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยใช้ค่าขนาดอิทธิพลของ Cohen (1988) แปลขนาดของผลดังนี้

$d \leq 0.20$ หมายถึง มีผลขนาดเล็กน้อย

$d = 0.50$ หมายถึง มีผลขนาดปานกลาง

$d \geq 0.80$ หมายถึง มีผลขนาดมาก

3. นำผลจากแบบสะท้อนการเรียนรู้มาวิเคราะห์ร่วมกับผลการประเมินความตระหนักรู้ของผู้เรียน โดยใช้เทคนิคโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แก่นสาระ (Thematic analysis) เพื่อเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในการสนับสนุนข้อมูลเชิงปริมาณ ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนของ Braun and Clarke (2006) มีรายละเอียดดังนี้ 1) อ่านข้อมูลจากแบบสะท้อนการเรียนรู้ 2) กำหนดรหัสเบื้องต้นให้กับข้อมูล 3) จัดเรียงรหัสที่เป็นไปได้และเข้ารหัสชุดข้อมูลทั้งหมด 4) ทำซ้ำขั้นตอนที่สามกับข้อมูลที่เหลือทั้งหมด 5) จัดกลุ่มรหัสที่คล้ายคลึงกันเข้าด้วยกันจนได้ประเด็นหลัก (Themes) สร้างคำจำกัดความและกำหนดประเด็นหลักให้ชัดเจนเพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 3 ข้อ 6) เขียนรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการวิเคราะห์จะได้ประเด็นหลัก (Themes) 3 ประเด็น

6.1.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

1. วิเคราะห์แนวคำตอบของผู้เรียนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน หลังจากให้คะแนน ตามเกณฑ์ หาค่าคะแนนเฉลี่ย ร้อยละของผู้เรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบเทียบผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้ค่าขนาดอิทธิพลของ Cohen (1988) แปลขนาดของผลดังนี้

$d \leq 0.20$ หมายถึง มีผลขนาดเล็กน้อย

$d = 0.50$ หมายถึง มีผลขนาดปานกลาง

$d \geq 0.80$ หมายถึง มีผลขนาดมาก

3. นำผลจากแบบสะท้อนการเรียนรู้มาวิเคราะห์ร่วมกับผลการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้เทคนิคโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แก่นสาระ (Thematic analysis) เพื่อเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในการสนับสนุนข้อมูลเชิงปริมาณ ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนของ Braun and Clarke (2006) มีรายละเอียดดังนี้ 1) อ่านข้อมูลจากแบบสะท้อนการเรียนรู้ 2) กำหนดรหัสเบื้องต้นให้กับข้อมูล 3) จัดเรียงรหัสที่เป็นไปได้และเข้ารหัสชุดข้อมูลทั้งหมด 4) ทำซ้ำขั้นตอนที่สามกับข้อมูลที่เหลือทั้งหมด 5) จัดกลุ่มรหัสที่คล้ายคลึงกันเข้าด้วยกันจนได้ประเด็นหลัก (Themes) สร้างคำจำกัดความและกำหนดประเด็นหลักให้ชัดเจนเพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 3 ข้อ 6) เขียนรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการวิเคราะห์จะได้ประเด็นหลัก (Themes) 3 ประเด็น

7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

7.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

7.1.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ (ล้วน สายยศ & อังคณา สายยศ, 2553) ซึ่งใช้ในการพิจารณาและตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบสะท้อนการเรียนรู้ แบบวัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

$$\text{ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)} = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ R คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

7.1.2 ความเหมาะสม ใช้เกณฑ์การพิจารณา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสม ไม่แน่ใจ ไม่เหมาะสม และไม่เหมาะสมมากที่สุด

7.1.3 ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เป็นความเชื่อมั่นชนิดความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) (Cronbach, 1951) โดยมีสูตรดังนี้

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

เมื่อ α คือ ค่าความเชื่อมั่น

n คือ จำนวนข้อคำถาม

ΣS_i^2 คือ ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวม

7.1.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

$$r_{xy} = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{((n\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2)((n\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2)}}$$

เมื่อ r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

Σxy คือ ผลรวมของข้อมูลที่วัดจากตัวแปร x

Σy คือ ผลรวมของข้อมูลที่วัดจากตัวแปร y

Σxy คือ ผลรวมของผลคูณที่วัดจากตัวแปร x และ y

Σx^2 คือ ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดจากตัวแปร x

Σy^2 คือ ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดจากตัวแปร y

n คือ ขนาดตัวอย่าง

7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม

SPSS

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) โดยใช้ของ Cohen'd ซึ่งเป็นค่าแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนน

$$\text{ค่าขนาดอิทธิพล Cohen'd} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังทดลอง} - \text{ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนทดลอง}}{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเฉลี่ย}}$$

การวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัย เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าขนาดอิทธิพลโดยใช้สถิติทดสอบ Cohen (Cohen's d) โดย (Cohen, 1988) ได้กำหนดความหมายขนาดของผลดังนี้

$d \leq 0.20$ หมายถึง มีผลขนาดเล็กน้อย

$d = 0.50$ หมายถึง มีผลขนาดปานกลาง

$d \geq 0.80$ หมายถึง มีผลขนาดมาก

จริยธรรมของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยทางสาขาสังคมศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยในมนุษย์ จึงจำเป็นต้องระมัดระวัง และมีความละเอียดรอบคอบในการดำเนินการทำวิจัย ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยและใบยินยอมหมายเลขรับรอง เลขที่ SWUEC-G-198/2566 ดัง ภาคผนวก จ ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามจริยธรรมการทำวิจัยในคนทั่วไป (Belmont Report) ประกอบด้วยหลักสำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1. หลักความเคารพในบุคคล การเคารพในศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ (Respect for human dignity) โดยไม่กระทำการซึ่งละเมิดสิทธิกลุ่มตัวอย่าง เคารพในความเป็นส่วนตัว เช่น ก่อนดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ทำหนังสือขออนุญาตโดยใช้ใบยินยอม เพื่อให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยลงนามในการเก็บข้อมูลในการทดลองใช้รูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยปราศจากการข่มขู่ บังคับ หรือให้รางวัล ระหว่างการเก็บรวบรวมและหลังการเก็บรวบรวมข้อมูลได้เก็บรักษาความลับของข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย และเมื่อเริ่มทำวิจัยได้แจ้งวัตถุประสงค์ในการทำวิจัยให้กับผู้ร่วมวิจัยและผู้เกี่ยวข้องทราบก่อนเริ่มการดำเนินการวิจัย ตลอดจนให้ข้อมูลครบถ้วนตลอดกระบวนการทำวิจัย

2. หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) ในการวิจัยครั้งนี้แจ้งให้ผู้ร่วมวิจัยทราบว่า จะได้รับประโยชน์หรือไม่ ประโยชน์อะไร หรือประโยชน์อื่น ๆ อาจเกิดความเสียหายอะไรต่อตัวผู้ร่วมวิจัย ข้อมูลที่ได้จะเก็บเป็นความลับ ชื่อที่ใช้ในงานวิจัยจะเป็นนามสมมติ และในการตีความหมายข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนการเรียนรู้ จะใช้นามสมมติมาใช้ในการรายงานผลการวิจัย เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อผู้เกี่ยวข้องภายหลังการวิจัย ในระหว่างกระบวนการวิจัย ผู้วิจัยคำนึงถึงกิจกรรมที่เกิดอันตรายน้อยที่สุด ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะไม่เสี่ยงอันตรายโดยไม่จำเป็น

3. หลักความยุติธรรม (Justice) การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านมาตรฐานการพิจารณาโครงร่างวิทยานิพนธ์ตามกระบวนการ กระบวนผู้วิจัยเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยการสมัครใจ มีเกณฑ์การคัดเลือกและออกชัดเจน ไม่มีอคติในการคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย และคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยความยุติธรรม มีการกระจายประโยชน์ และความเสียหายอย่างเท่าเทียมกัน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์แทนความหมาย เพื่อความสะดวกในการอ่านผลการวิเคราะห์และการแปลผลข้อมูล ดังต่อไปนี้

n	หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
\bar{X}	หมายถึง ค่าเฉลี่ย
\bar{X}_1	หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนก่อนเรียน
\bar{X}_2	หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังเรียน
SD	หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	หมายถึง การทดสอบค่าที (t-test)

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 3 ประเด็น ได้แก่ 1. ที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น 3. ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

1.1 ทฤษฎี แนวคิดพื้นฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา จากการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ ดังนี้

องค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ หรือยูเนสโก (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: UNESCO) ได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาระดับโลกโดยได้รับการรับรองจาก 193 ประเทศสมาชิกขององค์การสหประชาชาติ ครอบคลุมช่วงระยะเวลาที่ต้องบรรลุภายใน 15 ปี เป็นทิศทางการพัฒนาในระดับโลกที่ทุกประเทศต้องดำเนินการร่วมกันมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016 ไปจนถึงปี ค.ศ. 2030 หรือที่เรียกว่าเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) มีทั้งหมด 17 เป้าหมาย (Goals) การส่งเสริมให้ทุกคนเข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพ ครอบคลุม และเท่าเทียม จัดเป็นเป้าหมายที่ 4 ซึ่งยูเนสโกได้กำหนดกรอบการดำเนินงานระดับโลกด้านการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน หรือ ESD for 2030 Framework เพื่อพัฒนาความสามารถของบุคคลในการสะท้อนการกระทำของตนเองต่อผลกระทบทางสังคม วัฒนธรรม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ผู้เรียนเป็นพลเมืองเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเสนอว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา และความตระหนักรู้ในตนเอง เป็นความสามารถหลักเพื่อความยั่งยืน (Key competencies for sustainability) ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนา (United Nations Educational & Cultural, 2017, 2018)

ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็น 1 ใน 8 ของสมรรถนะหลักเพื่อความยั่งยืน (Key competencies for sustainability) ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนา (Rieckmann, 2017) เพื่อนำไปสู่เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) (United Nations Educational & Cultural, 2020) จากการศึกษาค้นคว้าความหมายของความตระหนักรู้ พบว่าเป็นความสามารถในการแสดงออกถึงความรู้สึกและอารมณ์ที่เกิดจากความเข้าใจ มีความรู้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รับรู้ประเด็นปัญหา และมีความรับผิดชอบต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (McNeill & Vaughn, 2012a) ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ 2) ด้านเจตคติเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ 3) ด้านพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ (Ekpo & Olatunde-Aiyedun, 2019; Jürkenbeck, Spiller, & Schulze, 2021; Kuthe et al., 2019; Manosorn & Samiphak, 2022; Oliver & Adkins, 2020; United Nations Educational & Cultural, 2019)

จากการศึกษาความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่า ลักษณะความสามารถในการแก้ปัญหามีการเปลี่ยนแปลงจากการแก้ปัญหาตามขั้นตอนเชิงเส้น เป็นลักษณะความสามารถของบุคคลในการกระทำหรือการปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ ที่ไม่คุ้นเคยกับประสบการณ์เดิม เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงมีความหลากหลาย การระบุปัญหาหรือการแก้ปัญหาด้วยวิธีเดียวไม่อาจแก้ปัญหาได้ โดยเฉพาะในปัจจุบันการแก้ไขปัญหาด้านความยั่งยืนซึ่งมีความซับซ้อน จึงต้องอาศัยการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ครอบคลุมและเป็นธรรมเพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน กรอบแนวคิดความสามารถในการแก้ปัญหาของภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning) งานวิจัยนี้จึงได้กำหนดนิยามของความสามารถในการแก้ปัญหา ในลักษณะของความสามารถของบุคคลดังนี้ ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นการนำความรู้ ประสบการณ์เดิม มาใช้แก้ปัญหา เป็นการแก้ปัญหาโดยรวมที่ผสมผสานออกมาในแต่ละบุคคล เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างครอบคลุม โดยสามารถบอกประเด็นปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ ตั้งคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา พัฒนาการแก้ปัญหาที่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถวิเคราะห์และใช้เหตุผลเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้ จึงได้รับรององค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาจาก Battelle for Kids (2019) เป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา และ 4. การดำเนินการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา

1.2 สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา

เมื่อศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาโลกและอวกาศ พบว่า ครูผู้สอนนิยมใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย เน้นการถ่ายทอดความรู้และการทำการทดลองตามคู่มือ มากกว่าส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา และความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของประเทศไทย พบว่า มีการกำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไว้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยจัดเป็นวิชาพื้นฐานที่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทุกคนต้องเรียน เนื้อหาในหลักสูตรส่วนใหญ่เน้นทางด้านความรู้ความเข้าใจ แต่ยังขาดประเด็นที่เกี่ยวกับการเตรียมรับมือและลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำลัง

เกิดขึ้น (Ministry of Education, 2009) ทำให้เนื้อหาที่เรียนไม่มีความเชื่อมโยงกับผู้เรียน จึงส่งผลให้ผู้เรียนไม่สนใจปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น และที่สำคัญที่สุดคือ ผู้เรียนขาดการตั้งคำถาม ซึ่งการตั้งคำถามที่สำคัญ จะทำให้นำไปสู่แนวทางได้ชัดเจนและตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น (สาธิต ชุมของ et al., 2562; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560) เมื่อผู้เรียนไม่สามารถตั้งคำถามได้ ทำให้เกิดการคิดแบบแยกส่วนจนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาที่ผู้เรียนเผชิญได้ นอกจากนี้ผู้เรียนไม่สามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (กฤษณะ พวงระย้า, 2564) เนื่องจากผู้เรียนไม่สามารถระบุปัญหาได้ชัดเจน จึงทำให้ไม่สามารถวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (นันทน์ภัส ลิมสันติธรรม, 2561) ผู้เรียนใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เบื้องต้นในชีวิตประจำวันและสามารถทำการทดลองตามวิธีการบอกไว้ได้เท่านั้น แต่ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ ดังนั้น นักเรียนไทยยังมีความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ แต่ในทางตรงกันข้ามแนวโน้มของความสามารถในการแก้ปัญหามีความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของบุคคลมากขึ้นเรื่อย ๆ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2564)

จากการประเมินระดับความรู้ของเด็กและเยาวชนขององค์การยูเนสโกในปี พ.ศ. 2565 พบว่านักเรียนร้อยละ 70 ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การรับมือและปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศ และมีความต้องการให้มีการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมกับท้องถิ่นของตนเพิ่มมากขึ้น (United Nations Educational & Cultural, 2019) อีกทั้งจากการศึกษาของสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (Thailand Development Research Institute: TDRI) ได้เสนอแนะแนวทางให้มีการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียนเช่นกัน (Thailand Development Research Institute, 2022) การจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่เน้นการเรียนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น กระบวนการสมดุลพลังงานของโลก ทำให้ผู้เรียนไม่เห็นความสำคัญว่ากิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยสำคัญทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น การลงมือแก้ปัญหา และเผชิญหน้ากับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำลังเกิดขึ้น จึงทำให้ความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะด้านพฤติกรรม การปฏิบัติตนต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น (Ardoin, Bowers, & Gaillard, 2020; Manosorn & Samiphak, 2022) จากการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร เขต 1 พบว่า

นักเรียนมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับควรปรับปรุงถึงระดับปานกลาง โดยเฉพาะด้านการตั้งคำถามและด้านการดำเนินการแก้ปัญหา

1.3 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นที่ต้องส่งเสริมเพื่อก่อให้เกิดความรับผิดชอบต่อสถานการณ์สภาพภูมิอากาศโลกร่วมกัน (IPCC Climate, 2013; Next Generation Science Standards, 2013; OECD, 2016) งานวิจัยต่าง ๆ มีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแตกต่างกันออกไป โดยมีลักษณะดังนี้

1. บูรณาการการเรียนรู้ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากศาสตร์ต่าง ๆ ของวิชาเดียวกันหรือวิชาต่าง ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดมาใช้แก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในชีวิตจริง (Beillouin & Cardinael, 2022; Tadena & Salic-Hairulla, 2021)

2. ใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ลักษณะเป็นปัญหาที่ยังหาคำตอบไม่ได้ การใช้ปัญหาสถานการณ์จริงทำให้ผู้เรียนมีโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา วิธีการหาความรู้ความจริงอย่างมีเหตุผล เพื่อให้ผู้เรียนพร้อมที่จะแก้ปัญหการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (Dewaters et al., 2014; Phengpinoy et al., 2021)

3. เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนรู้จักศึกษาสืบเสาะหาความรู้แสวงหาคำตอบ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านประสบการณ์ตรง เช่น ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Brumann et al., 2022; Namdar, 2018; Pretorius et al., 2016)

4. มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างแท้จริง เมื่อผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้งมากขึ้น และเรื่องราวเหล่านั้นมีความหมายกับตนเอง จะทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและเห็นความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น (Bryce & Day, 2014; Dawson, 2015)

5. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีการลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามแนวทางที่เลือกไว้ มีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายและ

ปรับปรุงแก้ไขวิธีการตามเหตุและผล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ (Wróblewska & Okraszewska, 2020; ธีรพัฒน์ วงศ์คุ้มสิน, 2563)

สำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา มีลักษณะสำคัญ 5 ลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้ (Laforce et al., 2017; นิภาพร ช้วยธานี, 2562)
2. มีการใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง (กมลรัตน์ นิลเกตุ, 2563; สราจิต ชุมทอง, 2560; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560)
3. มีการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ค้นคว้าด้วยตนเอง (พฤกษ์ โปร่งสำโรง, 2549)
4. มีการพิจารณาระบุคำถามหลักเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา (Capraro et al., 2013; Hanif et al., 2019; Yuenyong, 2019)
5. มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือก (กมลรัตน์ นิลเกตุ, 2563; สราจิต ชุมทอง et al., 2562; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560)

จากข้อมูลดังกล่าว สามารถแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดังตาราง 15

ตาราง 15 วิเคราะห์ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา

ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา	ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา
1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้ เพื่อใช้แก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับโลกความเป็นจริงและสถานการณ์ต่าง ๆ ได้	1. บูรณาการการเรียนรู้ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากศาสตร์ต่าง ๆ ของวิชาเดียวกันหรือวิชาต่าง ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้	1. การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดของศาสตร์ต่าง ๆ มาใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ

ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา	ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา
	ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดมาใช้แก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในชีวิตจริง	ภูมิอากาศในชีวิตจริงได้
2. มีการใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงในการนำเข้าสู่บทเรียน โดยสถานการณ์ปัญหาจะต้องมีความหลากหลาย กระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน สามารถบอกประเด็นปัญหาและระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ประเมินแนวทางที่ใช้และนำเสนอผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น	2. ใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ลักษณะเป็นปัญหาที่ยังหาคำตอบไม่ได้ การใช้ปัญหาสถานการณ์จริงทำให้ผู้เรียนมีโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา วิธีการหาความรู้ความจริงอย่างมีเหตุผล เพื่อให้ผู้เรียนพร้อมที่จะแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต	2. การใช้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ทำทนายผู้เรียน และมีความซับซ้อน ลักษณะปัญหาที่ยังหาคำตอบไม่ได้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหา พร้อมทั้งจะแก้ปัญหา และให้เหตุผลสนับสนุนในการแก้ปัญหาได้
3. มีการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ค้นคว้าด้วยตนเอง ข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้หลักฐานและองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลาย นำไปสู่การพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม	3. เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนรู้จักสืบเสาะหาความรู้แสวงหาคำตอบ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านประสบการณ์ตรง เช่น ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	3. เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ ค้นคว้าด้วยตนเอง เพื่อให้ได้หลักฐานและองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลาย นำไปสู่การพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา	ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา
4. มีการพิจารณาระบบคำถามหลักเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา ระบุปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ตั้งคำถามสำคัญ และคำถามอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา แล้วพิจารณาและตัดสินใจทางเลือกในการแก้ปัญหา เพื่อสรุปทางเลือกที่ดีที่สุดได้		4. มีการพิจารณาระบบคำถามหลักเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา ระบุปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ตั้งคำถามสำคัญ และคำถามอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาแล้วพิจารณาและตัดสินใจทางเลือกในการแก้ปัญหา เพื่อสรุปทางเลือกที่ดีที่สุดได้
	4. มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างแท้จริง เมื่อผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้งมากขึ้น และเรื่องราวเหล่านั้นมีความหมายกับตนเอง จะทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและเห็นความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น	5. มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างแท้จริง เมื่อผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้งมากขึ้น และเรื่องราวเหล่านั้นมีความหมายกับตนเอง จะทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและเห็นความสำคัญการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น
5. มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหตามแนวทางที่เลือกไว้ เมื่อเกิดปัญหาขึ้นในระหว่างการเรียนรู้ จะต้องมีมีการปรับปรุงแก้ไขวิธีการตามเหตุและผล เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย	5. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีการลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามแนวทางที่เลือกไว้ มีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และปรับปรุงแก้ไขวิธีการตามเหตุและผล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้	6. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามแนวทางที่เลือกเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

จากตาราง 15 จะเห็นได้ว่า ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาพร้อมกัน ประกอบด้วย 6 ลักษณะสำคัญ ภายใต้ทฤษฎีการจัดการเรียนรู้การสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างความรู้ขึ้นมาด้วยตนเอง (Morado, Melo, & Jarman, 2021; ทิศนา แชมมณี, 2564) หากผู้เรียนมีโอกาสได้นำความคิดของตนเอง ไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้ความคิมนั้นเป็นรูปธรรมชัดเจน ซึ่งหมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตนเองนั่นเอง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้เลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในประเทศไทย สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yuliaty et al., 2018; นันทน์ภัส ลิมสันติธรรม, 2561; นิภาพร ช่วยธานี, 2562) ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้เกี่ยวข้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่มีความสำคัญในระดับโลก ได้แก่ ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) โดยมีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรับผิดชอบต่อสถานการณ์สภาพภูมิอากาศโลกร่วมกัน (IPCC Climate, 2013; Next Generation Science Standards, 2013; OECD, 2016)

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา มีองค์ประกอบดังนี้

2.1 ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่สนับสนุนรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความสามารถในการแก้ปัญหาคือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ของ ศาสตราจารย์ ซีมีวัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) อาจารย์สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology) โดยมีความเชื่อว่าการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน

2.2 วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการแบบข้ามกลุ่มสาระ (Interdisciplinary Integration) ทั้ง 4

วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์

2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นสร้างการมีส่วนร่วมด้านสิ่งแวดล้อม เป็นการสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน นำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์ที่น่าสนใจ ซึ่งอาจจะมาจากข่าวในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นเชื่อมโยงกับพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน

2. ขั้นระบุปัญหา เป็นการวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

3. ขั้นตั้งคำถาม เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในปัญหาหรือสถานการณ์ที่สนใจ โดยการให้ผู้เรียนทำกิจกรรมตั้งคำถามนำ (Driving Question) ร่วมกันตั้งคำถามหลักและคำถามย่อย เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกัน โดยเริ่มจากการตั้งคำถามหลักที่สนใจภายในกลุ่มของตน เพื่อใช้คำถามเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไป

4. ขั้นสำรวจความเป็นไปได้และอธิบาย เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลในสิ่งที่ต้องการค้นหาจากคำถามที่ตั้งไว้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สำหรับเป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

5. ขั้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่การแก้ปัญหาตามคำถามที่ตั้งไว้โดยนำแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหามาใช้หาวิธีการแก้ปัญหา เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ดีที่สุดตามข้อจำกัดและเงื่อนไขของสถานการณ์ เมื่อการออกแบบและแก้ปัญหาลงความรู้อุบัติหรือแนวคิดบางอย่าง สามารถย้อนกลับไปสู่การสำรวจและอธิบายเพื่อนำข้อมูลที่มาแก้ปัญหาอีกครั้ง

6. ขั้นประเมินผลงาน ดำเนินการทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นนี้สามารถย้อนกลับมาสู่การออกแบบและแก้ปัญหาได้ เนื่องจากเมื่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดหรือไม่สามารถแก้ปัญหาที่ตั้งไว้ได้จึงต้องมีการแก้ไข

หรือกลับไปเก็บและรวบรวมข้อมูลอีกครั้ง เพื่อหาวิธีการทดสอบซ้ำให้ได้ผลงานที่ดีที่สุดและความก้าวหน้าของผลงานต่อไป

2.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหา และความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นการประเมินเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา (Formative Assessment) ทั้งทางด้านผลงานและกระบวนการ โดยประเมินจากชิ้นงาน ใบกิจกรรม และการนำเสนอผลงานของนักเรียน ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมีเกณฑ์การให้คะแนนความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเป็นรูบรีค (Rubric Scores) ซึ่งแบ่งเกณฑ์เป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 3 หมายถึง ดีมาก ระดับ 2 หมายถึง ดี ระดับ 1 หมายถึง พอใช้ และ ระดับ 0 หมายถึง ปรับปรุง ดังตาราง 16 และตาราง 17

