



การศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการ
เปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
บูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

THE STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT SCIENTIFIC PROBLEMS SOLVING ABILITY
AND THE CHANGE OF STUDENTS GRADE 11 STUDENTS LEARNING STYLE BY

มนตรา พึ่งไพศาล

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2561

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และ
การเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการ
เรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT SCIENTIFIC PROBLEMS
SOLVING ABILITY AND THE CHANGE OF STUDENTS GRADE 11 STUDENTS
LEARNING STYLE BY USING STEM EDUCATION AND KOLB'S LEARNING
CIRCLE



MONTRA PUENGPAISAN

A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for MASTER OF EDUCATION (Research & Development on Human Potentials)

Faculty of Education Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการ
เปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
บูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

ของ

มนตรา พึ่งไพศาล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนต์ฤทัย คลัง
พหล)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา)

ชื่อเรื่อง	การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของลีลาการ เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป
ผู้วิจัย	มนตรา พึ่งไพศาล
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณา เจริญสุข

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ
บูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป 2) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการ
เรียนรู้ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของ
คอร์ป โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียว กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โรงเรียนวัดพุทธบูชา จำนวน 44 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่
1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.241
– 0.793 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.214 – 0.571 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่า
เท่ากับ 0.880 3) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยากง่าย
(p) ระหว่าง 0.414 – 0.585 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.429 – 0.683 ค่าความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.610 และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติ
การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม Hotelling's T^2 ผลการวิจัยพบว่า (1) หลังจากนักเรียนได้รับ
การจัดการเรียนรู้แล้วมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้โดยมีการ
รับรู้ สร้างจินตนาการ และสามารถไตร่ตรองจนมองเห็นภาพโดยรวม สรุปเป็นความคิดรวบยอดหรือ
หลักการ ทั้งนี้ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ไปแก้โจทย์ปัญหาเป็นขั้นตอนถูกต้องและปรับใช้ใน
สถานการณ์ที่ต่างจากเดิมได้

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, วัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป, ลีลาการเรียนรู้

Title	THE STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT SCIENTIFIC PROBLEMS SOLVING ABILITY AND THE CHANGE OF STUDENTS GRADE 11 STUDENTS LEARNING STYLE BY USING STEM EDUCATION AND KOLB'S LEARNING CIRCLE
Author	MONTRA PUENGPAISAN
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Assistant Professor Ornuma Charoensuk

This research had the purpose of comparing learning achievement and scientific problem-solving abilities of students before and after a learning activity by using STEM Education and the Kolb learning circle. The second purpose was to study the changing learning styles after learning activities. This study used a single group study research design. The samples consisted of forty-four students in Mattayom Five, at Wat Phutthabucha School, obtained by cluster random sampling. The tools used in this research, included: (1) lesson plans using STEM Education and the Kolb learning circle; (2) to create a learning achievement test about heat and kinetic theory of gas tests with an item difficulty ($p = 0.241 - 0.793$), discriminatory power ($r = 0.214 - 0.571$) and reliability ($KR-20 = 0.880$); (3) the science problem-solving ability test had the following levels of item difficulty ($p = 0.414 - 0.585$), discriminatory power ($r = 0.429 - 0.683$) and reliability ($\alpha = 0.610$). The data was analyzed using the arithmetical mean, standard deviation and multivariate analysis Hotelling's T^2 . The results demonstrated the following (1) the hypothesis testing, learning achievement and scientific problem-solving ability of students after receiving integrated learning management together with the Kolb learning circle was higher than before being taught at a significant level of .05; and (2) the results revealed that the learning styles of the students changed to allow more perception, and creative. Moreover, they could summarize concepts or principles and most of the students adapted this knowledge to solve problems correctly and step-by-step and applied it for use in different situations.

Keyword : STEM Education, Kolb learning circle, Learning style

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถโดยตลอดมาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้อุทิศเวลาอันมีค่าใช้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง รวมทั้งผลักดันให้ผู้วิจัยได้รับโอกาสที่ดีและประสบการณ์ที่มีคุณค่าตลอดจนเคี่ยวเข็ญและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยอยู่เสมอ จึงทำให้สามารถเดินทางมาถึงจุดหมายได้สำเร็จ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในพระคุณของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์แก้ว อุดมสมุทรหิรัญและอาจารย์ ดร. วิชุดา บุญยรัตกลิน ภาคฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ครูชัชมน เต็มพรชัย ครูชำนาญการพิเศษ และครูวรรณภา อัสสะกะระวิน ครูชำนาญการ โรงเรียนวัดพุทธบูชา และครูสรรพพร กลิ่นทอง ครูชำนาญการ โรงเรียนสิริรัตนาร ที่เมตตาและให้ความอนุเคราะห์เสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจความถูกต้องและเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์ฤทัย คลังพหล ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงแก้ไขให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยสำหรับการให้ความร่วมมือจนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณเพ็ญดาว ไชยสาร คุณเขมรัฐ อิมอุรัง และเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่คอยช่วยเหลือและสร้างพลังทางบวกให้กันอยู่เสมอ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาวและพี่ชาย ที่เป็นกำลังใจ ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษามาซึ่งความสำเร็จของผู้วิจัยในวันนี้