ตาราง 16 เกณฑ์การประเมินความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

องค์ประกอบ	ระดับความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ			
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
1. ความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	มีความรู้เกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ ระบุองค์ประกอบ ของการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศได้อย่าง สมบูรณ์	มีความรู้เกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ ระบุองค์ประกอบ ของการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศได้แต่ไม่ สมบูรณ์	มีความรู้เกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ ไม่เพียงพอและไม่ สามารถระบุ องค์ประกอบ ของการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศได้	ไม่มีความรู้ เกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลง สภาพ ภูมิอากาศ ไม่สามารถระบุ องค์ประกอบ ของการ เปลี่ยนแปลง สภาพ ภูมิอากาศได้
2. เจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	มีความรู้สึกทัศนคติ ที่เคารพธรรมชาติ และสังคม มี แรงจูงใจที่จะมีส่วนร่วม อย่างแข็งขันใน การปรับปรุงและ	มีความรู้สึกทัศนคติ ที่เคารพธรรมชาติ และสังคม มี แรงจูงใจที่จะมีส่วนร่วม บางครั้งในการ ปรับปรุงและ	มีความรู้สึกทัศนคติ ที่เคารพธรรมชาติ และสังคม มี แรงจูงใจที่จะมีส่วนร่วม น้อยในการ ปรับปรุงและ	ไม่มีความรู้สึก ทัศนคติที่เคารพ ธรรมชาติและ สังคม และไม่มี ส่วนร่วมในการ ปกป้องการ

องค์ประกอบ	ระดับความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ			
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
	ปกป้องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ปกป้องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ปกป้องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
3. พฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ตระหนักถึงพฤติกรรมส่วนบุคคลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ตระหนักถึงพฤติกรรมส่วนบุคคลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ตระหนักถึงพฤติกรรมส่วนบุคคลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ไม่มีความเข้าใจถึงพฤติกรรมของมนุษย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
	สูญเสียประโยชน์ส่วนตนเพื่อประโยชน์สาธารณะและสิ่งแวดล้อมมากที่สุด	สูญเสียประโยชน์ส่วนตนเพื่อประโยชน์สาธารณะและสิ่งแวดล้อมบางครั้ง	ไม่เปลี่ยนแปลงชีวิตประจำวันที่ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ	ไม่เปลี่ยนแปลงชีวิตประจำวัน

ตาราง 17 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ	ระบุประเด็นปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับสภาพปัญหา	ระบุประเด็นปัญหาได้ แต่ไม่สมบูรณ์หรือไม่สอดคล้องกับสภาพปัญหา	ระบุประเด็นปัญหาได้ แต่ไม่สมบูรณ์และไม่สอดคล้องกับสภาพปัญหา	ไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาได้
2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย	เสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม	เสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ ถูกต้อง	เสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ ถูกต้องเหมาะสม	ไม่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
	3 วิธีขึ้นไป	เหมาะสม 2 วิธี	1 วิธี	หรือวิธีการ แก้ปัญหาไม่ ถูกต้อง
3. การตั้งคำถามเพื่อ แก้ปัญหา	ตั้งคำถามนำได้ ชัดเจน สอดคล้อง กับสถานการณ์ ปัญหา และ นำไปสู่วิธีการ แก้ปัญหา	ตั้งคำถามนำได้ ชัดเจน สอดคล้องกับ สถานการณ์ ปัญหา แต่ไม่ สามารถนำไปสู่ วิธีการแก้ปัญหา	ตั้งคำถามนำได้ แต่ยังไม่ สอดคล้องกับ สถานการณ์ ปัญหา	ไม่สามารถตั้ง คำถามได้
4. การดำเนินการ แก้ปัญหา	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่เป็นไป ได้มากที่สุด พร้อม ให้เหตุผลโดยใช้ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และ เปรียบเทียบให้ เห็นว่าแนว ทางการแก้ปัญหา ที่เลือกถูกต้องและ เหมาะสม	สามารถเลือก วิธีการแก้ปัญหา ที่เป็นไปได้มาก ที่สุด ให้เหตุผล โดยใช้ความรู้ ทาง วิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบให้ แต่ไม่มีการ เปรียบเทียบให้ เห็นว่าแนว ทางการ แก้ปัญหาที่ เลือกถูกต้อง และเหมาะสม	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาได้ แต่ ไม่มีการให้ เหตุผลโดยใช้ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และการ เปรียบเทียบให้ เห็นว่าแนว ทางการ แก้ปัญหาที่เลือก ถูกต้องและ เหมาะสม	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาไม่ได้

นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมาเป็นแนวทางในการออกแบบและ
พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้
แต่ละแผนประกอบด้วย 1) ชื่อเรื่อง 2) สารสำคัญ 3) จุดประสงค์การเรียนรู้ 4) กิจกรรมการเรียนรู้
5) วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ 6) สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้ และเมื่อวิเคราะห์

ตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีรายละเอียดดังตาราง 18

ตาราง 18 แสดงตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์

ตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์(S)	ตัวชี้วัดคณิตศาสตร์(M)	ตัวชี้วัดเทคโนโลยี(T)
(ว 3.2 ม.6/13) อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พร้อมทั้งนำเสนอแนวปฏิบัติ เพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก	(ค 3.1 ม.6/1) เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล และแปลความหมายของค่าสถิติ เพื่อประกอบการตัดสินใจ	(ง 2.1 ม.4-6/1) อธิบายและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น ๆ (ง 2.1 ม.4-6/5) วิเคราะห์และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน ด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด (ง 3.1 ม.4-6/9) ติดต่อสื่อสารค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 18 ชั่วโมง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ออกแบบชิ้นงานและวิธีการแก้ปัญหา เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ กิจกรรมบ้านพลังงานสะอาด กิจกรรมกำแพงกั้นน้ำ กิจกรรมฟาร์มที่ยั่งยืน กิจกรรมเมนูลดคาร์บอน กิจกรรมถังหมักก๊าซโลก เพื่อให้ผู้เรียนออกแบบชิ้นงานและวิธีแก้ปัญหาจากกิจกรรมดังกล่าว ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้จากสาขาวิชาทางสะเต็ม เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีไปพร้อม ๆ กับการฝึกแก้ปัญหาสร้างความตระหนักรู้ทั้งทางด้านความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียน นอกจากนั้นผู้เรียนยังเรียนรู้การบูรณาการความรู้อีก

หลาย ๆ ด้าน ทั้งทางด้านนโยบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภาครัฐ ตลอดจนการมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสังคม มีรายละเอียดดังตาราง 19

ตาราง 19 แผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แผน	เรื่อง	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)
1	สมดุลพลังงานโลก	3
2	การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการเพิ่มระดับน้ำทะเล	3
3	ผลกระทบภาคการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	3
4	รอยเท้าคาร์บอนจากเมนูอาหาร	3
5	ผลกระทบขยะอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	4
รวม	18 ชั่วโมง	

3. ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้

3.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แสดงดังตาราง 20

ตาราง 20 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับ เหมาะสมในการนำไปจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจริง	4.33	1.15	มาก
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้พัฒนาขึ้น เหมาะสมในการ	3.67	0.58	มาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ระดับความ เหมาะสม
ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน			
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เหมาะสมในการส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียน	4.00	0.00	มาก
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
5. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในชั้นนำเข้าสู่บทเรียน มีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4.33	0.58	มาก
6. ชั้นระบุปัญหามีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4.33	1.15	มาก
7. ชั้นตั้งคำถามนำมีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
8. ชั้นสำรวจและอธิบายมีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
9. ชั้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหามีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4.00	1.00	มาก
10. ชั้นประเมินผลมีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
11. การวัดและประเมินผลที่ระบุในรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับแนวทางในการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้	4.33	0.58	มาก
12. การวัดและประเมินผลที่ระบุในรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
รวม	4.39	0.61	มาก

จากตาราง 21 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.39, SD = 0.61)

3.2 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แสดงดังตาราง 21

ตาราง 21 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
1. รูปแบบในการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism)	0.67	0.58	ผ่าน
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา	0.67	0.58	ผ่าน
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	1.00	0.00	ผ่าน
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น สะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการตั้งคำถามนำ	0.67	0.58	ผ่าน
5. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ชัดเจนและสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่กำหนด	1.00	0.00	ผ่าน
6. บทบาทของผู้เรียนและผู้สอนมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้น	1.00	0.00	ผ่าน
7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้	1.00	0.00	ผ่าน
รวม	0.86	0.25	ผ่าน

จากตาราง 21 ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ในทุกด้าน และผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมดังนี้

1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีจุดเด่นในด้านมีลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนมีการใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ แต่ควรเพิ่มกระบวนการเรียนรู้ให้ครอบคลุมกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยการลดภาระงานหรือชิ้นงานให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติได้จริง ใช้กิจกรรมที่มุ่งเน้นการสร้างชิ้นงานเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยได้ปรับขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา โดยเพิ่มขอบเขต เงื่อนไข ภาระงานที่ผู้เรียนได้รับมอบหมายให้ชัดเจนมากขึ้น และขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนประเมินผลงาน ดำเนินการทดสอบ และประเมินชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ปรับขั้นตอนให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน เพื่อให้สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

2) สถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในด้านสิ่งแวดล้อมศึกษา ควรเริ่มจากสถานการณ์ปัญหาในระดับบุคคลหรือระดับท้องถิ่น นำไปสู่การเกิดปัญหาระดับโลก เพื่อเชื่อมโยงผู้เรียนให้มีการนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ในสถานการณ์จริง ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็นปัญหาที่ใกล้ตัวผู้เรียนมากขึ้น

3) พิจารณากรอบเวลาในการจัดการเรียนรู้โดยคำนึงถึงสภาพจริงในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับระยะเวลามากขึ้น

3.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($M = 3.94$, $S.D. = 0.51$) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($M = 3.89$, $S.D. = 0.50$) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($M = 4.14$, $S.D. = 0.44$) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($M = 4.45$, $S.D. = 0.39$) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($M = 4.17$, $S.D. = 0.41$) แสดงรายละเอียดดังตาราง 30 ในภาคผนวก ค

เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผนมีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 แสดงว่า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ แต่อย่างไรก็ตาม ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ในประเด็น ความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน และกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวทางการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นประเด็นที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงเพิ่มเติม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมดังตาราง 22

ตาราง 22 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้

แผนที่	ข้อแนะนำ	การปรับปรุงแก้ไข
1	<ul style="list-style-type: none"> - ขั้นตอนการตั้งคำถามนำควรเพิ่มตัวอย่างคำถามและแนวคำตอบ - ขั้นตอนออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจนที่ จะสะท้อนกิจกรรมเพิ่มเติม เพราะยังไม่เห็นชิ้นงาน/ กระบวนการ และการทดสอบกระบวนการที่ชัดเจน อาจจะต้องให้ออกแบบวิธีการ/กระบวนการ ที่สำรวจ ตรวจสอบ หรือ ไปทดลองหรือนำไปใช้ได้ เพื่อจะได้ เห็นว่ากระบวนการ/ชิ้นงานที่ออกแบบมาแก้ปัญหา ได้จริงหรือไม่ - การออกแบบกระบวนการนั้นจะต้องเป็นแบบ กระชับเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบกระบวนการได้ใน ระยะเวลาอันสั้น - แก้ไขจุดประสงค์การเรียนรู้ให้มีความ เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น - ขั้นระบุปัญหาควรยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ ใกล้ตัวผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนอยากมีส่วนร่วมแก้ไข ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น - ขั้นตอนออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา ควรให้ข้อมูลที่ มีความละเอียด เพื่อให้ผู้เรียนออกแบบชิ้นงานหรือ กระบวนการได้แม่นยำมากขึ้น - เพิ่มเนื้อหาการคำนวณการปล่อยคาร์บอนใน ชีวิตประจำวันในการจัดการเรียนรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้วิจัยเพิ่มตัวอย่างคำถามและคำตอบลงในแผนการจัดการเรียนรู้ - ผู้วิจัยได้ระบุในแผนเพิ่มเติมให้นักเรียน ออกแบบชิ้นงานหรือกระบวนการที่ชัดเจน ขึ้น และเพิ่มเงื่อนไขหรือเกณฑ์การ ประเมินชิ้นงานหรือกระบวนการ - ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขในการ สร้างสรรค์ชิ้นงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้ ทดสอบชิ้นงานหรือกระบวนการภายใน ระยะเวลาอันสั้นได้ - ปรับคำจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจน มากขึ้น - ปรับสถานการณ์ปัญหาจากการนำเสนอ ปัญหาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นเป็น อุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละจังหวัดในประเทศไทย - ให้ข้อมูล เงื่อนไขในการออกแบบชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มเติมให้กับผู้เรียน - เพิ่มเนื้อหาการคำนวณการปล่อย คาร์บอนในใบความรู้ และแหล่งการเรียนรู้ เพิ่มเติม
2	<ul style="list-style-type: none"> - ขั้นตอนออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมให้สะท้อนกิจกรรม

แผนที่	ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุงแก้ไข
	<p>อาจจะเป็นปัญหาของสระเต็มได้หรือไม่สอดคล้อง</p> <p>ทบทวนและเลือกกิจกรรมให้สะท้อนกิจกรรมสระเต็ม</p> <p>- ปรับปรุงจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านเจตคติ ให้มีความชัดเจนมากขึ้น</p> <p>- ขึ้นกระตุนความสนใจควรยกตัวอย่างสถานการณ์ ปัญหาที่ใกล้ตัวผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความ ตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ</p> <p>- ขึ้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาเพิ่มเติม บริบทที่นักเรียนจะสร้างชิ้นงานหรือกระบวนการ แก้ปัญหาให้มีความชัดเจน เพียงพอต่อการแก้ไข ปัญหาของนักเรียน</p>	<p>สระเต็มชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยปรับจากการ ออกแบบวิธีการป้องกันบริเวณเมืองเมื่อ ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น เป็นการออกแบบ กำแพงกันน้ำ เพื่อป้องกันน้ำท่วมบริเวณ เขตเมือง</p> <p>- ปรับคำจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจน มากขึ้น</p> <p>- ยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาการเพิ่ม ระดับน้ำทะเลในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่ง เป็นปัญหาใกล้ตัวผู้เรียน</p> <p>- ให้ข้อมูล เงื่อนไขในการออกแบบชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มเติมให้กับผู้เรียน</p>
3	<p>- เพิ่มเกณฑ์ประเมินเบื้องต้น เช่น เกณฑ์ข้อมูลว่า พาร์มที่ได้รับการรับรองการลดปล่อยแก๊สเป็น อย่างไร แล้วนำมาเป็นเกณฑ์เพื่อบอกให้นักเรียน ทราบเป็นเงื่อนไขก่อนจะออกแบบ และตอนประเมิน ก็สามารถให้นักเรียนใช้เกณฑ์ประเมินกลุ่มอื่น ๆ ได้</p> <p>- ขึ้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาเพิ่มเติม บริบทที่นักเรียนจะสร้างชิ้นงานหรือกระบวนการ แก้ปัญหาให้มีความชัดเจน เพียงพอต่อการแก้ไข ปัญหาของนักเรียน</p>	<p>- ผู้วิจัยได้ปรับเกณฑ์การประเมินให้ ละเอียดมากยิ่งขึ้น</p> <p>- ให้ข้อมูล เงื่อนไขในการออกแบบชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มเติมให้กับผู้เรียน</p>
4	<p>- ควรเพิ่มความรู้เกี่ยวกับรอยเท้าคาร์บอน</p> <p>- ขึ้นระบุปัญหา ควรยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนมากขึ้น</p>	<p>- ผู้วิจัยได้เพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับรอยเท้า คาร์บอนจากเมนูอาหาร ลงในใบความรู้ และเพิ่มแหล่งข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียน สามารถเรียนรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง</p> <p>- ยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัว ผู้เรียนมากขึ้น เช่น การปล่อยคาร์บอนใน อาหารไทย</p>
5	<p>- ควรเพิ่มความรู้เกี่ยวกับอนุสัญญา และแนวทาง การลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศขององค์กร ต่าง ๆ</p> <p>- ควรปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดประโยชน์ต่อ</p>	<p>- ผู้วิจัยได้เพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับอนุสัญญา และแนวทางการลดการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศขององค์กรต่าง ๆ ลงใน ใบความรู้ และเพิ่มแหล่งข้อมูลที่ช่วยให้</p>

แผนที่	ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุงแก้ไข
ชุมชนมากขึ้น		<p>ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง</p> <p>- ปรับกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนนำเสนอ</p> <p>โครงการเพื่อช่วยเหลือชุมชนและสังคมมากขึ้น</p>

จากการวิเคราะห์ผลจากการสังเกตและแบบสะท้อนผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนของการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำไปใช้ในชั้นเรียน ได้ข้อค้นพบและข้อสรุปของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้น ดังนี้

จากการสังเคราะห์ลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา ได้ 6 ลักษณะสำคัญ ประกอบด้วย 1) การบูรณาการการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดของศาสตร์ต่าง ๆ มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ (Beillouin et al., 2022; Choi et al., 2021; Laforce et al., 2017; Nantsou & Tombras, 2022; Tadena & Salic-Hairulla, 2021; นิภาพร ช่วยธานี, 2562) 2) การใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่มีความ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาพร้อมที่จะแก้ปัญหา และให้เหตุผลสนับสนุนในการแก้ปัญหาได้ (Dewaters et al., 2014; กมลรัตน์ นิลเกตุ, 2563; สาธิต ชุมของ et al., 2562; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560) 3) เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ค้นคว้าด้วยตนเอง เพื่อให้ได้หลักฐานและองค์ความรู้สาขาวิชาต่าง ๆ มาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม (Brumann et al., 2022; Namdar, 2018; พฤกษ์ โปร่งสำโรง, 2549 ; สุจิตรา เขียวศรี & สุกรี รอดโพธิ์ทอง, 2009) 4) มีการตั้งคำถามสำคัญ และคำถามอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา เพื่อช่วยสรุปทางเลือกที่ดีที่สุดได้ (Capraro et al., 2013; Hanif et al., 2019) 5) มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบอย่างแท้จริง เมื่อผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้งมากขึ้น และเรื่องราวเหล่านั้นมีความหมายกับตนเอง จะทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและเห็นความสำคัญการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น (Bryce & Day, 2014; Dawson, 2015) และ 6) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ไว้ (Wróblewska & Okraszewska, 2020; กมลรัตน์ นิลเกตุ, 2563; สาธิต ชุมของ et al., 2562; อาณัติ ชันทจันทร์, 2560) ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจด้านสิ่งแวดล้อม เป็นขั้นตอนที่ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสร้างความสนใจในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทำนายสำหรับทุกคน ซึ่งครูอาจจะนำเสนอจากข่าวในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน ครูผู้สอนตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน การรับรู้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของผู้เรียน ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สำคัญ เช่น ข้อมูลแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยโลก ภาพจำลองแนวโน้มของการเพิ่มระดับน้ำทะเลของกรุงเทพมหานคร ผลกระทบจากพฤติกรรมมารับประทานอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงข่าวการเคลื่อนไหวต่อต้านปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเยาวชนคนทั่วโลก และวิดีโอของ เกรต้า ธันเบิร์ก ซึ่งนับเป็นเยาวชนที่ขับเคลื่อนเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากนั้นผู้สอนทำการอภิปรายถึงประเด็นดังกล่าวร่วมกับผู้เรียน เพื่อตรวจสอบการรับรู้หรือความสนใจในสถานการณ์ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของผู้เรียน

ผลการวิจัยพบว่า การใช้สถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับบริบทของผู้เรียน ไม่ว่าจะปัญหาในพื้นที่ที่อยู่อาศัย หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน จะช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแบ่งปันประสบการณ์ในชั้นเรียน และสนใจในปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากยิ่งขึ้น

ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนระบุปัญหา ครูเสนอปัญหาสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากนั้นผู้เรียนระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา และผลกระทบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น มีความเต็มใจที่จะแก้ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่มีความหมายต่อผู้เรียน ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาสำคัญ เช่น การปล่อยแก๊สเรือนกระจก การเพิ่มระดับน้ำทะเล ผลกระทบจากการทำการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พฤติกรรมการบริโภคอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และปัญหาขยะอาหาร ผู้เรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ จากนั้นผู้เรียนระดมความคิดในกลุ่ม เพื่อระบุปัญหา สาเหตุ และผลกระทบ ลงในใบกิจกรรม ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใช้การจัดการเรียนรู้ แสดงดังภาพประกอบ 7

CLIMATE CHANGE NEWS

สถานการณ์ที่ 2 น้ำทะเลหนุน

นับตั้งแต่ช่วงปลายของทศวรรษที่ 60 เป็นต้นมา หลายประเทศมีแนวโน้มเกิดวิกฤตน้ำท่วมเมือง จากการศึกษาของ Greenpeace East Asia ภายในปี 2030 กรุงเทพมหานคร เป็นหนึ่งในเมืองที่ต้องเฝ้าระวังผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ย่านเจริญกรุงเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง แม่น้ำเจ้าพระยาเพิ่มสูงขึ้นจากมวลน้ำเหนือ และน้ำทะเลหนุนสูงพื้นที่กว่า 96 เพอร์เซ็นต์จะได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมรุนแรงหากเราไม่สามารถยับยั้งหรือป้องกันอุทกภัยที่จะเกิดขึ้นได้



ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ขั้นตั้งคำถาม เป็นขั้นตอนที่ครูและนักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมการตั้งคำถามนำ (Driving Question) เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกัน โดยเริ่มจากการตั้งคำถามสำคัญที่สนใจภายในกลุ่มของตน เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกัน โดยเริ่มจากการตั้งคำถามหลักที่สนใจภายในกลุ่ม แล้วใช้คำถามเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ครูแจกบัตรคำถาม (Driving Question card) เพื่อให้นักเรียนฝึกการตั้งคำถามที่สำรวจตรวจสอบได้เป็นกลุ่ม จากนั้นนำคำถามของแต่ละกลุ่มมาอภิปรายเป็นคำถามหลักร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อสรุปคำถามนำในกิจกรรมนั้น ๆ การตั้งคำถามสามารถกำหนดการสืบค้นหาข้อมูลที่จำเป็นได้ เช่น ผู้เรียนทราบว่าปัญหาขยะอาหารทำให้เกิดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ ดังนั้นคำถามหลักเพื่อจะนำมาสู่การแก้ปัญหาคือ จะเลือกทานอาหารเพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้อย่างไร ผู้เรียนจะสามารถสืบค้นต่อได้ว่า อาหารชนิดใดปล่อยแก๊สเรือนกระจกมากกว่ากัน หรือควรเลือกบริโภคอาหารอย่างไรเพื่อลดผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ผลการวิจัยพบว่า การให้ผู้เรียนเขียนคำถามลงในกระดาษยังช่วยไม่ให้เกิดความกดดันมากเกินไป และยังพบว่าผู้เรียนบางส่วนไม่ชอบตั้งคำถาม การตั้งคำถามเป็นกลุ่ม หรือเขียน

คำถามก่อนจึงช่วยลดความกดดันได้ อีกทั้งการพยายามตั้งคำถามของผู้เรียนยังช่วยให้ผู้เรียนแสดงออกถึงความอยากรู้อยากเห็น และมีความสนใจปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น

ขั้นสำรวจความเป็นไปได้และอธิบาย เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนเก็บรวบรวมข้อมูลในสิ่งที่ต้องการค้นหาจากคำถามนำที่ตั้งไว้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนจะทำการสำรวจตรวจสอบแนวคิดหลากหลายสาขาวิชา นักเรียนสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง

ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้บางกิจกรรมผู้เรียนสืบค้นข้อมูลได้ไม่ครบถ้วน หรือไม่ตรงประเด็นในการนำมาใช้แก้ไขปัญหา ดังนั้นครูจึงควรตรวจสอบและให้ความช่วยเหลือนักเรียนให้แหล่งข้อมูลที่ถูกต้อง เพื่อให้ผู้เรียนได้แนวคิดที่สำคัญในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ดังนั้นขั้นตอนการสำรวจและอธิบายจึงเป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนระดมความคิด หาแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาต่อไปได้

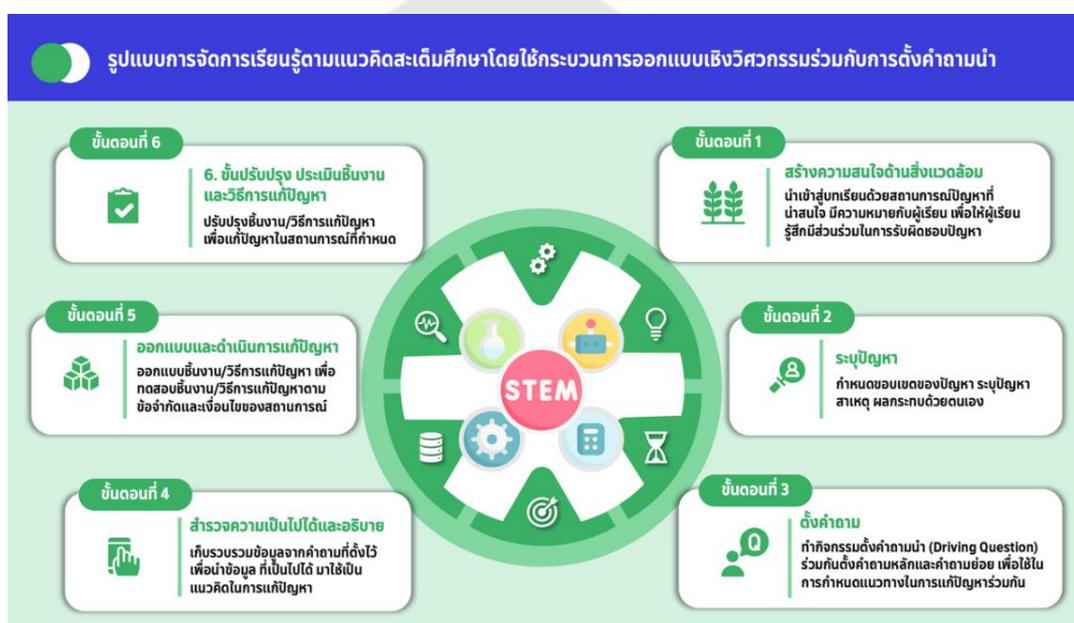
ขั้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาตามคำถามที่ตั้งไว้โดยนำแนวคิดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหามาใช้ออกแบบชิ้นงานตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการลองผิดลองถูก และเรียนรู้จากความล้มเหลว นักเรียนได้ออกแบบชิ้นงานและวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ผลการวิจัยพบว่าในขั้นตอนนี้ใช้เวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นเพื่อจำกัดเวลาในการทำกิจกรรม ครูจึงควรชี้แจงบริบทที่นักเรียนจะแก้ปัญหา และเงื่อนไขสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนจะนำไปออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาให้มีความชัดเจน ตลอดจนส่งเสริมให้ผู้เรียนมองถึงความเป็นไปได้ในการนำชิ้นงานหรือวิธีการไปใช้แก้ปัญหาลงจริง เช่น ต้นทุนในการผลิต ความคุ้มค่า ความสอดคล้องกับแนวทางหรือมาตรการ เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภาครัฐ การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นขั้นตอนการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหาคูจะต้องกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบชิ้นงานให้ครอบคลุมมากที่สุด

ขั้นปรับปรุง ประเมินชิ้นงาน และวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการที่นักเรียนออกแบบขึ้น เพื่อทดสอบชิ้นงานหรือวิธีการ ข้อควรแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ได้ชิ้นงานหรือวิธีการตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้เรียนมีการนำเสนอผลงานในชั้นเรียน จากนั้นให้เพื่อนในแต่ละกลุ่มประเมินชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

ปรับปรุงการออกแบบชิ้นงาน และแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเป้าหมาย ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงผลกระทบของพฤติกรรมส่วนบุคคลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการปรับตัวและรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

จากกระบวนการวิจัยและพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวคิดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดแสดงดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

ในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนได้ดังตาราง 23

ตาราง 23 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสร้าง ความสนใจ ด้าน สิ่งแวดล้อม	<ul style="list-style-type: none"> ● สร้างความสนใจของผู้เรียน โดยใช้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยใช้สื่อ วัสดุทัศน และบทความเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ● ตรวจสอบความรู้อื่นๆของผู้เรียน รวมถึงการรับรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ● นำอภิปรายประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับโลก เชื่อมโยงสู่ระดับท้องถิ่น เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้สึกมีส่วนร่วมกับปัญหาสิ่งแวดล้อม 	<ul style="list-style-type: none"> ● เสนอสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผู้เรียนสนใจ ● อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในมุมมองของนักเรียน
ขั้นระบุ ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> ● เสนอสถานการณ์ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้หลากหลาย ● ถามคำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาได้ ● อภิปรายประเด็นปัญหา สาเหตุ ผลกระทบ เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไขร่วมกัน 	<ul style="list-style-type: none"> ● วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำหนด ● ระดมความคิดเพื่อระบุปัญหา สาเหตุ และผลกระทบ จากสถานการณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำหนดซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่มีความหมายต่อผู้เรียน
ขั้นตั้ง คำถาม	<ul style="list-style-type: none"> ● ทำกิจกรรมตั้งคำถามนำ โดยแจกบัตรคำถาม เพื่อให้ให้นักเรียนฝึกการตั้งคำถามที่สำรวจตรวจสอบได้เป็นกลุ่ม ● อภิปรายคำถามหลักที่จะนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหา และสรุปคำถามหลักร่วมกัน 	<ul style="list-style-type: none"> ● ตั้งคำถามที่สำรวจตรวจสอบได้เป็นกลุ่มเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา ● นำคำถามของแต่ละกลุ่มมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อสรุปคำถามนำในการทำกิจกรรม

ขั้นตอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นสำรวจ ความเป็นไปได้ และอธิบาย	<ul style="list-style-type: none"> กระตุ้นผู้เรียนให้สืบค้นข้อมูลหรือแนวคิดหลากหลายสาขาวิชา เพื่อบูรณาการเนื้อหาระหว่างสาขาวิชาในการนำข้อมูลมาแก้ปัญหาในชีวิตจริง ให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนรวมถึงแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ช่วยเหลือผู้เรียนให้สามารถอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ 	<ul style="list-style-type: none"> สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และเก็บรวบรวมข้อมูลในสิ่งที่ต้องการค้นหาจากคำถามที่ตั้งไว้ เขียนแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ลงในใบกิจกรรม นำข้อมูลที่ได้ออกอภิปรายถึงความเป็นไปได้ที่จะนำไปแก้ปัญหา เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่จะนำไปออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาต่อไป
ขั้น ออกแบบ และ ดำเนินการ แก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> ชี้แจงบริบทที่นักเรียนจะแก้ปัญหาเพิ่มเติม อธิบายเงื่อนไขสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนจะนำไปออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาให้ชัดเจน ส่งเสริมบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความเป็นกันเอง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการลองผิดลองถูก และเรียนรู้จากความล้มเหลว ถามคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการนำชิ้นงานหรือวิธีการไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง กระตุ้นการมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน 	<ul style="list-style-type: none"> นำข้อมูลที่ได้ออกอภิปรายถึงความเป็นไปได้ที่จะนำไปแก้ปัญหา เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่จะนำไปออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาในแต่ละกลุ่ม ออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาตามคำถามที่ตั้งไว้โดยนำแนวคิดที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหามาใช้ออกแบบชิ้นงานตามกระบวนการ การออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยความรับผิดชอบและเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ไขและป้องกันเพื่อให้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นไปในทางที่ดีขึ้น
ขั้นปรับปรุง ประเมิน ชิ้นงาน และวิธีการ แก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> ประเมินชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนออกแบบขึ้นตามเกณฑ์การประเมินที่ นำอภิปรายชิ้นงานและวิธีการแก้ปัญหามาของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่นำเสนอ ให้ข้อเสนอแนะแก่ผู้เรียนเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหามาเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการ 	<ul style="list-style-type: none"> นำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการที่นักเรียนออกแบบขึ้น และทำการทดสอบชิ้นงานหรือวิธีการ ข้อควรแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ได้ชิ้นงานหรือวิธีการตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด ประเมินชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหามาเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ เพื่อให้ปรับปรุงการออกแบบชิ้นงาน และแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเป้าหมาย

ขั้นตอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	<p>ใช้ความรู้ แนวคิดทางสาขาวิชาทางสะเต็ม เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความเชื่อมโยงของการบูรณาการความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ไขปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> กระตุ้นให้ผู้เรียนคำนึงถึงผลกระทบต่อส่วนบุคคลต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นโยบาย มาตรการของภาครัฐ การปรับตัวและรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต 	<ul style="list-style-type: none"> สะท้อนแนวคิดที่ได้เรียนรู้ แนวทางในการปรับตัวและรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

คะแนนเฉลี่ยความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนจำนวน 30 คน ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ก่อนเรียนหลังเรียน และใช้สถิติ Cohen's d ในการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของผลความแตกต่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 24

ตาราง 24 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อนและหลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน M (SD)	หลังเรียน M (SD)	Cohen's d
1. ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	30	10	6.33 (1.35)	7.42 (1.41)	0.79

2. เจตคติต่อการ					
เปลี่ยนแปลงสภาพ	30	50	34.03 (5.89)	40.89 (5.80)	1.17
ภูมิอากาศ					
3. พฤติกรรม					
ต่อการเปลี่ยนแปลง	30	50	32.11(7.60)	38.26 (6.22)	0.86
สภาพภูมิอากาศ					

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนในทุกองค์ประกอบ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับการตั้งคำถามนำมีอิทธิพลต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับใหญ่มาก ในด้านเจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ($d = 1.17$) ระดับมาก ด้านพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ($d = 0.86$) และด้านความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในระดับปานกลาง ($d = 0.72$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้โดยใช้การวิเคราะห์แก่นสาระ (Thematic analysis) สะท้อนการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำที่มีต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งหมด 3 ประเด็น ดังนี้

1. ความเข้าใจในสาเหตุและผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้เรียนระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา และผลกระทบ ทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น มีความเต็มใจที่จะแก้ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่มีความหมายต่อผู้เรียน เช่น สาเหตุจาก การปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ทั้งการผลิตไฟฟ้า การทำการเกษตรและปศุสัตว์ การเดินทาง พฤติกรรมการรับประทานอาหาร และขยะเหลือทิ้ง และยังได้ทราบถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น นักเรียนสะท้อนว่ากิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น เช่น “กิจกรรมวันนี้ ได้เรียนเรื่อง สมดุลพลังงานโลก ได้ออกแบบบ้านพลังงานสะอาดคำนวณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ทำให้ได้แนวทางการลดการใช้ไฟฟ้า รู้ว่าจะประหยัดพลังงานไฟฟ้าอย่างไร เพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก” (S25P1) “ตอนทำคาบได้อภิปรายปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก พบว่า แก๊สเรือนกระจกทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น เกิดภาวะโลกร้อนตามมา” (S07P1)

2. ความสนใจในการหาวิธีบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้เรียนแบ่งปันประสบการณ์ในชั้นเรียน และรู้สึกสนใจในปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากยิ่งขึ้น เช่น “การออกแบบบ้านพลังงานสะอาด และการคำนวณการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ หลังจากได้แชร์วิธีการประหยัดไฟฟ้ากับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้อยากลดค่าไฟฟ้าของที่บ้านมากขึ้น ถ้าลดการใช้ไฟฟ้าได้จะสามารถลดโลกร้อนได้” (S24P1) “รู้สึกว่าเรื่องโลกร้อนเป็นปัญหาที่เราต้องช่วยกันแก้ไข โดยเฉพาะเรื่องขยะ” (S16P5) “สนใจมากขึ้น เพราะ สังเกตได้ว่าสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงเร็ว ฝนตก น้ำท่วม ฝุ่นเยอะ” (S18P1) อีกทั้งสะท้อนความกังวลต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น “มีความกังวล เพราะ เราเจอปัญหาสิ่งแวดล้อมทุกวัน วิชานี้ทำให้ได้รู้วิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น” (S13P3) “เราทุกคนมีส่วนทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม กิจกรรมในชีวิตประจำวันส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ เช่น การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล” (S16P1)

3. การปรับตัวเพื่อรับมือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว ผู้เรียนแสดงแนวทางที่นำไปใช้เพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในชีวิตประจำวัน เช่น “การทำกิจกรรมช่วยให้ได้แนวคิดในการลดขยะอาหาร ถ้าเราทานอาหารหมดไม่เหลือทิ้ง จะช่วยลดโลกร้อนได้ แต่ถ้ามีเศษอาหารเหลืออาจเอาไปทำปุ๋ยได้” (S20P5) และ “กิจกรรมเมนูลดคาร์บอนช่วยให้ได้แนวทางในการปรับตัวในเรื่องอาหาร เช่น ลดการกินเนื้อสัตว์ กินผักผลไม้ ไม่กินอาหารฟาสต์ฟู้ด” (S18P4)

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ

คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาในภาพรวมของนักเรียนจำนวน 30 คน ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำก่อนเรียนหลังเรียน และใช้สถิติ Cohen's d ในการวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลของผลความแตกต่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 25

ตาราง 25 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ก่อนและหลังเรียน

การทดสอบ	จำนวน นักเรียน	คะแนน เต็ม	คะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียน M (SD)	คะแนนเฉลี่ย หลังเรียน M (SD)	Cohen's d
ความสามารถใน การแก้ปัญหา	30	60	37.07 (11.61)	43.23 (10.37)	0.56

จากตารางพบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำสูงกว่าก่อนเรียน และมีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.56 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับอิทธิพลปานกลาง

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนในทุกองค์ประกอบ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับปานกลางในทุกองค์ประกอบ ดังนี้ ด้านการระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ($d = 0.72$) ด้านการเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ($d = 0.34$) ด้านการตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา ($d = 0.56$) และด้านการดำเนินการแก้ปัญหา ($d = 0.44$) เมื่อพิจารณาค่าขนาดอิทธิพลจะเห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาด้านการระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ มากที่สุด แสดงข้อมูลดังตาราง 26

ตาราง 26 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังเรียน ในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบความสามารถ ในการแก้ปัญหา	n	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน M (SD)	หลังเรียน M (SD)	Cohen's d
1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ ต่าง ๆ	30	15	11.11 (2.95)	12.93 (2.02)	0.72
2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่ หลากหลาย	30	15	9.97 (2.81)	11.00 (3.20)	0.34
3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา	30	15	8.43 (3.62)	10.27 (3.20)	0.56
4. การดำเนินการแก้ปัญหา	30	15	7.47 (3.65)	9.03 (3.43)	0.44

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้โดยใช้การวิเคราะห์
แก่นสาระ (Thematic analysis) แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำส่งผลต่อความสามารถในการ
แก้ปัญหาของผู้เรียน ผู้เรียน นักเรียนสะท้อนเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน
หลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ข้อความ ในแบบสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ระบุว่า
กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา 3 ประเด็น ดังนี้

1) การแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ท้าทาย จากการที่ผู้เรียนได้มีการแก้ปัญหาใน
สถานการณ์ที่ท้าทาย และเป็นปัญหาใกล้ตัวผู้เรียน เช่น ปัญหาน้ำทะเลหนุนในกรุงเทพมหานคร
ผู้เรียนได้สะท้อนผลลัพธ์จากการเรียนรู้ว่าได้นำแนวทางการแก้ปัญหาไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน
เช่น “บ้านผมติดแม่น้ำเจ้าพระยามีปัญหาน้ำทะเลหนุน น้ำท่วมบ่อย ครอบครัวผมต้องระวังน้ำท่วม
ตลอด บางครั้งผมก็ไม่รู้ว่าจะแก้ไขปัญหายังไง ผมได้รู้สาเหตุว่าทำไมน้ำทะเลจึงเพิ่มสูงขึ้นไม่
เท่ากันในแต่ละปี กิจกรรมกำแพงบั้งน้ำ ช่วยให้ได้แนวคิดใหม่ ๆ ผมอาจจะลองเอาวิธีการ
แก้ปัญหาไปใช้ได้ ” (S06P2)

2) การแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย จากการจัดกิจกรรมพบว่า
นักเรียนสามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาภายในกลุ่มของตนเอง ได้แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา
หลายมุมมองภายในกลุ่ม และมีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาร่วมกันในชั้นเรียน เช่น “กิจกรรมวันนี้

ช่วยให้ลดการใช้ไฟฟ้าในบ้านได้ ได้รู้ถึงการใช้ไฟฟ้าของเพื่อน ๆ เพราะการใช้ไฟฟ้าเยอะทำให้ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เยอะ ทำให้เกิดโลกร้อนได้ ช่วยให้ได้รู้จักพลังงานทางเลือกแทนการใช้ไฟฟ้า เช่น ใช้โซลาร์เซลล์ติดหลังคาบ้าน” (S19P1)

3) การตั้งคำถาม เพื่อนำมาสู่วิธีแก้ปัญหา ในช่วงเริ่มต้นของกิจกรรมตั้งคำถามนำ ผู้เรียนยังตั้งคำถามได้ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา เช่น สถานการณ์ปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร ในเบื้องต้นผู้เรียนตั้งคำถามว่า แก๊สเรือนกระจกมาจากไหน วิธีการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทำได้อย่างไร สาเหตุใดทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งการตั้งคำถามของผู้เรียนยังไม่สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหา หลังจากที่ได้อภิปรายคำถามนำร่วมกันในชั้นเรียนผู้เรียนสามารถตั้งคำถามนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ เช่น “ผมเคยดูข่าวต่างประเทศตามร้านอาหารจะมีบอกเมนูอาหารกับค่าการปล่อยคาร์บอน กิจกรรมวันนี้ช่วยให้ผมได้ตั้งคำถามว่าอาหารที่ผมกินจะปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เท่าไร ส่งผลต่อโลกอย่างไร แล้วก็ได้แนวทางว่าจะกินอะไรถึงจะช่วยลดโลกร้อนได้” (S24P4) ดังตัวอย่างการสะท้อนของผู้เรียนที่ว่า “ได้พยายามตั้งคำถามช่วยกันในกลุ่ม ช่วยให้ตั้งคำถามที่นำไปสู่วิธีแก้ปัญหาได้ดีขึ้น” (S16P3) แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่านักเรียนบางคนไม่เข้าใจกิจกรรมการตั้งคำถามนำ และรู้สึกสับสนกับการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา เช่น “กิจกรรมวันนี้ผมตั้งคำถามได้ แต่ผมไม่รู้ว่าคำถามไหนเป็นคำถามสำคัญ” (S27P1) “ผมตั้งคำถามได้เยอะ แต่น่าจะเอาไปใช้แก้ปัญหาไม่ได้ครับ” (S11P2)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยและพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุป อภิปรายผล และให้ข้อเสนอแนะ ตามรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ที่มีต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

สมมติฐานในการวิจัย

จากแนวคิด ทฤษฎีและและผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ มีอิทธิพลต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละองค์ประกอบระดับปานกลาง
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับปานกลาง

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ใช้ศึกษา คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร ที่เรียนรายวิชาโลกและอวกาศ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยวิธีการเลือก

แบบตามสะดวก (Convenience Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ประมาณ 30 คน โดยนักเรียนกลุ่มที่ใช้ศึกษาเป็นนักเรียนแผนการเรียนศิลป์-ภาษา

ขั้นที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เอกสาร แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

ศึกษาเอกสาร ข้อมูลพื้นฐานแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ความหมาย องค์ประกอบของความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความสามารถในการแก้ปัญหา สภาพปัญหาการจัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความสามารถในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมในแต่ละองค์ประกอบระดับปานกลางของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยใน ขั้นตอน ที่ 1 มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อเป็นกรอบแนวคิดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ จะได้ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 6 ประการ ได้แก่ 1. การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้ 2. การใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง 3. จัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง 4. มีการระบุดำถามหลักเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหา 5. มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบอย่างแท้จริง และ 6. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทั้งนี้รูปแบบการจัดการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำที่พัฒนาขึ้น รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง 0.67 - 1.00 และมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.39, SD = 0.61)

ขั้นที่ 3 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำจำนวน 5 แผน ได้แก่ แผนที่ 1 เรื่องสมดุลพลังงานโลก แผนที่ 2 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการเพิ่มระดับน้ำทะเล แผนที่ 3 ผลกระทบภาค

การเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แผนที่ 4 รอยเท้าคาร์บอนจากเมนูอาหาร และ แผนที่ 5 ผลกระทบขยะอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2. เครื่องมือวัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย 1) แบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิด จำนวน 20 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.81 มีค่าความเชื่อมั่น Kuder Richardson – 20 (KR-20) เท่ากับ 0.70 2) แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีลักษณะเป็น มาตรการส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ใช้วัดองค์ประกอบด้านเจตคติและพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ จำนวน 20 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดอยู่ระหว่าง 0.21-0.82 และค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาช (Cronbach) เท่ากับ 0.97

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 5 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม เพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. การระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ 2. การเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3. การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา 4. การดำเนินการและประเมินความเป็นไปได้ของวิธีแก้ปัญหา ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในช่วง 0.67 - 1.00 และมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.37-0.74 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.40-0.52 มีค่าความเชื่อมั่น สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Method) เท่ากับ 0.98 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.70 – 1.00 ที่ความเชื่อมั่น 95%

4. แบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เรียนสะท้อนความคิด ประสบการณ์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนเอง จำนวน 18 ข้อ โดยให้ผู้เรียนเขียนตอบ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00

ขั้นที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้จริง และประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิจัยเชิงผสมผสานตามแบบแผนการดำเนินการวิจัย Mixed Methods Intervention Design เป็นแบบแผนการวิจัยระยะเดียว โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ (แบบวัด

ความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ) เป็นวิธีหลักและวิธีการเก็บข้อมูลจากการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนจากแบบสะท้อนการเรียนรู้เป็นวิธีรอง เพื่อนำข้อมูลไปเสริมหรือสนับสนุน จากการตอบคำถามของเครื่องมือหลัก เป็นการใช้กลุ่มที่ใช้ศึกษากลุ่มเดียว ทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน (Creswell, 2018)

การดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการดำเนินการดังนี้

1) ส่งหนังสือถึงโรงเรียนเพื่อขออนุญาตในการทำวิจัย
 2) ชี้แจงวัตถุประสงค์และข้อตกลงของการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรับทราบร่วมกัน และให้ผู้เรียนกลุ่มที่ใช้ศึกษาลงนามยินยอมในการทำวิจัย บันทึกภาพและเสียงระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากนั้นทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนรู้ ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทของครูผู้สอน และบทบาทของผู้เรียน

3) ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มที่ใช้ศึกษา โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาจัดการเรียนรู้กับกลุ่มที่ศึกษาโดยสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ รวมเวลาทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง และหลังกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นในแต่ละแผนให้ผู้เรียนทำแบบสะท้อนการเรียนรู้

5) ทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มที่ใช้ศึกษา โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ผู้วิจัยนำข้อมูลผลการประเมินที่ได้จากการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อ

ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาวิเคราะห์ข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์แบบสังเกตจากการสังเกตและบันทึกข้อมูลของผู้วิจัย และการสัมภาษณ์ครูผู้สอนเกี่ยวกับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำมาสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน หลังจากให้คะแนน ตามเกณฑ์ หาค่าคะแนนเฉลี่ย ร้อยละของผู้เรียนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความตระหนักรู้ในองค์ประกอบย่อย แล้วทำการคำนวณค่าขนาดอิทธิพล (Cohen' d) จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนการเรียนรู้ มาวิเคราะห์แก่นสาระ (Thematic Analysis) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงคุณภาพในการอธิบายความคิด ความรู้สึก และพฤติกรรมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้

3. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน หลังจากให้คะแนน ตามเกณฑ์ หาค่าคะแนนเฉลี่ย ร้อยละของผู้เรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบย่อย และในภาพรวมคำนวณค่าขนาดอิทธิพล (Cohen' d) จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนการเรียนรู้ มาวิเคราะห์แก่นสาระ (Thematic Analysis) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงคุณภาพในการอธิบายความคิด ความรู้สึก และพฤติกรรมของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ (STEM Education learning model through the engineering design process with driving question) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้อยู่บนพื้นฐานทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) กล่าวคือ การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน และนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับบริบททางวัฒนธรรมในแต่ละแห่ง

รวมทั้งความสามารถในการตั้งปัญหา เพื่อจะหาคำตอบและเพิ่มพูนความรู้ ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีลักษณะสำคัญคือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้ใช้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดยมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการค้นคว้าด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถาม วางแผน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ และมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างแท้จริง ผู้วิจัยได้นำแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม นำ มาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบการเรียนรู้ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นสร้างความสนใจด้านสิ่งแวดล้อม 2. ขั้นระบุปัญหา 3. ขั้นตั้งคำถาม 4. ขั้นสำรวจความเป็นไปได้และอธิบาย 5. ขั้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา 6. ขั้นปรับปรุง ประเมินชิ้นงาน และวิธีการแก้ปัญหา

2. ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำที่มีต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

นักเรียนมีความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแต่ละองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อพิจารณาความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านเจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และด้านความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าขนาดอิทธิพล พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสูงสุด รองลงมาด้านพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับผลของข้อมูลเชิงคุณภาพที่สนับสนุนว่า กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในการหาวิธีบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปรับตัวเพื่อรับมือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว และสามารถบอกสาเหตุและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อีกด้วย

3. ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับปานกลาง นักเรียนมีความสามารถ

ในการแก้ปัญหาแต่ละองค์ประกอบและในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนองค์ประกอบด้านการระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ด้านการเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ด้านการตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา และด้านการดำเนินการแก้ปัญหา ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าขนาดอิทธิพล พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาด้านการระบุปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ สูงที่สุด รองลงมาคือ การตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา ด้านการดำเนินการแก้ปัญหา และด้านการเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลของข้อมูลเชิงคุณภาพที่สนับสนุนว่า กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา เสนอแนวทางในการแก้ปัญหา และแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ท้าทายได้ดีขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีประเด็นในการอภิปรายผลการวิจัยตามข้อค้นพบ 3 ประเด็นดังนี้

1. ผลการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของกระบวนการสร้างความรู้ (Morado et al., 2021) มีการบูรณาการการเรียนรู้ระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ รวมถึงนโยบายทางสังคมและสิ่งแวดล้อม เน้นให้ผู้เรียนลงมือแก้ปัญหาและเสนอวิธีการแก้ปัญหามาเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยคำนึงถึงบริบทปัญหาสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน (Roehrig, Dare, Ellis, et al., 2021) เพื่อให้ผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Papert & Harel, 1991) การวิจัยนี้จึงได้นำแนวทางการจัดการเรียนตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถามนำ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนตั้งคำถามสำคัญและคำถามอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น (Bielik et al., 2018) โดยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความ

ตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความสามารถในการแก้ปัญหาในองค์ประกอบต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลพลังงานโลก ผู้เรียนได้ออกแบบบ้านพลังงานสะอาด เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือน ซึ่งกระบวนการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าเป็นสาเหตุหลักในการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามมา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเพิ่มระดับน้ำทะเล ผู้เรียนได้ออกแบบกำแพงกันน้ำ เพื่อแก้ปัญหการเพิ่มระดับน้ำทะเลซึ่งมีสาเหตุมาจากภาวะโลกร้อน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ผลกระทบภาคการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้เรียนได้ออกแบบฟาร์มที่ยั่งยืน เพื่อลดผลกระทบของการทำการเกษตรและปศุสัตว์ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รอยเท้าคาร์บอนจากเมนูอาหาร ผู้เรียนได้ออกแบบเมนูอาหาร เพื่อช่วยการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตลอดจนการปรับพฤติกรรมในการบริโภคอาหารเพื่อช่วยลดโลกร้อน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ชยะอาหาร ผู้เรียนได้ออกแบบถังหมักก๊าซโลก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาชยะอาหารโดยใช้วิธีการกำจัดขยะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ สะท้อนว่า ผู้เรียนจะลงมือแก้ปัญหาในบริบทปัญหาในสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกัน อาศัยความรู้ แนวคิดจากศาสตร์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา และมีการออกแบบและสร้างชิ้นงานด้วยตนเอง ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และทราบว่าตนเองสร้างชิ้นงานเพื่ออะไร มีการลองผิดลองถูก จนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นเป้าหมายของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับ Hong and Cho (2019) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการสร้างสรรค์ บนพื้นฐานทฤษฎีการสร้างสรรคชิ้นงาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์และแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ดีขึ้น เมื่อนักเรียนได้ออกแบบชิ้นงานและแก้ไขชิ้นงานซ้ำ มีความพยายามในการปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาให้ดีขึ้น จะช่วยให้ผู้เรียนเผชิญความท้าทายในการแก้ปัญหาอย่างแท้จริง (Fiore, 2023)

การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้จัดการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาในระดับโลก เช่น การเกิดแก๊สเรือนกระจก การเพิ่มของระดับน้ำทะเล และรอยเท้าคาร์บอน ซึ่งเป็นปัญหาที่ทุกประเทศให้ความสำคัญ (United Nations Educational & Cultural, 2019) เมื่อนักเรียนถูกท้าทายด้วยปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจริง และมีบริบทปัญหาชัดเจนเชื่อมโยงกับบริบทปัญหาของผู้เรียนจะทำให้มีความมุ่งมั่นในการ

แก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงทำให้มีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มาใช้จัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อมให้กับผู้เรียน (Abdurrahman et al., 2023; Maspul, 2024; Nantsou & Tombras, 2022) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสะท้อนแนวคิดการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้กับบริบทปัญหา เพื่อตอบสนองการแก้ปัญหาตามบริบทของโลกแห่งความเป็นจริง (Roehrig, Dare, Ellis, et al. (2021) ดังตัวอย่างงานวิจัยของ He, Wan, Tsang, and So (2024) ที่ได้พัฒนากิจกรรมสะเต็ม เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมและการมีส่วนร่วมของนักเรียน โดยให้ผู้เรียนได้หาแนวทางแนวทางหรือมาตรการ เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติและพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดีขึ้น Hakim et al. (2023) ได้นำกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง เช่น การออกแบบบ้านเพื่อป้องกันพายุ ในการส่งเสริมการรู้สภาพภูมิอากาศ 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านการปฏิบัติ และเจตคติต่อสภาพภูมิอากาศของผู้เรียน และ Abdurrahman et al. (2023) ที่นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในการส่งเสริมการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยพบว่าผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นและยังมีมุมมองในการแก้ปัญหาในระดับท้องถิ่นสู่ระดับโลก

นอกจากนั้นการใช้เทคนิคการตั้งคำถามนำในการวิจัยครั้งนี้ ช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ที่สนใจ และตัดสินใจเลือกวิธีในการแก้ปัญหา เพื่อสรุปทางเลือกที่ดีที่สุดได้ กิจกรรมตั้งคำถามนำช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในการเชื่อมโยงความรู้ได้หลากหลายสาขาวิชา นอกจากความรู้ในสาขาสะเต็มยังสามารถเชื่อมโยงกับนโยบาย หรือมาตรการจากภาครัฐได้อีกด้วย (Martawijaya, Rahmadhanningsih, Swandi, Hasyim, & Sujiono, 2023) การพยายามตั้งคำถามของผู้เรียนแสดงออกถึงความอยากรู้อยากเห็น มีความสนใจปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และรู้สึกมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหามากขึ้น (Fairhurst, Koul, & Sheffield, 2023) ซึ่งสอดคล้องกับ Juuti et al. (2021) ที่พบว่า การตั้งคำถามยังมีส่วนช่วยในกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และเชื่อมโยงความสนใจของนักเรียนกับเป้าหมายในการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนได้แนวทางการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการยังเป็นการเตรียมพร้อมเพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

2. ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำที่มีต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำไปทดลองใช้ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านเจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับใหญ่มาก ทั้งนี้เนื่องมาจาก มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมุ่งเน้นไปที่บริบทของปัญหาในชีวิตจริงเชื่อมโยงปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเข้ากับประสบการณ์ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนรับรู้สถานการณ์เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีจิตใจที่พร้อมจะมีส่วนร่วมในการรับมือและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง และลงมือปฏิบัติเพื่อลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Gutierrez, Blanchard, & Busch, 2022; Plutzer & Hannah, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับ Choi et al. (2021) ที่นำประเด็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการสภาพภูมิอากาศของผู้เรียน อีกทั้งในการจัดการเรียนรู้มีการเรียนรู้เกี่ยวกับนโยบายขององค์กรต่าง ๆ กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับแนวคิดของ 'การบรรเทา' และ 'การปรับตัว' (Mitigation and Adaptation) ซึ่งเป็นการดำเนินการเพื่อหวังว่าจะสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ในอนาคต จึงทำให้ผู้เรียนมีความสนใจในการหาวิธีบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศปรับตัวเพื่อรับมือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว และสามารถบอกสาเหตุและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อีกด้วย และยังสอดคล้องกับ Nantsou and Tombras (2022) ที่พัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อสร้างความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อมให้กับผู้เรียน ผลการวิจัย พบว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษานี้ช่วยให้ผู้เรียนมีเจตคติต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดีขึ้น

เมื่อพิจารณาความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในองค์ประกอบด้านพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับมาก เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้ผู้เรียน ระบุปัญหา สาเหตุของปัญหา และผลกระทบด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน จึงทำให้ผู้เรียนรู้จักการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้เรียนได้ศึกษาความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยตนเอง เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการหาแนวทางในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา จึงทำให้ผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในเรื่อง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้น เช่น หลักการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการเพิ่มระดับน้ำทะเล พุทธิกรรมการบริโภคต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การแก้ปัญหาหยาซอาหาร และการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ การใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและบริบทปัญหาใกล้ตัวผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียน ได้ใช้ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง (Okada & Gray, 2023) ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Batchelder et al. (2023) ได้พัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องการสร้างระบบระบายน้ำเพื่อความ ยั่งยืน เพื่อแก้ปัญหาการระบายน้ำไม่ทันเนื่องจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ รุนแรง ซึ่งพบว่านอกจากผู้เรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาจริง ยังช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการ ประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา และสามารถเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ได้อีกด้วย สำหรับด้านเจตคติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า ผู้เรียนมี ความสนใจแนวทางการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มาตรการของภาครัฐ การ ติดตามข่าวสารเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงการมีส่วนร่วม ประชาสัมพันธ์ ส่งต่อข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Kim (2015) ที่ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจใน ปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

3. ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำไปทดลองใช้ พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มี อิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับปานกลาง ทั้งนี้เนื่องมาจาก รูปแบบการจัดการ เรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีจุดเด่นที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาวิธีแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง ผู้วิจัยได้ นำบริบทปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในปัจจุบันประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มากขึ้น เนื่องจากวิกฤติทางสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน การแก้ปัญหาต้อง อาศัยความรู้หลายด้าน รวมถึงมิติในทางสังคม การเมือง นโยบายและมาตรการของภาครัฐในการ ช่วยกันแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับ Sarwi, Baihaqi, and Ellianawati (2021) ที่ใช้การ จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยระบุว่า การ จัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาในมุมมองและ วิธีการที่หลากหลาย โดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ เข้ากับการเรียนรู้ อีกทั้งยังเชื่อมโยงแนวคิดในสาขาวิชาอื่น ๆ เช่น ประวัติศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และฝึกทักษะการแก้ปัญหาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ให้กับผู้เรียนได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Tan, Ong, Ng, and Tan (2023) ที่ใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการ ส่งเสริมการให้เหตุผลในการแก้ปัญหาของนักเรียน บริบทที่ถูกนำมาใช้เกี่ยวข้องกับความมั่นคงทางอาหารของประเทศ คือปัญหาการขาดพื้นที่ในการเพาะปลูก ผู้เรียนจึงต้องหาวิธีแก้ปัญหา เพื่อช่วยให้เกษตรกรเพิ่มผลผลิตพืชผลด้วยพื้นที่เพาะปลูกที่จำกัด มีการทดสอบวิธีการแก้ปัญหา ปรับปรุงวิธีการเข้าไปเข้ามา ซึ่งกระบวนการลองผิดลองถูกเหล่านี้ล้วนมีส่วนสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาดีขึ้น

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละองค์ประกอบ พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีอิทธิพลต่อการระบุงบปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ มากที่สุดในระดับขนาดอิทธิพลปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนการสร้าง ความสนใจด้านสิ่งแวดล้อม เป็นขั้นตอนที่นำเสนอสถานการณ์ปัญหาสำคัญกำลังเกิดขึ้นตามบริบทจริง เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกมีส่วนร่วมที่จะแก้ปัญหาเหล่านั้น เช่น ปัญหา น้ำท่วมจากน้ำทะเลหนุน ในเขตกรุงเทพมหานคร ปัญหาการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากอาหาร ปัญหาขยะอาหาร และปัญหาการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จะเห็นได้ว่าปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาใกล้ตัวผู้เรียน ผู้เรียนจึงสามารถระบุงบสถานการณ์ปัญหาได้ดีขึ้น องค์ประกอบด้านการตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา เป็นองค์ประกอบที่รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลรองลงมา เนื่องจากผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ตั้งคำถามสำคัญ การตั้งคำถามช่วยให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจ มีความอยากรู้ อยากเห็น ที่จะแก้ปัญหามากขึ้น ในช่วงเริ่มต้นของการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการตั้งคำถามน้อย ในการจัดกิจกรรมจึงให้นักเรียนเขียนคำถามลงในกระดาษ แล้วนำเสนอกับเพื่อนภายในกลุ่ม ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีความพยายามในการตั้งคำถามได้ดีขึ้น อีกทั้งขั้นการตั้งคำถาม ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้สึกสนใจและมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ Juuti et al. (2021) ที่พบว่าการตั้งคำถามนำที่นำเสนอใจสามารถเชื่อมโยงให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบ แล้วนำแนวคิดที่ได้มาแก้ปัญหาได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีคะแนนในด้านการดำเนินการแก้ปัญหาต่ำที่สุด ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่มีจำกัด นักเรียนจึงไม่มีโอกาสในการปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับ Maspu (2024) ที่ระบุว่าควรนำการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ภาคสนาม เพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาเพียงพอในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีส่วนร่วมโดยตรงกับสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น และชุมชนของตน แต่เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยด้านการดำเนินการแก้ปัญหาก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วนั้น นักเรียนมีความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาคือขึ้น ซึ่ง

กิจกรรมการเรียนรู้ได้ให้ความสำคัญกับการลงมือปฏิบัติจริง เมื่อบริบทปัญหาที่มีความชัดเจนครอบคลุมประเด็นทางสังคมที่ต้องได้รับการแก้ไข จึงทำให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาได้ดีขึ้น (Roehrig, Dare, Ellis, et al., 2021; จีระวรรณ เกษสิงห์ et al., 2566)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำมีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาภายใต้บริบทปัญหาที่มีความชัดเจน นั่นคือเรื่องของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นเป้าหมายของการจัดการศึกษาในระดับโลก เพื่อเตรียมพลเมืองให้มีความพร้อม เข้าใจ และรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำลังเกิดขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาที่ผู้วิจัยค้นพบจากงานวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ข้อค้นพบว่าการเลือกสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ผู้ที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ควรศึกษาลักษณะสถานการณ์ที่นำมาใช้ให้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน

1.2 การจัดการเรียนรู้ในชั้นตั้งคำถามนำ พบว่า ผู้เรียนบางส่วนไม่ชอบตั้งคำถาม ครูต้องคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายามตั้งคำถาม สร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนมีโอกาสได้คิด โดยปราศจากความกลัวและวิตกกังวล ซึ่งจะมีส่วนช่วยผู้เรียนให้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจโดยไม่รู้สึกรังเกียจ

1.3 การจัดการเรียนรู้ในชั้นสำรวจความเป็นไปได้และอธิบายที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เน้นให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเอกสาร เช่น ใบบทความรู้ และบทความ แต่ในการจัดการเรียนรู้ในสาขาวิชาสะเต็ม ซึ่งมีความหลากหลายของสาขาวิชาทั้ง คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สำรวจและค้นหาความรู้ด้วยวิธีที่หลากหลาย เช่น การทำการทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การสืบค้นของจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่าง ๆ ในบริบทที่สอดคล้องกับเนื้อหาพร้อมด้วย

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัยข้อมูลเชิงปริมาณ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาด้านการดำเนินการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ และข้อมูลเชิงคุณภาพพบว่า ผู้เรียนไม่ได้สะท้อนความคิดเห็นในด้านการดำเนินการแก้ปัญหา มากนัก งานวิจัยก่อนหน้าระบุว่า ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงร่วมกับผู้เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นชุมชน หน่วยงานภาครัฐ องค์กรระดับท้องถิ่น หรือภาคส่วนอื่น ๆ ในสังคม เพื่อแก้ปัญหการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในท้องถิ่นของตน ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาในบริบทท้องถิ่นของตนเอง เพื่อเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหาด้านการดำเนินการแก้ปัญหาของผู้เรียน

2.2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนสะสมเต็มศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นประเด็นหลัก แต่จากเป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนพบว่า มีเนื้อหาที่สำคัญในประเด็นอื่น ๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ การลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ และการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน และประเด็นอื่น ๆ ตามกรอบนโยบายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) งานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในประเด็นอื่น ๆ

3. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

3.1 การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นนโยบายการศึกษาเพื่อบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนระดับโลก ซึ่งจากการวิจัยพบว่าการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศควรส่งเสริมการจัดการศึกษาให้กับผู้เรียนในทุกช่วงวัย โดยเฉพาะการส่งเสริมเด็กและเยาวชนทุกช่วงวัยที่ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบการศึกษาใด ให้มีความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อปรับตัวและหาวิธีบรรเทาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และสามารถเปลี่ยนแปลงตนเองและสังคมที่ตนอยู่ได้

3.2 การวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่า หลักสูตรระดับชาติในหลายประเทศ ไม่มีการกล่าวถึงเนื้อหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงควรเพิ่มตัวชี้วัดหรือสาระสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในหลักสูตรการเรียนรู้อันทุกระดับชั้น รวมถึงจัดให้มีแหล่งเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรวมถึงประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านอื่น ๆ เพื่อสร้างหลักประกันว่าผู้เรียนทุกคนจะได้รับความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน





1. ผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้
 - 1) รองศาสตราจารย์ ดร.จีระวรรณ เกษสิงห์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร
คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 3) ดร. เสกสรร สรรสรพิสุทธิ์
ตำแหน่ง นักวิชาการ ฝ่ายบริหารโครงการริเริ่ม
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
 - 1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญดา ลิ้มปานนท์ พรหมรัตน์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 - 2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร
คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 3) อาจารย์ ดร.ศุภิกา วานิชขัง
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร
คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 9

เรื่อง สมดุลพลังงานโลก

เวลา 2 คาบเรียน 100 นาที

วิชา วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

ภาคเรียนที่ 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1. โครงสร้าง ตัวชี้วัด สาระสำคัญ ความสามารถในการแก้ปัญหา และความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

รายวิชาและตัวชี้วัด	สาระสำคัญ
1.1 วิทยาศาสตร์ ว 3.2 ม. 6/13 อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก พร้อมทั้งนำเสนอแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก 1.2 คณิตศาสตร์ ค 3.1 ม.6/1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบภูมิรูปวงกลม ตาราง แผนภูมิ แท่ง แผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิจุด และกราฟเส้น 1.3 เทคโนโลยี ว 4.2 ม. 6/1 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอ และแบ่งปันข้อมูลอย่างปลอดภัย มีจริยธรรม และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม และวัฒนธรรม	โลกมีกระบวนการสมดุลพลังงาน ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกในแต่ละปีค่อนข้างคงที่ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ บรรยากาศ เมฆ และพื้นผิวโลก แต่ในปัจจุบันอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยเฉพาะการผลิตกระแสไฟฟ้าในปัจจุบัน ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามมา

2. คำถามนำ

เราจะออกแบบบ้านพลังงานสะอาดที่ลดการใช้ไฟฟ้าได้อย่างไร

3. สาระสำคัญของแนวคิดเพิ่มเติม

ด้านวิทยาศาสตร์

กระบวนการสมดุลพลังงานโลก

การผลิตไฟฟ้ากับการปล่อยการแก๊สเรือนกระจก

ด้านเทคโนโลยี

การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยการแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ

ด้านวิศวกรรมศาสตร์

ออกแบบบ้านพลังงานสะอาดที่ลดการใช้ไฟฟ้า

ด้านคณิตศาสตร์

คำนวณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานของโลก
2. อธิบายกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก

ด้านทักษะ (P)

1. คำนวณปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน
2. ออกแบบบ้านพลังงานสะอาดเพื่อช่วยลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก
3. สืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

ด้านเจตคติ (A)

1. แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบของกิจกรรมในชีวิตประจำวันต่อการปล่อยแก๊สเรือน

กระจก

5. เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs)

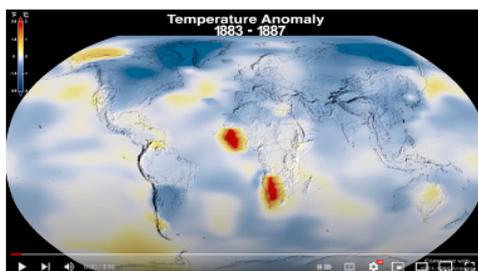
SDGs 13 การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate action)

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลพลังงานของโลก ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ ใช้ระยะเวลา 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวม 100 นาที ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นการกระตุ้นความสนใจ (5 นาที)

1. นักเรียนรับชมวิดีโอการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก จากปี พ.ศ.2563-2565 จากเว็บไซต์ https://www.youtube.com/watch?time_continue=9&v=LwRTw_7NNJs&embeds_euri=https%3A%2F%2Fclimate.nasa.gov%2F&embeds_origin=https%3A%2F%2Fclimate.nasa.gov&source_ve_path=MjM4NTE&feature=emb_title



จากการชมวิดีโอ นักเรียนจะได้ข้อสรุปว่า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1880-2022 โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ตามการวิเคราะห์ของ NASA แนวโน้มภาวะโลกร้อนในระยะยาวยังคงดำเนินต่อไป อุณหภูมิโลกในปี 2565 สูงกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงพื้นฐานของ NASA (พ.ศ. 2494-2523) ที่ 1.6 องศาฟาเรนไฮต์ (0.89 องศาเซลเซียส)

2. ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก เพื่อสำรวจความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียน ครูใช้แนวคำถามดังนี้

2.1 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจึงเพิ่มสูงขึ้นทุกปี (แนวคำตอบนักเรียนอาจจะตอบว่า เพราะมลพิษบางอย่าง หรือพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ เป็นต้น)

2.2 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกถึงเพิ่มขึ้นทีละน้อย (แนวคำตอบนักเรียนอาจจะตอบแตกต่างกันตามประสบการณ์ของนักเรียน เช่น โลกสามารถสะท้อนพลังงานความร้อนกลับสู่ชั้นบรรยากาศได้ หรือโลกมีกระบวนการสมดุลพลังงาน เป็นกระบวนการสะท้อนดูดกลืนและถ่ายโอนพลังงานกลับสู่อวกาศทำให้เกิดสมดุลพลังงานโลก ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกในแต่ละปีค่อนข้างคงที่ และมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยมาก)

3. ครูกล่าวต่อไปว่า ดังนั้นเมื่อโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามมา จากนั้นครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน โดยคละความสามารถของนักเรียน

ขั้นการระบุปัญหา (10 นาที)

1. ครูนำเสนอสถานการณ์ที่ 1 การเกิดแก๊สเรือนกระจก เพื่อนำไปสู่การระบุปัญหาและการตั้งคำถามนำดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สเรือนกระจกอื่น ๆ ออกสู่บรรยากาศโลกในช่วง 150 ปีที่ผ่านมา กระบวนการผลิตไฟฟ้าเป็นสาเหตุสำคัญที่ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากพลังงานหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้ามาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านทำให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เช่นกัน เครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกที่มีอยู่แทบจะทุกครัวเรือน แต่กลับส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ก่อให้เกิดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลายเป็นแก๊สเรือนกระจกซึ่งเป็นตัวการของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



2. จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อระบุปัญหา สาเหตุ และผลกระทบ จากสถานการณ์ข้างต้น ลงในใบกิจกรรมที่ 1 (แนวคำตอบ ปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านทำให้เกิดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สาเหตุมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านที่มากเกินไป จนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามมา)

ขั้นตั้งคำถามนำ (15 นาที)

1. ครูกล่าวว่า “เราทราบปัญหาแล้วว่า ปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าที่สาเหตุมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้า จนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เราจะกำหนดคำถามนำ (Driving Question) จากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว ครูและนักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมการตั้งคำถามนำร่วมกัน

2. ครูแจกบัตรคำถาม (Driving Question card) เพื่อให้นักเรียนฝึกการตั้งคำถามที่สำรวจตรวจสอบได้ โดยประเด็นคำถามตัวอย่างมีดังนี้

- ทำอย่างไรที่จะใช้ไฟฟ้าในบ้านน้อยลง
- บ้านที่ลดการใช้ไฟฟ้าควรเป็นอย่างไร
- ทำอย่างไรที่จะลดการผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเขียนบันทึกคำถามที่สงสัยเกี่ยวกับสถานการณ์ข้างต้นให้ได้มากที่สุดลงในบัตรบันทึกคำถาม จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกคำถามกลุ่มละ 3 คำถาม เพื่อแลกเปลี่ยนกับสมาชิกในชั้นเรียน โดยครูผู้สอนชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ปัญหากับการตั้งคำถาม ว่านักเรียนแต่ละคนสามารถตั้งคำถามได้หลากหลาย ถึงแม้จะเริ่มจากสถานการณ์ปัญหาเดียวกัน แต่มีประเด็นที่

สนใจในปัญหาต่างกัน คำถามที่นักเรียนตั้งขึ้นทั้งหมดจะเป็นคำถามนำได้หรือไม่ นั้น จะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างคำถามนำและสถานการณ์ปัญหา ว่ามีความสอดคล้องกันและเป็นแนวทางในการดำเนินไปสู่การแก้ปัญหาในลำดับถัดไปได้หรือไม่

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำถามนำของกลุ่มตนเอง จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปคำถามที่ใช้นำในการเรียนรู้ครั้งนี้ คือ “การออกแบบบ้านพลังงานสะอาดที่ลดการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างไร”

ขั้นการสำรวจและอธิบาย (20 นาที)

1. นักเรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา คือ ปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกเพื่อหาสาเหตุว่าเพราะเหตุใดแก๊สเรือนกระจกจึงมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งสาเหตุหลักมาจากกระบวนการการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านทำให้เกิดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ แสดงข้อมูลดังตาราง

หน่วย : ล้านตัน CO₂

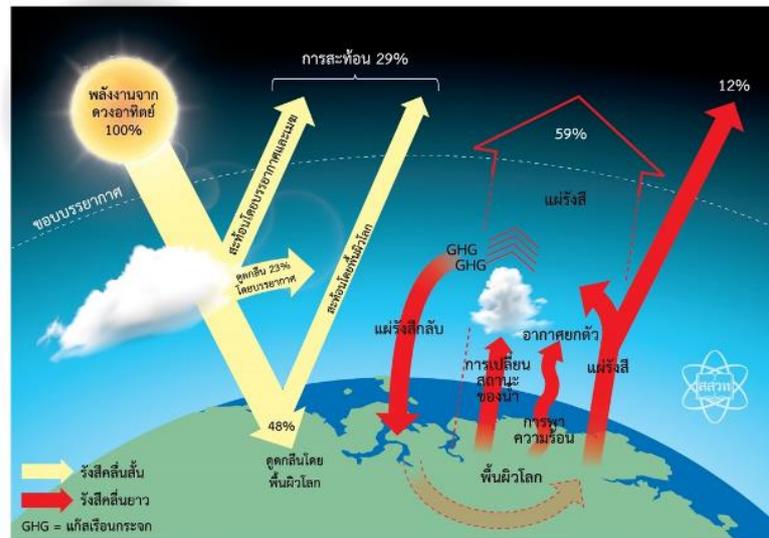
	2560 (2017)	2561 (2018)	2562 (2019)	2563 (2020)	2564 (2021)	การเปลี่ยนแปลง (%)		
						2562	2563	2564
ภาคการผลิตไฟฟ้า	94.7	93.9	94.4	90.9	88.3	0.5	-3.7	-2.9
ภาคการขนส่ง	73.6	75.2	76.7	74.6	69.1	2.0	-2.7	-7.4
ภาคอุตสาหกรรม	75.2	78.4	70.4	69.6	76.5	-10.2	-1.2	9.9
ภาคเศรษฐกิจอื่นๆ	15.0	15.9	16.0	13.5	13.1	0.5	-15.8	-2.5
รวม	258.5	263.4	257.4	248.5	246.9	-2.3	-3.5	-0.6

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนกระทรวงพลังงาน (2564)

ครูผู้สอนและนักเรียนอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นให้เกิดความเข้าใจตรงกันว่ากระบวนการผลิตไฟฟ้ามีการใช้พลังงานฟอสซิลเป็นพลังงานหลักในการผลิต ทั้งจากน้ำมันสำเร็จรูป ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นและส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2. ครูใช้คำถามต่อว่า นักเรียนทราบหรือไม่ว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่อโลกอย่างไร (แนวคำตอบ โลกของเรามีแก๊สต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศห่อหุ้มอยู่โดยรอบ เราเรียกแก๊สกลุ่มนี้ว่า แก๊สเรือนกระจก หรือ Greenhouse Gases เป็นกลุ่มแก๊สที่สามารถดูดกลืนและเปล่งรังสีความร้อนได้ดี ประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สโอโซน แก๊สไนตรัสออกไซด์ และแก๊สมีเทน ทำหน้าที่คล้ายเรือนกระจก เป็นเกราะกักเก็บความร้อนที่จะผ่านลงมายังพื้นผิวโลก และเก็บกักความร้อนบางส่วนเอาไว้ ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นกว่าในกรณีที่โลกไม่มีชั้นบรรยากาศ เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse

Effect ทำให้โลกของเรามีสมดุลพลังงานการแผ่รังสี (Radiative Energy Balance) แสดงกระบวนการสมดุลพลังงานดังแผนภาพ



ภาพแสดงกระบวนการสมดุลพลังงานโลก

ที่มา: <https://proj14.ipst.ac.th/m4-6-earth/m5-earth-book3/>

3. ครูใช้คำถามต่อว่า จากแผนภาพนักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อกระบวนการสมดุลพลังงานของโลก (แนวคำตอบ แก๊สเรือนกระจก ถ้าแก๊สเรือนกระจกสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศมากเกินไปจนสมดุลจะมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ หากพลังงานที่โลกได้รับมากกว่าพลังงานที่เสียไป จะทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น แต่ถ้าพลังงานที่ได้รับน้อยกว่าพลังงานที่เสียไป อุณหภูมิของโลกจะลดลง)

4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นวิธีแก้ปัญหาการลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อออกแบบที่อยู่อาศัยที่สามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้น้อยลง นักเรียนดูตัวอย่างการแก้ปัญหาเพิ่มเติม เช่น การเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน การทำให้สภาพแวดล้อมของบ้านเย็นลงกว่าเดิม ทั้งวัสดุที่ใช้ทำหลังคา ผนังบ้าน สีบ้าน การสร้างบ้านที่มีหน้าต่างกว้างในการระบายอากาศ เป็นต้น

5. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 1 บ้านพลังงานสะอาด โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างบ้านที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กำหนดเงื่อนไขดังนี้

5.1 บ้านที่สร้างแบบจำลองขึ้นให้เป็นไปตามหลักการประหยัดพลังงาน เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ตามที่ครูจัดเตรียมให้ ได้แก่ กระดาษสี กลุ่มละ 4 แผ่น กระดาษแข็ง กลุ่มละ 4 แผ่น เทปใส 1 ม้วน กาว 1 หลอด กระดาษฟอยล์ 1 แผ่น แผ่นใส 1 แผ่น

5.2 บ้านที่ออกแบบขึ้นต้องประเมินการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าไม่เกิน 5.3-5.5 ตันต่อปี มีหลักการคำนวณดังนี้

$$\text{การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)} \times 0.5964^* \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

* ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศไทย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย, 2564)

1 ตัน เท่ากับ 1000 กิโลกรัม

ขั้นการออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา (30 นาที)

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างบ้านบ้านพลังงานสะอาดจริงจากอุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้ให้ จากนั้นระบุเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน พร้อมทั้งคำนวณพลังงานการใช้ไฟฟ้า
2. นักเรียนทำการเปรียบเทียบการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากพลังงานไฟฟ้าของบ้านรักษ์โลกที่นักเรียนสร้างขึ้น ควรมีค่าไม่เกิน 5.3-5.5 ตันต่อปี
3. หากบ้านบ้านพลังงานสะอาดที่นักเรียนสร้างขึ้นมีการคำนวณแล้วพบว่า การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเกิน 5.3-5.5 ตันต่อปี ให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขและทำการคำนวณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าอีกครั้ง ดังตัวอย่างภาพการออกแบบบ้านรักษ์โลก



ภาพแสดงบ้านที่ลดการใช้ไฟฟ้า

ขั้นการประเมินผลงาน ดำเนินการทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอการออกแบบบ้านที่แต่ละกลุ่มได้ดำเนินกิจกรรม และนำเสนอผลการคำนวณปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
2. ครูและนักเรียนอภิปรายการออกแบบบ้านร่วมกันโดยมีประเด็นสำคัญในการอภิปรายดังนี้
 - 2.1 บ้านบ้านพลังงานสะอาดที่ออกแบบขึ้นมีลักษณะอย่างไร (อธิบายการออกแบบภายนอก หลังคา ประตู หน้าต่าง ผนังบ้าน สีบ้าน)
 - 2.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกวัสดุเหล่านั้นมาใช้ในการสร้างบ้าน (อธิบายเหตุผลในการเลือกวัสดุมาใช้ เช่น ติดโซลาร์เซลล์ที่หลังคาเพื่อนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในบ้าน ใช้สีโทนเย็น เป็นต้น)
 - 2.3 ลักษณะเด่นของบ้านคืออะไร (อธิบายถึงข้อดี เช่น มีแสงสว่างจากธรรมชาติ ทำให้ใช้หลอดไฟน้อยลง ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น)

2.4 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเป็นอย่างไร (อธิบายการคำนวณปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการใช้พลังงานไฟฟ้า)

3. เปิดโอกาสให้เพื่อนต่างกลุ่มแสดงความคิดเห็น และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงแบบบ้านและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

4. ครูให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าประเทศไทยได้เข้าเป็นรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) เมื่อปี พ.ศ. 2537 และต่อมาให้สัตยาบันรับรองพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) และความตกลงปารีส (Paris Agreement) ในปี พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2559 ตามลำดับ โดยต้องรายงานข้อมูลการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทุกปี ดังนั้นการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าที่ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก พวกเราจึงควรร่วมมือกันประหยัดพลังงานให้ได้มากที่สุด

7.ภาระงาน/ชิ้นงาน

1. ใบกิจกรรมที่ 1
2. การออกแบบบ้านพลังงานสะอาด

8. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

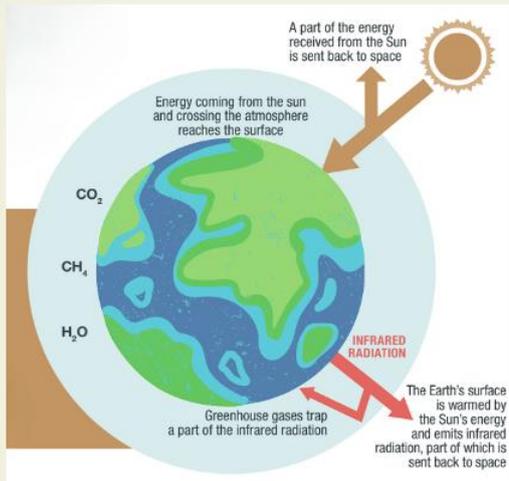
เว็บไซต์แนะนำ <https://climate.nasa.gov>

กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก <https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2020/>

ภาพแสดงกระบวนการสมดุพลังงาน <https://proj14.ipst.ac.th/m4-6-earth/m5-earth-book3/>

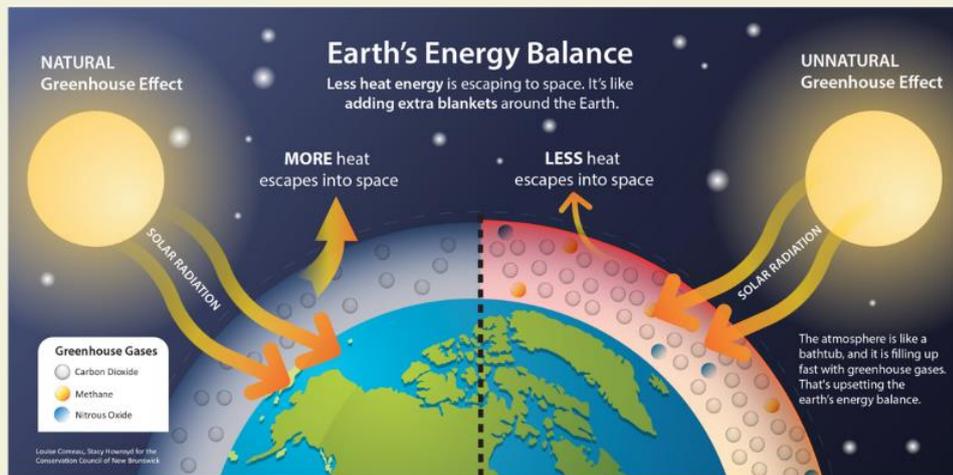
วิดีโอการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก จากปี พ.ศ.2563-2565 https://www.youtube.com/watch?time_continue=9&v=LwRTw_7NNJs&embeds_euri=https%3A%2F%2Fclimate.nasa.gov%2F&embeds_origin=https%3A%2F%2Fclimate.nasa.gov&source_ve_path=MjM4NTE&feature=emb_title

สมดุลพลังงานโลก



บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกมีองค์ประกอบหลักเป็นแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจน ส่วนองค์ประกอบที่เหลือมีสัดส่วนน้อยมาก เช่น แก๊สเรือนกระจก ละอองลอย บรรยากาศมีความสำคัญกับโลกมาก เพราะช่วยควบคุมอุณหภูมิในเวลากลางวันและกลางคืนไม่ให้แตกต่างกันมากและเหมาะสมกับการดำรงชีวิต รังสีดวงอาทิตย์เป็นรังสีคลื่นสั้น ดังนั้นจึงถูกล้างในบรรยากาศอีกครั้ง เราเรียกว่า การแผ่รังสีของโลก (TERRESTRIAL RADIATION)

รังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งของพลังงานหลักเกือบทั้งหมดของระบบภูมิอากาศ ทำให้ถูกดูดกลืนโดยองค์ประกอบต่าง ๆ ในบรรยากาศ ได้แก่ แก๊สต่าง ๆ ละอองลอย และเมฆ รวมถึงการดูดกลืนบนพื้นโลก เช่น พื้นดิน พื้นน้ำ น้ำแข็ง และสิ่งมีชีวิต โดยกลุ่มก๊าซที่สามารถดูดกลืนและเปล่งรังสีความร้อนที่แผ่จากพื้นโลกได้ดี ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ไนตรัสออกไซด์ และแก๊สมีเทน ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนน้อยในบรรยากาศ เราจึงเรียกก๊าซกลุ่มนี้ว่า “แก๊สเรือนกระจก (GREENHOUSE GASES)”



ความสามารถในการดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ เป็นไปตามสัดส่วนความเข้มและมุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ รวมทั้งคุณสมบัติของสิ่งที่รังสีตกกระทบ ได้แก่ สภาพสะท้อน และอัตราส่วนสะท้อน สิ่งที่มีอัตราส่วนสะท้อนสูงหรือมีความสว่างมากจะดูดกลืนรังสีน้อย เช่น บริเวณป่าทึบและมหาสมุทรจะดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ได้มากกว่าบริเวณที่หิมะปกคลุม

รอยเท้าคาร์บอน (carbon footprint) ในชีวิตประจำวัน

กิจกรรมของมนุษย์มีผลทำให้ปริมาณแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้อาการเรือนกระจก (Greenhouse Effect) รุนแรงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ และส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น ที่เรียกว่า อากาศโลกร้อน (Global warming)

รอยเท้าคาร์บอนใช้สำหรับประมาณว่าคน ประเทศ หรือองค์กรหนึ่ง ๆ มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนมากน้อย เพียงใด วิธีการหลักของรอยเท้าคาร์บอนคือ ประเมินปริมาณ คาร์บอนที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมและประเมินความมากน้อย ในการส่งเสริมพลังงานทดแทนหรือพลังงานสะอาดของ องค์กรนั้น เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ หรือการปลูกป่า



คาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือรอยเท้าคาร์บอน เป็นการประเมินปริมาณแก๊สเรือนกระจก ที่ถูกปล่อยออกมาจากการดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ มีหน่วยเป็นตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ ปี (tCO₂e/yr)

ใบกิจกรรมที่ 1 สมดุลพลังงานโลก

กลุ่มที่

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

ตอนที่ 1 สถานการณ์ปัญหา

CLIMATE CHANGE NEWS

สถานการณ์ที่ 1 การเกิดแก๊สเรือนกระจก เพื่อนำไปสู่การระบุปัญหาและการตั้งคำถามนำดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สเรือนกระจกอื่น ๆ ออกสู่บรรยากาศโลกในช่วง 150 กว่าปีที่ผ่านมา กระบวนการผลิตไฟฟ้าเป็นสาเหตุสำคัญที่ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมาก เนื่องจากพลังงานหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้ามาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล การใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านทำให้เกิดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เช่นกัน เครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกที่มีอยู่แทบจะทุกครัวเรือน แต่กลับส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ก่อให้เกิดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลายเป็นแก๊สเรือนกระจกซึ่งเป็นตัวการของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



ภาพแสดงการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้า

1. ระบุสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

2. คำถามนำ (Driving Question)

ตอนที่ 2 บ้านพลังงานสะอาด

คำชี้แจง 1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบบ้านพลังงานสะอาดที่ลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้ากำหนดเงื่อนไขดังนี้

1.1 บ้านที่สร้างแบบจำลองขึ้นให้เป็นไปตามหลักการประหยัดพลังงาน เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ตามที่ครูจัดเตรียมให้ ได้แก่ กระจกสี กลุ่มละ 4 แผ่น กระจกแข็ง กลุ่มละ 4 แผ่น เทปใส 1 ม้วน กาว 1 หลอด กระจกฟอยล์ 1 แผ่น แผ่นใส 1 แผ่น

1.2 บ้านที่ออกแบบขึ้นต้องประเมินการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าไม่เกิน 5.3-5.5 ตันต่อปี มีหลักการคำนวณดังนี้

การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) x 0.5964* (kgCO₂/kWh)

* ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยแก๊สเรือนกระจกของประเทศไทย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกแห่งประเทศไทย, 2564)

ให้นักเรียนประเมินใช้ไฟฟ้าในบ้านที่ออกแบบขึ้น แล้วบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม

เครื่องใช้ไฟฟ้า	จำนวน (เครื่อง)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อวัน	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (วัตต์)
โทรทัศน์		110		
เครื่องปรับอากาศ 18,000 บีทียู		2000		
เครื่องปรับอากาศ 12,000 บีทียู		1000		
เครื่องปรับอากาศ 9,000 บีทียู		880		
พัดลมตั้งโต๊ะ		75		
เตารีดธรรมดา		1000		
เตารีดไอน้ำ		1400		
หม้อหุงข้าว		530		
ไมโครเวฟ		1200		
เครื่องซักผ้า		305		
ตู้เย็น		165		
หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์		36		
หลอดตะเกียบ		20		
ปั้มน้ำ		300		
เครื่องทำน้ำอุ่น		2400		
อุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่		6		
เตาไฟฟ้า		1500		
เครื่องเป่าผม		800		

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าต่อวัน

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)} = \frac{\text{จำนวนเครื่อง} \times \text{ขนาดการใช้ไฟ} \times \text{จำนวนชั่วโมง}}{1000}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การคำนวณการปล่อยแก๊สแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂eq) มีหลักการคำนวณดังนี้

$$\text{การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)} \times 0.5964^* \text{ (kgCO}_2\text{/kWh)}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามชวนคิด

1. กระบวนการสมดุลพลังงานของโลกหมายความว่าอย่างไร

.....

.....

.....

2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานของโลกมีอะไรบ้าง ระบุ 3 ปัจจัยขึ้นไป

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 แนวทางการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า		
คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณากิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจกแล้วหาแนวทางในการแก้ไขปัญหานั้น		
กิจกรรม	ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศอย่างไร	นักเรียนจะแก้ไขหรือยกเลิกกิจกรรมดังกล่าว เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศหรือไม่ ให้นักเรียนขีดเครื่องหมายถูกพร้อมทั้งอธิบายแนวทาง การแก้ไขปัญหานั้น
ตัวอย่าง 1. เปิดไฟทิ้งไว้	การใช้ไฟฟ้ามักทำให้มีการผลิตไฟฟ้ามากตามไปด้วย ซึ่งกระบวนการผลิตไฟฟ้า ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก	(/) ปรับเปลี่ยน () ไม่ปรับเปลี่ยน () ยังไม่เปลี่ยนในเวลานี้ () จะไม่มีทางปรับเปลี่ยน เหตุผล : ปิดไฟเมื่อใช้งานเสร็จ เพื่อช่วยลดการใช้ไฟฟ้า
		() ปรับเปลี่ยน () ไม่ปรับเปลี่ยน () ยังไม่เปลี่ยนในเวลานี้ () จะไม่มีทางปรับเปลี่ยน เหตุผล :
		() ปรับเปลี่ยน () ไม่ปรับเปลี่ยน () ยังไม่เปลี่ยนในเวลานี้ () จะไม่มีทางปรับเปลี่ยน เหตุผล :
		() ปรับเปลี่ยน () ไม่ปรับเปลี่ยน () ยังไม่เปลี่ยนในเวลานี้ () จะไม่มีทางปรับเปลี่ยน เหตุผล :
		() ปรับเปลี่ยน () ไม่ปรับเปลี่ยน () ยังไม่เปลี่ยนในเวลานี้ () จะไม่มีทางปรับเปลี่ยน เหตุผล :
		() ปรับเปลี่ยน () ไม่ปรับเปลี่ยน

แบบประเมินการให้คะแนนใบกิจกรรมที่ 1
กลุ่มที่ วันที่ประเมิน

รายการประเมิน	คะแนนที่ได้				หมายเหตุ
	3	2	1	0	
ด้านความรู้ (K) 1. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานของโลก					
2. อธิบายกระบวนการสมดุลพลังงานโลกได้					
ด้านทักษะ (P) 1. คำนวณปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน					
2. ออกแบบบ้านรักษ์โลกเพื่อช่วยลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก					
3. สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม					
ด้านเจตคติ (A) 1. แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบของกิจกรรมในชีวิตประจำวันต่อการปล่อยแก๊สเรือนกระจก					
รวมคะแนน					

เกณฑ์การตัดสิน

คะแนน	ระดับคุณภาพ
12-15	ดีมาก
8-11	ดี
4-7	พอใช้
0-3	ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินการให้คะแนนใบกิจกรรมที่ 1

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ด้านความรู้ (K) 1. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานของโลก	สามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานของโลกได้ ถูกต้องสมบูรณ์ 3 ปัจจัยขึ้นไป เช่น สัมพันธและการเอียงของแกนหมุนโลก แก๊สเรือนกระจก ลักษณะของพื้นผิวโลก และการเกิดภูเขาไฟระเบิด	สามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานของโลกได้แต่ไม่สมบูรณ์ 2 ปัจจัย เช่น สัมพันธและการเอียงของแกนหมุนโลก แก๊สเรือนกระจก ลักษณะของพื้นผิวโลก และการเกิดภูเขาไฟระเบิด	สามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานของโลกได้ 1 ปัจจัย เช่น สัมพันธและการเอียงของแกนหมุนโลก แก๊สเรือนกระจก ลักษณะของพื้นผิวโลก และการเกิดภูเขาไฟระเบิด	ไม่สามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานของโลกได้
2. อธิบายกระบวนการสมดุลพลังงานโลกได้	สามารถอธิบายเกี่ยวกับการกระบวนการสมดุลพลังงานโลกได้ถูกต้องสมบูรณ์ ได้ทั้ง 3 ประเด็น เช่น การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ การดูดกลืนพลังงาน การสะท้อนรังสี	สามารถอธิบายเกี่ยวกับการกระบวนการสมดุลพลังงานโลกได้ถูกต้องสมบูรณ์ ได้ 2 ใน 3 ประเด็น เช่น การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ การดูดกลืนพลังงาน การสะท้อนรังสี	สามารถอธิบายเกี่ยวกับการกระบวนการสมดุลพลังงานโลกได้ถูกต้องสมบูรณ์ ได้ 1 ใน 3 ประเด็น เช่น การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ การดูดกลืนพลังงาน การสะท้อนรังสี	ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับการกระบวนการสมดุลพลังงานของโลกได้

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
<p>ด้านทักษะ (P)</p> <p>1. จำนวนปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน</p>	สามารถบอกรายละเอียดกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจกได้สมบูรณ์ แสดงแนวคิด และสามารถหาปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง	สามารถบอกรายละเอียดกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจกได้บางส่วน แสดงแนวคิด และสามารถหาปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง	สามารถบอกรายละเอียดกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจกได้น้อย แสดงแนวคิดได้ แต่ไม่สามารถหาปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้	ไม่สามารถแสดงแนวคิดและไม่สามารถหาปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้
<p>2. ออกแบบบ้านพลังงานสะอาดเพื่อช่วยลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก</p>	ออกแบบบ้านโดยใช้วิธีการที่ถูกต้อง สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา พร้อมอธิบายเหตุผลสนับสนุนวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ออกแบบวิธีการลดปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ครบทุกประเด็นและแนวทางสามารถปฏิบัติได้จริง	ออกแบบบ้านโดยมีใช้วิธีการที่ถูกต้อง สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา พร้อมอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน เช่น ออกแบบการลดปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ และแนวทางสามารถปฏิบัติได้บางส่วน	ออกแบบบ้านโดยใช้วิธีการไม่เหมาะสม ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา และอธิบายเหตุผลสนับสนุนวิธีการแก้ปัญหาได้ไม่ชัดเจน เช่น ออกแบบการลดปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้ไม่ตรงประเด็นและไม่สามารถนำแนวทางปฏิบัติได้จริง	ไม่สามารถออกแบบบ้านได้และแนวทางในการแก้ปัญหาการลดปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้
<p>3. สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม</p>	สืบค้น ค้นคว้า ข้อมูลข่าวสารจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ รวบรวมและสรุปข้อมูลได้ครอบคลุมทุกประเด็น และสามารถใช้เทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ในการทำงาน การนำเสนองานทั้งต่อตนเองและผู้อื่น	สืบค้น ค้นคว้า ข้อมูลข่าวสารจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ รวบรวมและสรุปข้อมูลได้บางส่วน และสามารถใช้เทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ในการทำงาน การนำเสนองานทั้งต่อตนเองและผู้อื่น	สืบค้น ค้นคว้า ข้อมูลข่าวสารจากแหล่งเรียนรู้ที่ไม่หลากหลาย รวบรวมและสรุปข้อมูลได้บางส่วน และไม่สามารถใช้เทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ในการทำงาน การนำเสนองานทั้งต่อตนเองและผู้อื่น	สืบค้น ค้นคว้า แต่ต้องให้ผู้อื่นแนะนำ และไม่สามารถใช้เทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ในการทำงาน การนำเสนองานทั้งต่อตนเองและผู้อื่น

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ด้านเจตคติ (A) 1. แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบของกิจกรรมในชีวิตประจำวันต่อการปล่อยแก๊สเรือนกระจก	อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเกี่ยวกับการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามแนวทางทางการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเกี่ยวกับการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก แต่ไม่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามแนวทางทางการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นของตนเอง ไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเกี่ยวกับการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก และไม่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามแนวทางทางการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่แสดงความคิดเห็น ไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ไม่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามแนวทางทางการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

หน่วยการเรียนรู้ที่ 9 วิชา วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ
 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภาคเรียนที่ 2
 เวลา 30 นาที ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
 ชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่

คำชี้แจง

- แบบวัดฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบ จำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวม 12 ข้อ
- ใช้เวลาสอบ 30 นาที

คำชี้แจง : อ่านข้อมูลและตอบคำถามให้ครบถ้วน

สถานการณ์ที่ 1 การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการคมนาคม

เชื้อเพลิงฟอสซิล จำแนกออกเป็น 3 ประเภทตามสถานะของสาร ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันดิบ และแก๊สธรรมชาติ เมื่อเชื้อเพลิงฟอสซิลถูกเผาไหม้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ผลผลิตสุดท้ายที่ปล่อยออกมาคือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจัดเป็นแก๊สเรือนกระจก งานวิจัยระบุว่าประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการคมนาคมขนส่งมากที่สุด จากการศึกษาปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของการเดินทางด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่า การเดินทางแต่ละวิธีจะปล่อยปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เท่ากันแสดงดังตาราง ตาราง แสดงปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการเดินทางด้วยวิธีต่าง ๆ

การเดินทาง	ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (กรัมต่อกิโลเมตร)
เครื่องบิน	288
รถยนต์ส่วนตัว (น้ำมันเบนซิน)	243.8
รถยนต์ส่วนตัว (น้ำมันดีเซล)	205
รถยนต์ส่วนตัว (ไฟฟ้า)	132
รถจักรยานยนต์	119.6
รถไฟฟ้า	28.6
เรือ	19
รถโดยสารสาธารณะ	17.7
จักรยาน	0
เดิน	0

ที่มา: <https://www.dailytelegraph.com.au/lifestyle/smart/carbon-emissions-how-every-mode-of-transport-compares/news-story/72a0c7b01d6a5202342762db14de22f9>

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (3 คะแนน)

.....

.....

2. นักเรียนจะตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมอย่างไร

.....

.....

3. จากปัญหาที่นักเรียนระบุไว้ในข้อ 1 วิธีการแก้ปัญหานี้มีอะไรบ้าง ระบุให้ได้อย่างน้อย 3 วิธี

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

4. จากวิธีการแก้ปัญหาในข้อ 3 เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด พร้อมอธิบายโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบให้เห็นว่าแนวทางการแก้ปัญหาที่เลือกถูกต้องและเหมาะสมต่อการนำไปปฏิบัติ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การตรวจให้คะแนน

ประเด็นที่ ต้องการ ประเมิน	คำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
การระบุปัญหา	คำถามข้อ 1. จากสถานการณ์ ดังกล่าว ปัญหา ของสถานการณ์นี้ คืออะไร	<ul style="list-style-type: none"> ○ สามารถระบุประเด็นปัญหาสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ถูกต้อง สมบูรณ์ ให้ 3 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - ปัญหาการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากกิจกรรมต่าง ๆ ใน ชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งผลจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ฟอสซิลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และ แก๊สเรือนกระจก จนอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น - ปัญหาการเพิ่มปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊ส เรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกิจกรรมประจำวัน จากการคมนาคมขนส่ง จนอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น - ปัญหาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิง ฟอสซิล สาเหตุหลักมาจากการคมนาคมขนส่ง ซึ่งเป็นสาเหตุ ของการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สเรือนกระจก ○ สามารถระบุประเด็นปัญหาสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้แต่ไม่ สมบูรณ์ ให้ 2 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - ปัญหาการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการใช้ยานพาหนะ - ปัญหาการเพิ่มปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊ส เรือนกระจกจากการใช้รถ การขนส่ง <ul style="list-style-type: none"> - ปัญหาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น จากการใช้เชื้อเพลิง ฟอสซิล ○ สามารถระบุประเด็นปัญหาได้ ให้ 1 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - ปัญหาการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการขนส่ง - ปัญหาภาวะโลกร้อนจากการขนส่ง - ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากการขนส่ง ○ ไม่สามารถระบุปัญหาได้หรือระบุปัญหาไม่ถูกต้อง ให้ 0 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - ปัญหาการใช้แก๊สธรรมชาติ - ปัญหาการใช้ถ่านหิน - ปัญหาการใช้น้ำมันมากเกินไป

ประเด็นที่ ต้องการ ประเมิน	คำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
การตั้งคำถาม เพื่อแก้ปัญหา	คำถามข้อ 2 คำถามที่นำมาสู่ วิธีการแก้ปัญหา ของสถานการณ์นี้ คืออะไร	<ul style="list-style-type: none"> ○ สามารถตั้งคำถามนำได้ชัดเจน สอดคล้องกับสถานการณ์ ปัญหา และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา ให้ 3 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - ทำอย่างไรที่จะให้การเดินทางของเราไม่ส่งผลกระทบต่อ เพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกลดลง - แนวทางการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการเดินทางใน ชีวิตประจำวันทำได้อย่างไร - ทำอย่างไรที่จะลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล จากการเดินทางใน ชีวิตประจำวัน ○ สามารถตั้งคำถามนำได้ สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา แต่ไม่ สามารถนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาได้ ให้ 2 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - การลดการใช้เชื้อเพลิงจากการเดินทางทำได้อย่างไร - การปรับพฤติกรรมการเดินทางทำอย่างไร - สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกได้อย่างไร ○ สามารถตั้งคำถามอย่างง่ายได้ ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ ปัญหา และไม่สามารถนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา ให้ 1 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลส่งผลกระทบต่ออย่างไร - กิจกรรมของมนุษย์ส่งผลกระทบต่ออย่างไร - ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น ○ ไม่สามารถตั้งคำถามได้ ให้ 0 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - เชื้อเพลิงฟอสซิลคืออะไร - เชื้อเพลิงฟอสซิลมาจากไหน - เชื้อเพลิงฟอสซิลมีประโยชน์อย่างไร
การเสนอวิธีการ แก้ปัญหาที่ หลากหลาย	คำถามข้อ 3 จากปัญหาที่ นักเรียนระบุไว้ใน ข้อ 1 วิธีการ แก้ปัญหานี้มี อะไรบ้าง ระบุให้ ได้มากที่สุด	<ul style="list-style-type: none"> ○ สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม 3 วิธีขึ้นไป ให้ 3 คะแนน ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - การใช้พลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ ทดแทน - การลดการเดินทางที่ไม่จำเป็น - การลดการลงทุนในเชื้อเพลิงฟอสซิล - การปกป้องรักษาระบบนิเวศในมหาสมุทร เพื่อเพิ่มพื้นที่ใน การกักเก็บคาร์บอน

ประเด็นที่ ต้องการ ประเมิน	คำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
		<p>- การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเดินทางในชีวิตประจำวันที่ทำให้การปล่อยแก๊สเรือนกระจกและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม 2 วิธี ให้ 2 คะแนน ○ สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาถูกต้องเหมาะสม 1 วิธี ให้ 1 คะแนน ○ ไม่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ให้ 0 คะแนน
การดำเนินการ แก้ปัญหา และ ประเมินความ เป็นไปได้ของวิธี แก้ปัญหา	คำถามข้อ 5 จากวิธีการ แก้ปัญหาที่ นักเรียนเลือก ให้ นักเรียนบอกผลที่ คาดว่าจะเกิดขึ้น จากการแก้ปัญหา พร้อมอธิบายโดย ใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และ เปรียบเทียบให้ เห็นว่าแนว ทางการแก้ปัญหา ที่เลือกถูกต้อง และเหมาะสม	<ul style="list-style-type: none"> ○ สามารถอธิบายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ อธิบายโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบให้เห็นว่าแนวทางการแก้ปัญหาที่เลือกถูกต้องและเหมาะสม ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเดินทางในชีวิตประจำวันสามารถลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เช่น การใช้ขนส่งสาธารณะ รถโดยสาร การเดิน และปั่นจักรยาน จากข้อมูลจะเห็นว่าปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำที่สุด คือ 17.7 0 และ 0 กรัมต่อกิโลเมตร ตามลำดับ ○ สามารถอธิบายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ อธิบายโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่มีการเปรียบเทียบให้เห็นว่าแนวทางการแก้ปัญหาที่เลือกถูกต้องและเหมาะสม ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในชีวิตประจำวันสามารถลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เช่น การใช้ขนส่งสาธารณะ รถโดยสาร การเดิน และปั่นจักรยาน ○ สามารถอธิบายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่มีการอธิบายโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบให้เห็นว่าแนวทางการแก้ปัญหาที่เลือกถูกต้องและเหมาะสม ดังตัวอย่าง <ul style="list-style-type: none"> - การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในชีวิตประจำวันสามารถลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ○ ไม่สามารถอธิบายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้

ตัวอย่างแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 9

วิชา วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ภาคเรียนที่ 2

เวลา 30 นาที

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

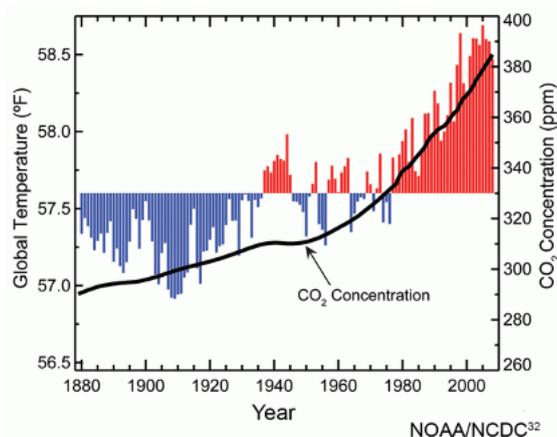
ชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบถูกผิด จำนวน 20 ข้อ
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย หน้าข้อความที่ถูกต้อง
3. ใช้เวลาสอบ 20 นาที

1. ใช้ข้อมูลตอบคำถามต่อไปนี้

แก๊สเรือนกระจก (Greenhouse Gases) เป็นกลุ่มแก๊สที่สามารถดูดกลืนและเปล่งรังสีความร้อนได้ดี ถ้ามีปริมาณเหมาะสมจะส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกค่อนข้างคงที่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จัดเป็นแก๊สเรือนกระจกชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดจากธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด การปะทุ และเกิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการตัดไม้ทำลายป่า หลังยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ปี ค.ศ. 1880 ปริมาณการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจำนวนมาก เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล แสดงข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ดังกราฟ



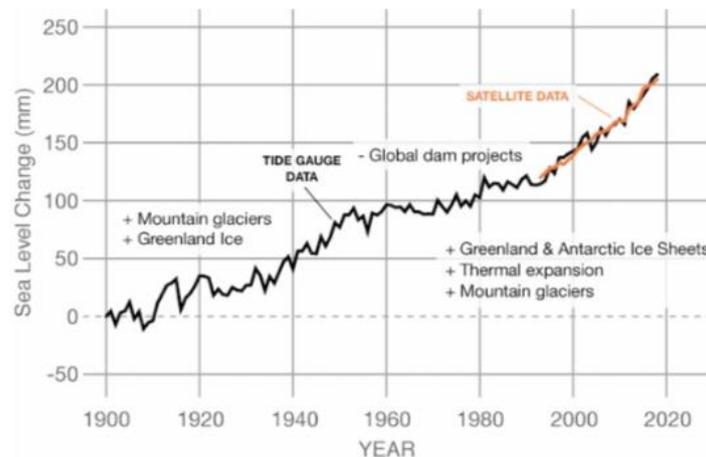
กราฟอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ที่มา: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_carbon_dioxide_

- 1. แก๊สเรือนกระจกทำหน้าที่คล้ายกับหลังคาของโลก ช่วยควบคุมอุณหภูมิในเวลากลางวันไม่ร้อนเกินไปและกลางคืนไม่หนาวเกินไป
- 2. ถ้าหากโลกไม่มีแก๊สเรือนกระจก อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะต่ำกว่าปัจจุบัน
- 3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสาเหตุเดียวที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 4. การเพิ่มขึ้นของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยของโลก

2. ใช้ข้อมูลตอบคำถามต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่สูงขึ้น ธารน้ำแข็งทั่วโลกละลายอย่างรวดเร็วและไหลไปรวมกับน้ำในมหาสมุทร ทำให้ระดับน้ำในมหาสมุทรสูงขึ้นกว่าเดิม มหาสมุทรทำหน้าที่ช่วยดูดซับแก๊สเรือนกระจกและกักเก็บความร้อน จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทรสูงขึ้น น้ำและเกิดขยายตัวของน้ำซึ่งเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ปัจจัยหลักที่ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. ธารน้ำแข็งบนบก เมื่อธารน้ำแข็งละลายกระแสน้ำจะไหลลงสู่มหาสมุทร 2. น้ำแข็งขั้วโลกเหนือและใต้ และ 3. การขยายตัวทางความร้อนของน้ำในมหาสมุทร



กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นใน ปี ค.ศ.1990-2020

ที่มา: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>

- 1. เมื่อแผ่นน้ำแข็งขั้วโลกกลายเป็นน้ำในมหาสมุทร อุณหภูมิของโลกจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
- 2. ธารน้ำแข็งที่กรีนแลนด์หลอมเหลวจะส่งผลให้ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น
- 3. ธารน้ำแข็งที่ทวีปแอนตาร์กติกาหลอมเหลวจะส่งผลให้ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น
- 4. การลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลได้

ตัวอย่างแบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แบบสอบถามเจตคติและพฤติกรรมต่อสภาพภูมิอากาศ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 9 วิชา วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ
เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภาคเรียนที่ 2
เวลา 30 นาที ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่

คำชี้แจง

- แบบวัดฉบับนี้ ถ้ามเกี่ยวกับเจตคติและพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ขอให้นักเรียนอ่านข้อความอย่างละเอียดและพิจารณาให้รอบคอบ แล้วจึงตัดสินใจเลือกตอบ
- ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ในช่องทางขวามือที่ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด โดยมีคำตอบให้เลือก 5 ระดับดังนี้
 - หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาในระดับมาก
 - หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาในระดับค่อนข้างมาก
 - หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาในระดับปานกลาง
 - หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาในระดับค่อนข้างน้อย
 - หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมที่แสดงออกมาในระดับน้อย
- การตอบแบบวัดไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด คำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียนแต่อย่างใด



รายการ	ระดับความรู้สึก				
	มาก (5)	ค่อนข้างมาก (4)	ปานกลาง (3)	ค่อนข้างน้อย (2)	น้อย (1)
1. ฉันสนใจที่จะรับฟังข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ					
2. ฉันคิดว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะไม่เกิดขึ้นจริง					
3. ฉันมีความกังวลเกี่ยวกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน					
4. ฉันให้ความสำคัญกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น การ					

รายการ	ระดับความรู้สึก				
	มาก (5)	ค่อนข้างมาก (4)	ปานกลาง (3)	ค่อนข้างน้อย (2)	น้อย (1)
ใช้ไฟฟ้ามากเกินไป การใช้ถุงพลาสติก และการทิ้งขยะอาหาร					
5. ฉันสนับสนุนการใช้พลังงานสะอาด เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ					
6. ฉันเชื่อว่าการลดการบริโภคเนื้อสัตว์ ให้น้อยลงเป็นวิธีการลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้					
7. ฉันคิดว่าต้องใช้มาตรการบางอย่าง เพื่อแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเร็วที่สุด					
8. ฉันคิดว่าการปฏิบัติตามมาตรการของภาครัฐในการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นเรื่องที่ทุกคนควรมีส่วนร่วม					
9. ฉันเชื่อว่าการรับผิดชอบในการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นเรื่องส่วนบุคคล					
10. ฉันสนใจที่จะเข้าร่วมโครงการที่ช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ					
11. ฉันเคยเห็นผลิตภัณฑ์ที่มีสัญลักษณ์การใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาใช้ใหม่					
12. ฉันเคยพบเห็นสินค้าที่แนบฉลากคาร์บอนผลิตภัณฑ์					
13. ฉันเต็มใจนำถุงผ้าไปซื้อสินค้าเสมอ					
14. ฉันใช้น้ำอย่างประหยัด และอนุรักษ์การใช้น้ำอย่างถูกวิธี					



ภาคผนวก ค

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตาราง 27 ความสอดคล้อง (IOC) ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	ผลการประเมิน				
	1	2	3		
1. รูปแบบในการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism)	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น สะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการตั้งคำถามนำ	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
5. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ชัดเจนและสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่กำหนด	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
6. บทบาทของผู้เรียนและผู้สอนมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้น	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

ตาราง 28 ความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
	ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มี ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับ เหมาะสมในการนำไปจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน จริง	3	5	5	4.33	มาก
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เหมาะสม ในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ให้กับผู้เรียน	3	4	4	3.67	มาก
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เหมาะสมในการส่งเสริมความตระหนักรู้เกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้กับผู้เรียน	4	4	4	4.00	มาก
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	5	5	4.67	มากที่สุด
5. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นนำเข้าสู่ บทเรียน มีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4	5	4	4.33	มาก
6. ชั้นระบุปัญหามีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	3	5	5	4.33	มาก
7. ชั้นตั้งคำถามนำมีบทบาทผู้เรียน ผู้สอน ชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ ให้กับผู้เรียน	4	5	5	4.67	มากที่สุด
8. ชั้นสำรวจและอธิบายมีบทบาทผู้เรียน ผู้สอน ชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ ให้กับผู้เรียน	5	5	4	4.67	มากที่สุด
9. ชั้นออกแบบและดำเนินการแก้ปัญหา มีบทบาทผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการ นำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	3	5	4	4.00	มาก

รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
	ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3		
10. ชั้นประเมินผลมีบทบาทกับผู้เรียน ผู้สอนชัดเจน เหมาะสมต่อการนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4	5	5	4.67	มากที่สุด
11. การวัดและประเมินผลที่ระบุในรูปแบบการ จัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับแนวทางในกร จัดการเรียนรู้และนำไปใช้	4	5	4	4.33	มาก
12. การวัดและประเมินผลที่ระบุในรูปแบบการ จัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับระดับของ ผู้เรียน	5	5	5	5.00	มากที่สุด

คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตาราง 29 ความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ที่ระบุในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2561)	แผนที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
2. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับสาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
3. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่สะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหา	แผนที่ 1	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 4	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
4. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่สะท้อนความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	แผนที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 2	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การ	แผนที่ 1	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 2	0	+1	+1	0.67	ผ่าน

รายการประเมิน	แผนการจัด การเรียนรู้	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
เรียนรู้ตามที่ระบุไว้	แผนที่ 3	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 4	+1	+1	+1	1.00	
	แผนที่ 5	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละ ขั้นตอน	แผนที่ 1	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 2	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
มีความสอดคล้องกับรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	แผนที่ 3	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 5	-1	+1	0	0.00	ปรับปรุง
7. กิจกรรมการเรียนรู้มีความ สอดคล้องกับแนวทางการ ส่งเสริมความสามารถในการ แก้ปัญหา	แผนที่ 1	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 2	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 3	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 4	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 5	-1	+1	0	0.00	ปรับปรุง
8. กิจกรรมการเรียนรู้มีความ สอดคล้องกับแนวทางการ ส่งเสริมตระหนักรู้เกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	แผนที่ 1	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 2	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 3	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 5	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
9. วิธีการวัดผลประเมินผลมี ความสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และสมรรถนะที่สำคัญของ ผู้เรียน	แผนที่ 1	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 3	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 4	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	แผนที่ 5	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
10. สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความ สอดคล้องกับกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้	แผนที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	แผนที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

รายการประเมิน	แผนการจัด การเรียนรู้	ความสอดคล้อง			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
	แผนที่ 5	0	+1	+1	0.67	ผ่าน

ตาราง 30 ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	แผนที่	ความเหมาะสม			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
1. สารสำคัญมีความ เหมาะสมและชัดเจน	แผนที่ 1	5	4	4	4.33	มาก
	แผนที่ 2	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	แผนที่ 3	5	3	4	4.00	มาก
	แผนที่ 4	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	แผนที่ 5	5	5	3	4.33	มาก
2. เนื้อหา มีความ เหมาะสมกับระดับของ ผู้เรียน	แผนที่ 1	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	แผนที่ 2	4	5	4	4.33	มาก
	แผนที่ 3	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	แผนที่ 4	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	แผนที่ 5	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ เหมาะสมกับพฤติกรรมที่ แสดงออกถึง ความสามารถในการ แก้ปัญหาตามระดับของ ผู้เรียน	แผนที่ 1	5	4	3	4.00	มาก
	แผนที่ 2	5	3	3	3.67	มาก
	แผนที่ 3	5	4	3	4.00	มาก
	แผนที่ 4	5	4	3	4.00	มาก
	แผนที่ 5	5	5	3	4.33	มาก
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ เหมาะสมกับพฤติกรรมที่ แสดงออกถึงความ ตระหนักรู้เกี่ยวกับการ	แผนที่ 1	5	4	4	4.33	มาก
	แผนที่ 2	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	แผนที่ 3	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	แผนที่ 4	5	5	5	5.00	มากที่สุด

รายการประเมิน	แผนที่	ความเหมาะสม				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศตามระดับของ ผู้เรียน	แผนที่ 5	4	5	5	4.67	มากที่สุด
5. การจัดการเรียนรู้	แผนที่ 1	3	4	3	3.33	ปานกลาง
ส่งเสริมความสามารถใน	แผนที่ 2	3	5	3	3.67	มาก
การแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน	แผนที่ 3	3	4	3	3.33	ปานกลาง
	แผนที่ 4	4	5	3	4.00	มาก
	แผนที่ 5	3	5	4	4.00	มาก
6. การจัดการเรียนรู้	แผนที่ 1	3	3	4	3.33	ปานกลาง
ส่งเสริมความตระหนักรู้	แผนที่ 2	3	4	4	3.67	มาก
เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง	แผนที่ 3	3	4	5	4.00	มาก
สภาพภูมิอากาศให้กับ	แผนที่ 4	4	4	4	4.00	มาก
ผู้เรียน	แผนที่ 5	3	5	5	4.33	มาก
7. การจัดการเรียนรู้	แผนที่ 1	4	5	4	4.33	มาก
เหมาะสมกับสภาพปัญหา	แผนที่ 2	3	5	5	4.33	มาก
และความจำเป็นในการลด	แผนที่ 3	3	4	5	4.00	มาก
ปัญหาการเปลี่ยนแปลง	แผนที่ 4	4	5	4	4.33	มาก
สภาพภูมิอากาศ	แผนที่ 5	3	5	5	4.33	มาก
8. แผนการจัดการเรียนรู้มี	แผนที่ 1	3	4	3	3.33	ปานกลาง
การกำหนดชิ้นงาน/ภาระ	แผนที่ 2	3	4	3	3.33	ปานกลาง
งานอย่างเหมาะสม	แผนที่ 3	3	3	5	3.67	มาก
	แผนที่ 4	4	5	4	4.33	มาก
	แผนที่ 5	2	5	4	3.67	มาก
9. การวัดและประเมินผล	แผนที่ 1	3	5	3	3.67	มาก
การเรียนรู้มีความ	แผนที่ 2	4	4	3	3.67	มาก
เหมาะสมกับมาตรฐาน/ ตัวชี้วัด/กิจกรรมการเรียนรู้	แผนที่ 3	4	4	4	4.00	มาก
	แผนที่ 4	4	4	4	4.00	มาก

รายการประเมิน	แผนที่	ความเหมาะสม				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
	แผนที่ 5	4	5	4	4.33	มาก
10. สื่อและแหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	แผนที่ 1	3	5	3	3.67	มาก
	แผนที่ 2	3	5	2	3.33	ปานกลาง
	แผนที่ 3	4	5	4	4.33	มาก
	แผนที่ 4	5	5	4	4.67	มาก
	แผนที่ 5	3	5	4	4.00	มาก
11. ระยะเวลาที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับการนำไปปฏิบัติจริง	แผนที่ 1	3	5	4	4.00	มาก
	แผนที่ 2	3	3	4	3.33	ปานกลาง
	แผนที่ 3	4	5	4	4.33	มาก
	แผนที่ 4	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	แผนที่ 5	2	5	4	3.67	มาก
12. ภาระงานที่กำหนดมีความเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน	แผนที่ 1	3	5	4	4.00	มาก
	แผนที่ 2	3	5	4	4.00	มาก
	แผนที่ 3	3	5	4	4.33	มาก
	แผนที่ 4	4	5	4	4.67	มากที่สุด
	แผนที่ 5	3	5	4	4.00	มาก

คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตาราง 31 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

รายการประเมิน	สถานการณ์ปัญหา	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการคมนาคม	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	4. ขยะพลาสติกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	5. ขยะอาหารกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
2. คำถามที่นำมาสู่วิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการคมนาคม	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	4. ขยะพลาสติกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	5. ขยะอาหารกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
3. จากปัญหาที่นักเรียนระบุไว้ในข้อ 1 วิธีการแก้ปัญหานี้มีอะไรบ้าง ระบุ	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการคมนาคม	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

รายการประเมิน	สถานการณ์ปัญหา	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
อย่างน้อย 3 วิธี	เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ					
	4. ขยะพลาสติกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ					
	5. ขยะอาหารกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
4. จากข้อ 3	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการคมนาคม	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้มากที่สุด พร้อมอธิบายโดยใช้เวลาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเปรียบเทียบให้เห็นว่าแนวทางการแก้ปัญหาที่เลือกถูกต้องและเหมาะสมต่อการนำไปปฏิบัติ	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	4. ขยะพลาสติกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	5. ขยะอาหารกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
5. เกณฑ์การให้คะแนนรายข้อมีความสอดคล้อง/เหมาะสมในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการคมนาคม	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	4. ขยะพลาสติกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

รายการประเมิน	สถานการณ์ปัญหา	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
5. ขยะอาหารกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ		+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

ตาราง 32 ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

รายการประเมิน	สถานการณ์ปัญหา	ความเหมาะสม				
		ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการคมนาคม	5	3	5	4.33	มาก
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	5	3	5	4.33	มาก
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	5	3	5	4.33	มาก
	4. ขยะพลาสติกกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	5	3	3	3.67	มาก
	5. ขยะอาหารกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	5	3	5	4.33	มาก
2. คำถามที่นำมาสู่วิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการคมนาคม	4	4	5	4.33	มาก
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	4	4	5	4.33	มาก
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการ	4	4	5	4.33	มาก

รายการประเมิน	สถานการณ์ปัญหา	ความเหมาะสม				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
1	2	3				
	เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ					
	4. ขยะพลาสติกกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	4	4	3	3.67	มาก
	5. ขยะอาหารกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	4	4	5	4.33	มาก
3. จากปัญหาที่นักเรียน ระบุไว้ในข้อ 1 วิธีการ แก้ปัญหาที่มีอะไรบ้าง ระบุอย่างน้อย 3 วิธี	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เพื่อการคมนาคม	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	4. ขยะพลาสติกกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	5	4	3	4.00	มาก
	5. ขยะอาหารกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	5	4	5	4.67	มากที่สุด
4. จากข้อ 3 เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่เป็นไปได้มาก ที่สุด พร้อมอธิบายโดยใช้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบให้เห็นว่า แนวทางการแก้ปัญหาที่ เลือกถูกต้องและเหมาะสม ต่อการนำไปปฏิบัติ	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เพื่อการคมนาคม	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร้อน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	4. ขยะพลาสติกกับการ	5	4	3	4.00	มาก

รายการประเมิน	สถานการณ์ปัญหา	ความเหมาะสม				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
1	2	3				
	เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ					
	5. ขยะอาหารกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	5	4	5	4.67	มาก ที่สุด
5. เกณฑ์การให้คะแนน รายชื่อมีความสอดคล้อง/ เหมาะสม ในการวัด ความสามารถในการ แก้ปัญหา	1. การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เพื่อการคมนาคม	5	5	5	5.00	มาก ที่สุด
	2. การเกษตรกับภาวะโลกร ้อน	5	5	5	5.00	มาก ที่สุด
	3. การผลิตไฟฟ้ากับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	5	5	5	5.00	มาก ที่สุด
	4. ขยะพลาสติกกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	5	5	5	5.00	มาก ที่สุด
	5. ขยะอาหารกับการ เปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	5	5	5	5.00	มาก ที่สุด

คุณภาพของแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตาราง 33 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

รายการประเมิน	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
1	2	3				
1. สมดุลพลังงานโลก	ข้อที่ 1	+1	0	0	0.33	ปรับปรุง
	ข้อที่ 2	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
2. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการเพิ่มระดับน้ำทะเล	ข้อที่ 1	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
3. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับความมั่นคงทางอาหาร	ข้อที่ 1	+1	-1	+1	0.33	ปรับปรุง
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

รายการประเมิน	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
1	2	3				
	ข้อที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 8	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
4. พฤติกรรมการ	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
บริโภคอาหารกับการ	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
เปลี่ยนแปลงสภาพ	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ภูมิอากาศ	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
5. การลดปัญหาการ	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
เปลี่ยนแปลงสภาพ	ข้อที่ 2	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
ภูมิอากาศ	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 5	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
	ข้อที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	ข้อที่ 8	+1	0	+1	0.67	ผ่าน

ตาราง 34 ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

รายการประเมิน	ข้อ คำถาม	ความเหมาะสม				
		ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
1. สมดุลพลังงานโลก	ข้อที่ 1	4	2	5	3.67	มาก
	ข้อที่ 2	5	2	5	4.00	มาก
	ข้อที่ 3	5	4	3	4.00	มาก
	ข้อที่ 4	5	3	4	4.00	มาก
	ข้อที่ 5	4	3	4	3.67	มาก
	ข้อที่ 6	5	4	4	4.33	มาก
	ข้อที่ 7	5	4	4	4.33	มาก
	ข้อที่ 8	5	2	3	3.33	ปานกลาง
2. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กับการเพิ่มระดับน้ำทะเล	ข้อที่ 1	5	3	4	4.00	มาก
	ข้อที่ 2	5	3	4	4.00	มาก
	ข้อที่ 3	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 4	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 5	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 6	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 7	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 8	5	5	4	4.67	มากที่สุด
3. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กับความมั่นคงทางอาหาร	ข้อที่ 1	5	2	4	3.67	มาก
	ข้อที่ 2	5	2	4	3.67	มาก
	ข้อที่ 3	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 4	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 5	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 6	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 7	5	3	4	4.00	มาก
	ข้อที่ 8	5	3	4	4.00	มาก

รายการประเมิน	ข้อ คำถาม	ความเหมาะสม				
		ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
4. พฤติกรรมการบริโภคอาหารกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ข้อที่ 1	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	ข้อที่ 2	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	ข้อที่ 3	5	3	5	4.33	มาก
	ข้อที่ 4	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 5	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 6	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 7	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 8	5	3	5	4.33	มาก
5. การลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ข้อที่ 1	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	ข้อที่ 2	5	5	4	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 3	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	ข้อที่ 4	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	ข้อที่ 5	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 6	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	ข้อที่ 7	5	5	5	5.00	มากที่สุด
	ข้อที่ 8	5	2	5	4.00	มาก

คุณภาพแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
และแบบวัดเจตคติและพฤติกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตาราง 35 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบวัด

รายการประเมิน	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
		1	2	3		
เจตคติ	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
1. การรับรู้	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
2. การตอบสนอง	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
3. การเห็นคุณค่า	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
4. การจัดระบบ	ข้อที่ 1	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
5. การสร้างลักษณะนิสัย	ข้อที่ 1	-1	+1	+1	0.33	ปรับปรุง
	ข้อที่ 2	-1	+1	+1	0.33	ปรับปรุง
	ข้อที่ 3	-1	+1	+1	0.33	ปรับปรุง
	ข้อที่ 4	-1	+1	+1	0.33	ปรับปรุง
พฤติกรรม	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
1. การรับรู้	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน

รายการประเมิน	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3			
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
2. การตอบสนอง	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
3. การเห็นคุณค่า	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
4. การจัดระบบ	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน
5. การสร้างลักษณะนิสัย	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 4	+1	+1	+1	1	ผ่าน

ตาราง 36 ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัด

รายการประเมิน	ข้อคำถาม	ความเหมาะสม				แปลผล	
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย		
		ผู้เชี่ยวชาญ	1	2			3
เจตคติ 1. การรับรู้	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด	
2. การตอบสนอง	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด	
3. การเห็นคุณค่า	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด	
4. การจัดระบบ	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด	
5. การสร้างลักษณะนิสัย	ข้อที่ 1	3	5	5	4.33	มาก	
	ข้อที่ 2	3	5	5	4.33	มาก	
	ข้อที่ 3	3	5	5	4.33	มาก	
	ข้อที่ 4	3	5	5	4.33	มาก	
พฤติกรรม 1. การรับรู้	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด	
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด	
	2. การตอบสนอง	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด
		ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด

	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด
3. การเห็นคุณค่า	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด
4. การจัดระบบ	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด
5. การสร้างลักษณะนิสัย	ข้อที่ 1	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 2	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 3	5	5	5	5	มากที่สุด
	ข้อที่ 4	5	5	5	5	มากที่สุด

คุณภาพแบบบันทึกสะท้อนการเรียนรู้

ตาราง 37 ความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบแบบสะท้อนการเรียนรู้

รายการประเมิน	ข้อ คำถาม	ความสอดคล้อง				
		ผลการประเมิน ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		1	2	3		
1. ประสบการณ์การเรียนรู้	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
2. ความรู้สึกต่อสิ่งที่เรียนรู้	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
3. การประเมินการจัดการเรียนรู้	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
4. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนรู้	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
5. การสรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการเรียนรู้	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน
6. การนำไปใช้หลังการเรียนรู้	ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1	ผ่าน
	ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1	ผ่าน

ตาราง 38 ความเหมาะสมของข้อคำถามในรูปแบบแบบสะท้อนการเรียนรู้

รายการประเมิน	ข้อคำถาม	ความเหมาะสม				
		ผลการประเมิน			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ				
1	2	3				
1. ประสิทธิภาพการเรียนรู้	ข้อที่ 1	3	4	5	4.00	มาก
	ข้อที่ 2	3	4	5	4.00	มาก
	ข้อที่ 3	1	4	5	3.33	ปานกลาง
2. ความรู้สึกต่อสิ่งที่เรียนรู้	ข้อที่ 1	4	4	5	4.33	มาก
	ข้อที่ 2	5	4	5	4.67	มาก
	ข้อที่ 3	5	4	5	4.67	มาก
3. การประเมินการจัดการเรียนรู้	ข้อที่ 1	3	4	5	4.00	มาก
	ข้อที่ 2	3	4	5	4.00	มาก
	ข้อที่ 3	4	4	5	4.33	มาก
4. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนรู้	ข้อที่ 1	5	4	5	4.67	มาก
	ข้อที่ 2	5	4	5	4.67	มาก
	ข้อที่ 3	5	4	5	4.67	มาก
5. การสรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากการเรียนรู้	ข้อที่ 1	5	4	5	4.67	มาก
	ข้อที่ 2	5	4	5	4.67	มาก
	ข้อที่ 3	5	4	5	4.67	มาก
6. การนำไปใช้หลังการเรียนรู้	ข้อที่ 1	5	4	5	4.67	มาก
	ข้อที่ 2	5	4	5	4.67	มาก
	ข้อที่ 3	5	4	5	4.67	มาก



ภาคผนวก ง
หนังสือรับรองการทำวิจัยในมนุษย์



หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการตั้งคำถามนำ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวปิยธิดา สุภา

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์

รหัสโครงการวิจัย : SWUEC-G-198/2566X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 25 กรกฎาคม 2566

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินการรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, the Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 25 กรกฎาคม 2566

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เข็มจิรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....
(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

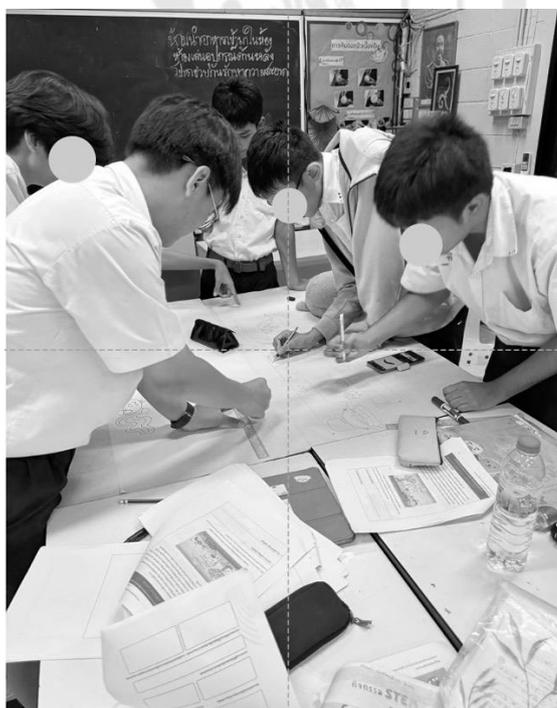
หมายเลขรับรอง : SWUEC/X/G-198/2566



ภาคผนวก จ
ภาพกิจกรรมการเรียนรู้



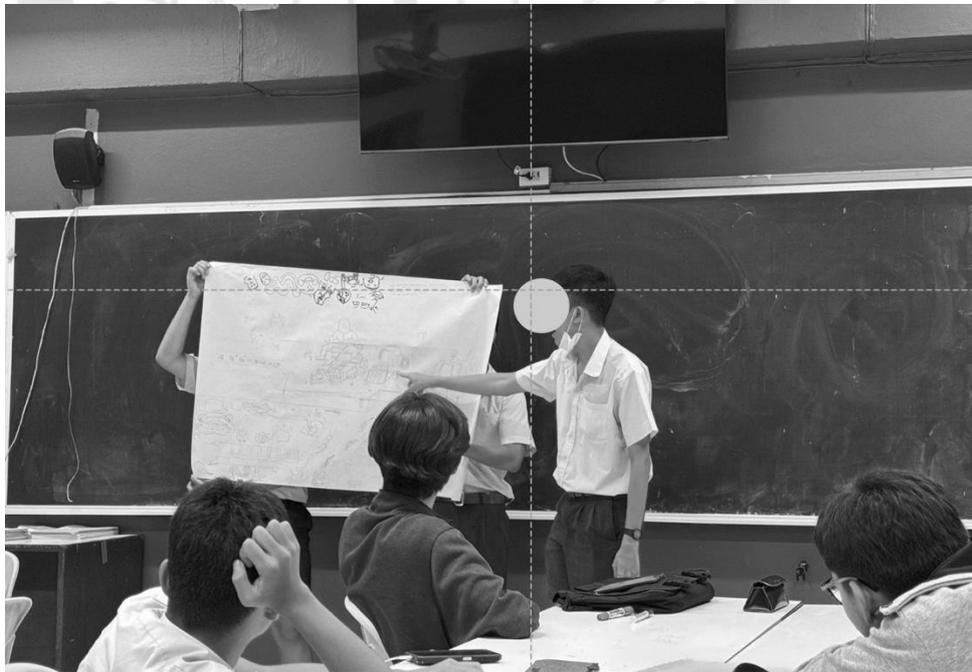
ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสถานการณ์ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



นักเรียนระดมความคิดเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้



นักเรียนออกแบบชิ้นงาน และดำเนินการแก้ปัญหา



นักเรียนนำเสนอชิ้นงานและวิธีการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม



นักเรียนสืบค้นวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มเติม เพื่อนำไปปรับปรุงชิ้นงานหลังจากการทดสอบชิ้นงาน



บรรณานุกรม

- Abbasi, Z. A. K., & Nawaz, A. (2020). Impact of climate change awareness on climate change adaptations and climate change adaptation issues. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 33(3), 619.
- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, 9(4).
- Anderson, T. P. (1997). Using models of instruction. *Instructional development paradigms*, 521-536.
- Anoop, T. A., & Praveen, M. (2022). *Effect of case based reasoning on classroom management problem solving skill among perspective teachers at secondary school level*. Farook Training College,
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological conservation*, 241, 108224. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Arends, R. (1998). *Learning to teach (4th ed.)*. Singapore: McGraw-Hill.
- Arnold, W., Eysenck, H. J., & Meili, R. (1976). *Lexikon der Psychologie* (Vol. 1): Edicoes Loyola.
- Batchelder, M., Swinney, M., O'Hara, T., Goddard, A., Lewis, E., Cox, J., & Fowler, H. J. (2023). Experiences from a school–university partnership climate and sustainability education project in England: The value of citizen science and practical STEM approaches. *Sustainability*, 15(12), 9401.
- Battelle for Kids. (2015). P21 Partnership for 21st Century Learning. Retrieved from http://www.p21.org/documents/P21_Framework_Definitions.pdf

- Battelle for Kids. (2019). Partnership for 21st Century Learning Frameworks & Resources. Retrieved from https://www.battelleforkids.org/wp-content/uploads/2023/11/P21_Framework_DefinitionsBFK.pdf
- Bedford, D. (2016). Does climate literacy matter? A case study of US students' level of concern about anthropogenic global warming. *Journal of Geography*, 115(5), 187-197.
- Beillouin, D., & Cardinael, R. (2022). A global overview of studies about land management, land-use change, and climate change effects on soil organic carbon. *Global change biology*, 28(4), 1690-1702.
- Beillouin, D., Cardinael, R., Berre, D., Boyer, A., Corbeels, M., Fallot, A., . . . Demenois, J. (2022). A global overview of studies about land management, land-use change, and climate change effects on soil organic carbon. *Global change biology*, 28(4), 1690-1702.
- Benjamin, B. s. (1965). *Taxonomy of Education Objective Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David Mackey Company, Inc.
- Bielik, T., Damelin, D., & Krajick, S. J. (2018). WHY DO FISHERMEN NEED FORESTS? Developing a Project-Based Learning Unit With an Engaging Driving Question. *Science Scope*, 41(6), 64-72.
- Blackley, S., & Sheffield, R. (2015). Appraising the E in STEM Education: Creative alternatives to "Engineering". *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 23(3).
- Boonkitti, P., Pluempanupat, W., & Faikhamta, C. (2021). infusion Approach with STEM Problem-based Learning (STEM-PBL) in Acid-Base to Enhancing Critical Thinking for Secondary School Education. *JOURNAL OF EDUCATION KHON KAEN UNIVERSITY*, 44(4), 54-67.
- Bransford, J., Sherwood, R., Vye, N., & Rieser, J. (1986). Teaching thinking and problem solving: Research foundations. *American psychologist*, 41(10), 1078.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.

- Bruce, R. J., & Weil, M. (2000). *Models of Teaching*. Boston: Allyn and Bacon.
- Bruce, R. J., Weil, M., & Calhoun, E. (2004). *Models of Teaching*. Boston: Allyn and Bacon.
- Brumann, S., Ohl, U., & Schulz, J. (2022). Inquiry-based learning on climate change in upper secondary education: a design-based approach. *Sustainability*, 14(6), 3544.
- Brundiars, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., . . . Jarchow, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, 16(1), 13-29.
- Bryce, T. G., & Day, S. P. (2014). Scepticism and doubt in science and science education: the complexity of global warming as a socio-scientific issue. *Cultural Studies of Science Education*, 9(3), 599-632.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*: Springer Science & Business Media.
- Chinn, C. A., Duncan, R. G., Dianovsky, M., & Rinehart, R. (2013). *Promoting conceptual change through inquiry*. Paper presented at the International handbook of research on conceptual change.
- Choi, Won, A.-R., Chu, H.-E., Cha, H.-J., Shin, H., & Kim, C.-J. (2021). The impacts of a climate change SSI-STEAM program on junior high school students' climate literacy. *Asia-Pacific Science Education*, 7(1), 96-133.
- Choi, S. Y., Won, A. R., Chu, H. E., Cha, H. J., Shin, H., & Kim, C. J. (2021). The impacts of a climate change SSI-STEAM program on junior high school students' climate literacy. *Asia-Pacific Science Education*, 7(1), 96-133.
- Clifford, K. R., & Travis, W. R. (2018). Knowing climate as a social-ecological-atmospheric construct. *Global Environmental Change*, 49, 1-9.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: NJ: Erlbaum.
- Creswell, J. W. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed., international student ed.. ed.): Los Angeles : SAGE.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *psychometrika*,

16(3), 297-334.

Cunningham, C. M. (2009). Engineering is elementary. *The bridge*, 30(3), 11-17.

Dal, B., Alper, U., Özdem-Yılmaz, Y., Öztürk, N., & Sönmez, D. (2015). A model for pre-service teachers' climate change awareness and willingness to act for pro-climate change friendly behavior: adaptation of awareness to climate change questionnaire. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 24(3), 184-200.

Dare, E. A., Keratithamkul, K., Hiwatig, B. M., & Li, F. (2021). Beyond content: The role of STEM disciplines, real-world problems, 21st century skills, and STEM careers within science teachers' conceptions of integrated STEM education. *Education Sciences*, 11(11), 737.

Dawson, V. (2015). Western Australian high school students' understandings about the socioscientific issue of climate change. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1024-1043.

Dewaters, J. E., Andersen, C., Calderwood, A., & Powers, S. E. (2014). Improving climate literacy with project-based modules rich in educational rigor and relevance. *Journal of Geoscience Education*, 62(3), 469-484.

Dugger, W. E. (2010). *Evolution of STEM in the United States*. Paper presented at the 6th biennial international conference on technology education research.

Ebel, R. L., & Frisbie, D. A. (1972). Essentials of educational measurement.

Edleader21. (2015). *The Leader's Guide to 21st Century Education: 7 Steps for Schools and Districts*. United states: Pearson.

Ekpo, C. G., & Olatunde-Aiyedun, T. G. (2019). Environmental Education: A Tool for Creation of Awareness Onadaptation to Climate Change in Nigeria. *Journal of Research & Method in Education*, 9(6), 12-21.

Ekpoh, U. I., & Ekpoh, I. J. (2011). Assessing the level of climate change awareness among secondary school teachers in calabar municipality, Nigeria: implication for management effectiveness. *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(3), 106-110.

- Ezeudu, S. A., Ezeudu, F., & Sampson, M. (2016). Climate change awareness and attitude of senior secondary students in Umuahia Education Zone of Abia State. *International journal of research in humanities ans social studies*, 3 (3), 7-17. Retrieved 21-04-2017 from <http://www.ljrhss.org/pdf/v3-i3/2.pdf>.
- Fairhurst, N., Koul, R., & Sheffield, R. (2023). Students' perceptions of their STEM learning environment. *Learning environments research*, 26(3), 977-998.
- Fauville, G., Queiroz, A. C. M., & Bailenson, J. N. (2020). Virtual reality as a promising tool to promote climate change awareness. *Technology and health*, 91-108.
- Fernandez, M., Piccolo, L. S., Maynard, D., Wippoo, M., Meili, C., & Alani, H. (2016). *Talking climate change via social media: communication, engagement and behaviour*. Paper presented at the Proceedings of the 8th ACM Conference on Web Science.
- Fiore, F. (2023). A Constructionist Approach for the Future of Learning.
- GCRP, U. (2009). Climate literacy: the essential principles of climate science. *US Global Change Research Program*.
- Global Education Monitoring Report. (2022). Climate change communication and education country profiles: Approaches to greening education around the world.
- Good, C. V., & Merkel, W. R. (1973). *Dictionary of education*: McGraw-Hill.
- Gutierrez, K. S., Blanchard, M. R., & Busch, K. (2022). What effective design strategies do rural, underserved students in STEM clubs value while learning about climate change? *Environmental Education Research*, 28(7), 1043-1069.
- Hakim, A., Efwinda, S., Damayanti, P., Syam, M., Mutmainah, O., & Norsaputra, A. (2023). Improving Climate Literacy of High School Students through Physics Teaching Materials based on STEM. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(4).
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113.
- Hanif, S., Wijaya, A. F. C., & Winarno, N. (2019). Enhancing Students' Creativity through

- STEM Project-Based Learning. *Journal of science Learning*, 2(2), 50-57.
- He, Q., Wan, Z. H., Tsang, Y. F., & So, W. W. M. (2024). Learning by solving environmental problems: Primary students' experiences of E-STEM activities. In *Disciplinary and Interdisciplinary Education in STEM* (pp. 197-219): Springer.
- Hong, K.-C., & Cho, Y.-S. (2019). A novel engineering and creative learning process based on constructionism. *Journal of information and communication convergence engineering*, 17(3), 213-220.
- Huang, Y. (2022). Effectiveness of inquiry-based science laboratories for improving teamwork and problem-solving skills and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(3), 329-357.
- IPCC. (2013). *The physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom and New York, NY, USA
Cambridge University Press.
- IPCC Climate. (2013). *The physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. K., Tignor, M., Allen, SK, Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, PM, Eds, 1535.
- Jeong, J., Kim, H., Chae, D.-h., & Kim, E. (2014). The effect of a case-based reasoning instructional model on Korean high school students' awareness in climate change unit. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(5), 427-435.
- Johnson, & Foa. (1989). *Instructional Design: New Alternatives for Effective Education and Training* New York:: Macmillan Publishing company.
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (2015). *STEM road map: A framework for integrated STEM education*: Routledge.
- Jones. (2021). Pressure builds for schools to put climate change study on curriculum. Retrieved from <https://www.reuters.com/business/environment/pressure-builds-schools-put-climate-change-study-curriculum-2021-05-26/>
- Joyce, B. R. (2004). *Models of teaching* (7th ed.. ed.): Boston : Pearson/Allyn and Bacon.

- Joyce, B. R. (2015). *Models of teaching* (9th ed.. ed.): Boston : Pearson.
- Jürkenbeck, K., Spiller, A., & Schulze, M. (2021). Climate change awareness of the young generation and its impact on their diet. *Cleaner and Responsible Consumption*, 3(2), 1-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clrc.2021.100041>
- Juuti, K., Lavonen, J., Salonen, V., Salmela-Aro, K., Schneider, B., & Krajcik, J. (2021). A teacher–researcher partnership for professional learning: Co-designing project-based learning units to increase student engagement in science classes. *Journal of Science Teacher Education*, 32(6), 625-641.
- Kaniawati, D. S., & Suryadi, S. (2016). Integration of STEM education In learning cycle 6E To improve problem solving skills on direct current electricity. *Proceeding of ICMSE*, 3(1), M-106-M-109.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3(1), 1-11.
- Keratithamkul, K. (2023). *Unpacking Oppressions Related to Integrated STEM Lesson Implementations: Perspectives From In-Service Secondary Science Teachers From Thailand*. University of Minnesota,
- Khiaolueang, W., Kijkuakul, S., & Nakkuntod, M. (2021). Using Science Technology Society and Environment (STSE) Approach to Enhance Environmental Literacy in Human and Environmental Sustainability for 12 Grade Students. *JOURNAL OF EDUCATION NARESUAN UNIVERSITY*, 23(2), 257-268.
- Khoiriyah, A. J., & Husamah, H. (2018). Problem-based learning: Creative thinking skills, problem-solving skills, and learning outcome of seventh grade students. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 4(2), 151-160.
- Kim, H. (2015). The effect of a climate change monitoring program on students' knowledge and perceptions of STEAM education in the republic of Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(6), 1321-1338.
- Kim, H., & Chae, D.-H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1925-1936.

- Kukkonen, J. E., Kärkkäinen, S., Dillon, P., & Keinonen, T. (2014). The effects of scaffolded simulation-based inquiry learning on fifth-graders' representations of the greenhouse effect. *International Journal of Science Education*, 36(3), 406-424.
- Kuthe, A., Keller, L., Körfigen, A., Stötter, H., Oberrauch, A., & Höferl, K.-M. (2019). How many young generations are there?—A typology of teenagers' climate change awareness in Germany and Austria. *The Journal of Environmental Education*, 50(3), 172-182. doi:<https://doi.org/10.1080/00958964.2019.1598927>
- Laforce, M., Noble, E., & Blackwell, C. (2017). Problem-based learning (PBL) and student interest in STEM careers: The roles of motivation and ability beliefs. *Education Sciences*, 7(4), 92.
- Lantz, H. B. (2009). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: What form? What function? . Retrieved from <http://www.currtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf>.
- Lehtonen, A., Salonen, A. O., & Cantell, H. (2019). Climate change education: A new approach for a world of wicked problems. *Sustainability, human well-being, and the future of education*, 339-374.
- Leiserowitz, A., Smith, N., & Marlon, J. R. (2011). American teens' knowledge of climate change. *Yale University. New Haven, CT: Yale project on climate change communication*, 5.
- Liston, M. (2021). Bringing climate change alive in the science classroom through science, communication and engineering STEM challenges. In *Teaching Climate Change in Primary Schools* (pp. 121-137): Routledge.
- Maesincee, S. (2016). Thailand 4.0 Thriving in the 21st Century through Security, Prosperity & Sustainability. Retrieved November, 4, 2016.
- Manosorn, C., & Samiphak, S. (2022). Effect of inquiry instruction and game on student's climate literacy. *JOURNAL OF EDUCATION NARESUAN UNIVERSITY*, 24(2), 75-84.
- Martawijaya, M., Rahmadhanningsih, S., Swandi, A., Hasyim, M., & Sujiono, E. (2023). The Effect of Applying the Ethno-STEM-Project-based Learning Model on Students'

- Higher-order Thinking Skill and Misconception of Physics Topics Related to Lake Tempe, Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 1-13.
- Marzano, R. J. (1993). How classroom teachers approach the teaching of thinking. *Theory into practice*, 32(3), 154-160.
- Marzetta, K. L. (2016). *Changing the climate of beliefs: A conceptual model of learning design elements to promote climate change literacy*: University of Colorado at Denver.
- Maspul, K. A. (2024). Exploring STEM Education for Real-World Climate Change Concerns to Empower Students as Change Agents. *Journal of Physics Education and Science*, 1(2), 12-12.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*: WH Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.
- McNeill, K. L., & Vaughn, M. H. (2012a). Urban high school students' critical science agency: Conceptual understandings and environmental actions around climate change. *Research in science education*, 42, 373-399.
doi:<https://doi.org/10.1007/s11165-010-9202-5>
- McNeill, K. L., & Vaughn, M. H. (2012b). Urban high school students' critical science agency: Conceptual understandings and environmental actions around climate change. *Research in science education*, 42(2), 373-399.
- Miller, T., & Sladek, P. (2011). The climate literacy challenge. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 12, 150-156.
- Ming, L. T., Ezra, M. M., Peter, H. D., Ying, K. C., & Anthony, L. A. (2015). Predictors of public climate change awareness and risk perception around the world. *Nature climate change*, 5(11), 1014-1020.
- Ministry of Education. (2009). *Guidelines for Examining the Components of Educational Institutions' Curricula. According to the Core Curriculum of Basic Education, B.E. 2551*.: The Printing House of the Teachers' Council
- Morado, M. F., Melo, A. E., & Jarman, A. (2021). Learning by making: A framework to revisit practices in a constructionist learning environment. *British Journal of*

Educational Technology, 52(3), 1093-1115.

- Namdar, B. (2018). Teaching global climate change to pre-service middle school teachers through inquiry activities. *Research in Science & Technological Education*, 36(4), 440-462.
- Nantsou, T. P., & Tombras, G. S. (2022). *STEM Lab on Climate Change with Simple Hands-on Experiments*. Paper presented at the 2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON).
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*: National Academies Press.
- National Research Council. (2013). *Monitoring progress toward successful K-12 STEM education: A nation advancing? : National Academies Press*.
- Next Generation Science Standards. (2013). APPENDIX F – Science and Engineering Practices in the NGSS. Retrieved from file:///C:/Users/admin/Downloads/Documents/Appendix%20F%20%20Science%20and%20Engineering%20Practices%20in%20the%20NGSS%20-%20FINAL%20060513.pdf
- Nguyen, T. P. L., Nguyen, T. H., & Tran, T. K. (2020). STEM education in secondary schools: Teachers' perspective towards sustainable development. *Sustainability*, 12(21), 8865.
- Niepold, F., Herring, D., & Mcconville, D. (2007). *The case for climate literacy in the 21st century*. Paper presented at the 5th International Symposium on Digital Earth. from <http://www.isde5.org>.
- Ningrum, M. C., Hariyono, E., & Maryuni, W. (2022). Implementation of Problem Based Learning in VLP Software Assisted Volunte Physics Learning on Students' Problem Solving Ability. *Budapest International Research and Critics Institute (BIRCI-Journal): Humanities and Social Sciences*, 5(1), 4185-4193.
- Nordine, J., & Torres, R. (2013). Enhancing science kits with the driving question board. *Science and Children*, 50(8), 57.

- OECD. (2016). PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics and financial literacy. from OECD publishing.
- OECD. (2023). PISA 2025 Science Framework. Retrieved from https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf
- Okada, A., & Gray, P. (2023). A Climate Change and Sustainability Education Movement: Networks, Open Schooling, and the 'CARE-KNOW-DO' Framework. *Sustainability*, 15(3), 2356.
- Oliver, M. C., & Adkins, M. J. (2020). "Hot-headed" students? Scientific literacy, perceptions and awareness of climate change in 15-year olds across 54 countries. *Energy Research & Social Science*, 70, 101641. doi:<https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101641>
- Pandve, H. T., Chawla, P., Fernandez, K., Singru, S. A., Khismatrao, D., & Pawar, S. (2011). Assessment of awareness regarding climate change in an urban community. *Indian journal of occupational and environmental medicine*, 15(3), 109.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *constructionism*, 36(2), 1-11.
- Park, W., & Cho, H. (2022). The interaction of history and STEM learning goals in teacher-developed curriculum materials: opportunities and challenges for STEAM education. *Asia Pacific Education Review*, 1-18.
- Parnesan, C., Morecroft, M. D., & Trisurat, Y. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. GIEC,
- Phengpinyo, W., Sintanakul, K., & Nomphonkrang, T. (2021). The development of competency based learning using problem based learning with case based reasoning. *Journal of Graduate Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University*, 15(3), 179-191.
- Plutzer, E., & Hannah, A. L. (2018). Teaching climate change in middle schools and high schools: investigating STEM education's deficit model. *Climatic change*, 149(3), 305-317.

- Pretorius, R., Lombard, A., & Khotoo, A. (2016). Adding value to education for sustainability in Africa with inquiry-based approaches in open and distance learning. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 17(2), 167-187.
- Promboon, S., Finley, F. N., & Kaweevijmanee, K. (2018). The evolution and current status of STEM education in Thailand: Policy directions and recommendations. In *Education in Thailand* (pp. 423-459): Springer.
- Richard, M. (2022). Rooted in their reality: Driving question boards as a tool for equity. *The Physics Teacher*, 60(4), 316-317.
- Rieckmann, M. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*: UNESCO publishing.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: A detailed conceptual framework of integrated STEM. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3, 1-18.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM education*, 8(1), 1-21.
- Rosa, F. O., & Aththibby, A. R. (2021). Exploring collaborative problem-solving competency of junior high school students. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(3), 231-242.
- Rousell, D. (2020). A systematic review of climate change education: Giving children and young people a 'voice' and a 'hand' in redressing climate change. *Children's Geographies*, 18(2), 191-208.
- Sabra, P., & Al-Moaz, M. A. (2022). Awareness of Climate Change-The role of art, education and culture in raising awareness of climate change. *International Journal of Education and Learning Research*, 5(1), 48-70.
- Sarwi, S., Baihaqi, M., & Ellianawati, E. (2021). *Implementation of Project Based Learning Based on STEM Approach to Improve Students' Problems Solving Abilities*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.

- Saylor, J., Alexander, W., & Lewis, A. (1981). Curriculum planning for better education. *New York: Holt & Rinehart and Winston.*
- Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change. (2012). Climate Change Education as an Integral Part of the United Nations Framework Convention on Climate Change. *Journal of Education for Sustainable Development, 6*(2), 237-239.
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2016). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 13*(5), 1189-1211.
- Sharp, J. J. (1991). Methodologies for problem solving: An engineering approach. *The Vocational Aspect of Education, 42*(114), 147-157.
- Shaw, W. S., Feuerstein, M., Haufler, A. J., Berkowitz, S. M., & Lopez, M. S. (2001). Working with low back pain: problem-solving orientation and function. *Pain, 93*(2), 129-137.
- Shwom, R., Isenhour, C., Jordan, R. C., McCright, A. M., & Robinson, J. M. (2017). Integrating the social sciences to enhance climate literacy. *Frontiers in Ecology and the Environment, 15*(7), 377-384.
- Siew, N. M., Goh, H., & Sulaiman, F. (2016). Integrating STEM in an engineering design process: The learning experience of rural secondary school students in an outreach challenge program. *Journal of Baltic Science Education, 15*(4), 477.
- Song, Y. (2018). Improving primary students' collaborative problem solving competency in project-based science learning with productive failure instructional design in a seamless learning environment. *Educational Technology Research and Development, 66*(4), 979-1008.
- Tadena, M. T. G., & Salic-Hairulla, M. A. (2021). *Raising environmental awareness through local-based environmental education in STEM lessons.* Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Tan, A.-L., Ong, Y. S., Ng, Y. S., & Tan, J. H. J. (2023). STEM problem solving: Inquiry,

- concepts, and reasoning. *Science & Education*, 32(2), 381-397.
- Thailand Development Research Institute. (2022). Impact assessment of climate change and environmental degradation on children in Thailand. Retrieved from <https://www.unicef.org/thailand/media/10361/file/Climate%20Change%20Impact%20Assessment%20-%20Full%20report.pdf>
- Tytler, R. (2020). STEM education for the twenty-first century. *Integrated approaches to STEM education: An international perspective*, 21-43.
- UNFCCC. (2023). Summary of Global Climate Action at COP 28. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Summary_GCA_COP28.pdf
- United Nations Educational, S., & Cultural, O. (2017). *Education for Sustainable Development Goals Learning Objectives*: UNESCO.
- United Nations Educational, S., & Cultural, O. (2018). Issues and trends in education for sustainable development.
- United Nations Educational, S., & Cultural, O. (2019). Country progress on climate change education, training and public awareness: an analysis of country submissions under the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- United Nations Educational, S., & Cultural, O. (2020). *Education for sustainable development: a roadmap*: UNESCO.
- United Nations Educational, S., & Cultural, O. (2022). Youth demands for quality climate change education. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383615>
- United Nations Educational, S., & Cultural, O. (2023). Greening Education Partnership. Retrieved from <https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/greening-future>
- Vasquez, J. A., Sneider, C. I., & Comer, M. W. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*: Heinemann Portsmouth, NH.
- Weir, J. J. (1974). Problem solving is everybody's Problem. *The Science Teacher*, 41(4), 16-18.

- Weizman, A., Shwartz, Y., & Fortus, D. (2008). The driving question board. *The Science Teacher*, 75(8), 33.
- Wessells, M. G. (1982). A critique of Skinner's views on the obstructive character of cognitive theories. *Behaviorism*, 10(1), 65-84.
- Widiyawati, Y. (2020). *Global warming & climate change: integration of socio-scientific issues to enhance scientific literacy*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Williams, J. (2011). STEM education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1).
- World Economic Forum. (2016). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. In: World Economic Forum Geneva.
- Wróblewska, D., & Okraszewska, R. (2020). Project-Based Learning as a Method for Interdisciplinary Adaptation to Climate Change—Reda Valley Case Study. *Sustainability*, 12(11), 4360.
- Yuenyong, C. (2019). *Lesson learned of building up community of practice for STEM education in Thailand*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Yuliati, L., Hapsari, A., Nurhidayah, F., & Halim, L. (2018). *Building scientific literacy and physics problem solving skills through inquiry-based learning for STEM education*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Zanetell, B. A., & Schusler, T. M. (2022). Building STEM pathways for students of color to natural resources careers: the Northern New Mexico Climate Change Corps. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 12(2), 204-215.
- กมลรัตน์ นิลเกตุ. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนอง ของพืชเพื่อส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่, 21(2), 35-50.
- กอนภา วัชระอำรุงกุล. (2551). การสร้างแบบวัดความตระหนักรู้ต่อผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การ ศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 31(4), 25-31.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2563). การศึกษาความตระหนักรู้และการปรับตัวต่อการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในบริบทของความตกลงปารีส
กรุงเทพมหานคร.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.

. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กฤษณะ พวงระย้า. (2564). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักศึกษาครูเคมีด้วยกิจกรรมสะเต็ม
ศึกษาแบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม. วารสารหน่วย
วิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 12(2), 202-217.

จิระวรรณ เกษสิงห์, สุชาวดี เกตชนก, & ศรายุทธ ชาญนคร. (2566). สมรรถนะการปฏิบัติเพื่อ
สิ่งแวดล้อม: มุมมองใหม่ของผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต ปัตตานี, 34(1), 1-19.

ชนิดดา มะโนสร, & สลา สามิภักดี. (2564). การพัฒนาและตรวจสอบ โมเดลการวัดความตระหนัก
ต่อสภาพภูมิอากาศสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ วิทยาเขต ปัตตานี, 33(2), 124-140.

ฐิติภัทร์ เดชพิพัฒน์วรกุล, & ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็ม
เป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา
สำหรับนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลย
อลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, 25(1), 117-130.

ฐิติภาพรณ บุญมี. (2559). การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องโปรแกรมสร้างงานกราฟิก โดยทฤษฎี
การสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ ชิ้นงาน. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์,
31(2), 62-72.

ทิตินา แชมมณี. (2555). 14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ. กรุงเทพมหานครสำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ทิตินา แชมมณี. (2558). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ
(พิมพ์ครั้งที่ 19 ed.): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิตินา แชมมณี. (2564). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ
(พิมพ์ครั้งที่ 25 ed.): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ธีรพัฒน์ วงศ์คุ้มสิน. (2563). การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 46(1), 218-253.
- นนทกร อรุณพุกษากุล. (2559). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติครุศาสตร์ครั้งที่ 1 การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่นสู่ประชาคมอาเซียน: ทิศทางใหม่ในศตวรรษที่ 21, 361-370.
- นันทน์ภัส ลิ่มสันติธรรม. (2561). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ STEMgm เพื่อส่งเสริมกรอบแนวคิดเติบโตและความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- น้ำฝน คุณเจริญไพศาล. (2561). ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ขยะพลาสติก โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์, 12(1), 116-132.
- นิตยา อุษัชฌาย์, & อารยา ปิยะกุล. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาเรื่องงานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 4(11), 86-97.
- นิภาพร ช่วยธานี. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- บุศมาพร กันทะวัง, สุรีย์พร สว่างเมฆ, & ปราวณี นางงาม. (2562). แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมเพื่อส่งเสริมการรู้ทันอุตสาหกรรม เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 23(1), 192-203.
- ปฎิวัติ จันทนุกุล. (2562). เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (ปริญญาานิพนธ์.กศ.ม.การสอนวิทยาศาสตร์), มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.,
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- พชรวรรณ มีหนองหว่า, & ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2563). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอิงบริบท
ท้องถิ่นโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน: มิติใหม่ของการเรียนรู้วิชาเคมี. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์,
36(2).
- พฤกษ์ โปร่งสำโรง. (2549). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E ในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอน
ปลาย. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พิเชษฐ ศรีบุญยงค์. (2563). การเรียนการสอนโดยผู้เรียนใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับการใช้ทฤษฎี
การสร้างความรู้ด้วยตนเองและการเสริมต่อการเรียนรู้. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 10(1), 57-65.
- พินิจ ขำวงษ์. (2551). เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง สอนวิทยาศาสตร์อย่างไรให้สอดคล้อง
กับบริบทชุมชนเมือง.
- ภูรินทร์ แดงน้อย. (2559). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารการศึกษาและการ
พัฒนาสังคม ปีที่ 12, ฉบับที่ 1 (ก.ค.-ธ.ค. 2559), หน้า 201-211.
- มารุฒ พัฒผล. (2562). การวิจัยและพัฒนาเพื่อการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนรู้.
doi:http://www.curriculumandlearning.com/upload/Books/การวิจัยและพัฒนาเพื่อการพัฒนาหลักสูตร%202567_1704154007.pdf
- ยศพล จิระวุฒิ. (2563). บทบาทของประเทศไทยในแนวร่วมเจรจาระหว่างประเทศว่าด้วยการ
เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสมาคมสภาพภูมิอากาศ.
- รุ่งทิภา กองสอน. (2564). ฮาบีทส์กับการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมของครูระดับ
การศึกษาขั้นพื้นฐาน. วารสารวิจัยวิชาการ, 4(2), 95-108.
- ล้วน สายยศ, & อังคนา สายยศ. (2553). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ลินดา การภักดี. (2562). การพัฒนาชุดฝึกอบรมสิ่งแวดล้อมน่ารู้เพื่อเสริมสร้างความตระหนักรู้ต่อ
สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา. วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 14(2).
- วรินทร์ สิริพงษ์ณภัทร. (2566). การเสริมสร้างคุณลักษณะพลเมืองตื่นรู้ของผู้เรียนโดยการตั้งคำถาม
แบบโสเครติส. วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 51(1). doi:<https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDUCU/article/view/258400>
- วาริรัตน์ แก้วอุไร. (2549). เอกสารคำสอนการพัฒนาหลักสูตรและการสอน พิษณุโลก: ภาควิชา

การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2525). พัฒนาหลักสูตรและการสอนมิติใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.): กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). สมรรถนะการแก้ปัญหา สำหรับโลกวันนี้. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา. Retrieved from
Retrieved from http://www.stemedthailand.org/?page_id=23

สาธิต ชุมทอง. (2560). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับทาง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์.

สาธิต ชุมทอง, ธิติยา บงกชเพชร, & เกียรติศักดิ์ พรหมภักดี. (2562). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับทางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 13(2), 151-163.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : สำนักงาน.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). หลักสูตรแกนกลางฐานสมรรถนะ. Retrieved from <https://cbethailand.com>. <https://cbethailand.com>

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๐ – ๒๕๗๙. กรุงเทพฯ: บริษัท พรักหวานกราฟฟิค จำกัด.

สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2555). การทดสอบและประเมินคุณภาพผู้เรียน. Retrieved from <https://bet.obec.go.th/wp-content/uploads/2021/03/document001.pdf>

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 17(2), 201-207.

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์. (2545). การจัดกระบวนการเรียนรู้ : เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน: กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.

สุจิตรา เขียวศรี, & สุกรี รอดโพธิ์ทอง. (2009). การพัฒนารูปแบบการ เรียนการสอนแบบสืบสอบบนเว็บโดยใช้การช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ของนักเรียนมัธยมศึกษา

- ตอนต้น. วารสารบรรณารักษศาสตร์และนิเทศศาสตร์, 27(1-3), 23-38.
- สุทธิดา จำรัส. (2016). สะเต็มศึกษาบนเส้นทางวิชาการรับ ใช้สังคม: จุดเปลี่ยนการเรียนรู้สู่อนาคต. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 31(3), 34-47.
- สุทธิดา จำรัส. (2017). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์มธส., 10(2), 13-34.
- สุภารัตน์ สาลียพวย. (2562). ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ,
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์--การสอนคิดสังเคราะห์: กรุงเทพฯ : ดวงกลมสมัยจัดจำหน่าย.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2551). 19 วิธีจัดการเรียนรู้ : เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ (พิมพ์ครั้งที่ 7.. ed.): กรุงเทพฯ : ดวงกลม ผู้จัดจำหน่าย.
- แสงแก้ว พานจันทร์. (2019). แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่ ส่งเสริมการ เปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ และ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบหมุนเวียนเลือดและระบบภูมิคุ้มกันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่. วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 13(3), 212-224.
- อดิศร จันทร์สุข. (2564). ถอดรหัสประเด็นการศึกษาไทย: ได้พรหมแห่งความดีงาม. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อังคณา อ่อนธานี. (2552). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้โดยอิงแนวคิดการจัดการความรู้สำหรับนิสิตครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 16(4), 1-9.
- อาณัติ ชันทจันทร์. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแบบเรียนรู้ร่วมกันเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการทำงานร่วมกัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ,
- อาทิตยา จิตรเชื้อเพื่อ. (2561). การพัฒนาทักษะการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครู

วิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมสืบเสาะดูโปงน้ำแข็งและการได้ชเพื่อการรู้คิดในรายวิชาทักษะ
การจัดการเรียนรู้เฉพาะสาขาวิชา. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว 34(1), 187-205.



ประวัติผู้เขียน