มนตรา พึ่งไพศาล

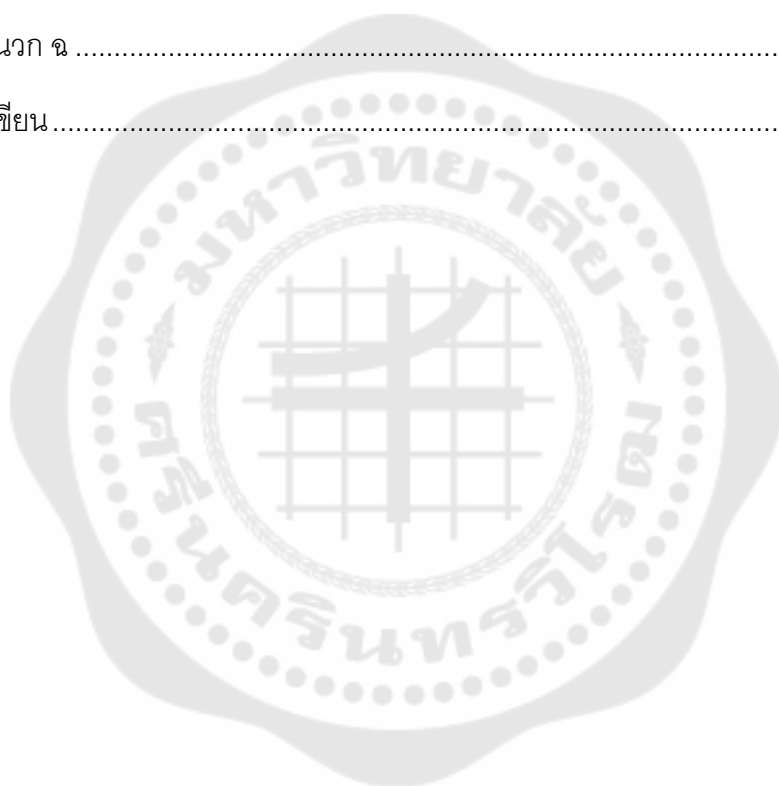
สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามการวิจัย.....	7
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	8
ความสำคัญของการวิจัย.....	8
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
ขอบเขตของเนื้อหา.....	9
ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา.....	10
ตัวแปรที่ศึกษา.....	10
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	11
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	13
สมมติฐานในการวิจัย.....	14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา.....	16

2. เอกสารที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ตามแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอรป (Kolb' learning cycle)	28
3. เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	32
4. เอกสารเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	35
5. เอกสารเกี่ยวกับการวิจัยแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design)	37
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	50
1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	50
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	51
3. การกำหนดระยะเวลาในการวิจัย	51
4. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย	52
5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	53
6. การดำเนินการทดลอง.....	66
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	68
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์.....	70
ส่วนที่ 2 ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ บูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอรป	74
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	90
สรุปผลการวิจัย	91
อภิปรายผล.....	92
ข้อเสนอแนะ	95
บรรณานุกรม.....	96

ภาคผนวก.....	102
ภาคผนวก ก	103
ภาคผนวก ข.....	105
ภาคผนวก ค	110
ภาคผนวก ง.....	117
ภาคผนวก จ.....	124
ภาคผนวก ฉ	128
ประวัติผู้เขียน	131



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน	57
ตาราง 2 ตารางแสดงผลวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	59
ตาราง 3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์	61
ตาราง 5 แสดงระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง	66
ตาราง 6 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับ วัฏจักรการ เรียนรู้ของคอร์ป.....	71
ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ สะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป โดยใช้สถิติ Hotelling's T^2	72
ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์รายตัวแปรตามของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป	73
ตาราง 9 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence : IOC) ของแบบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	106
ตาราง 10 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส.....	107
ตาราง 11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence : IOC) ของแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์.....	109
ตาราง 12 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	109

ตาราง 13 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป	129
---	-----



สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	14
ภาพประกอบ 2 แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม	16
ภาพประกอบ 3 แนวคิดความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกและเชิงรับ	17
ภาพประกอบ 4 วัฏจักรการเรียนรู้ของคอล์บ (Kolb's Learning Cycle)	27
ภาพประกอบ 5 แบบจำลองการเรียนรู้เชิงประสบการณ์.....	30
ภาพประกอบ 6 แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน	38
ภาพประกอบ 7 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก	39
ภาพประกอบ 8 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบทดลองสองระยะ วิธีการเชิงคุณภาพเป็นหลัก	39
ภาพประกอบ 9 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองสองระยะ วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก	40
ภาพประกอบ 10 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบสหสัมพันธ์	41
ภาพประกอบ 11 แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย	53
ภาพประกอบ 12 แผนภูมิแสดงคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	73
ภาพประกอบ 13 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอล์บ.....	89

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในการพัฒนาประเทศ ทั้งนี้เพราะความรู้วิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานของการสร้างสรรค์เทคโนโลยีและสิ่งอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตลอดจนช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้นได้ ดังนั้นหากประเทศใดที่ประชากรมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์มากย่อมจะผลิตคิดค้นเทคโนโลยีหรือผลิตผลทางวิทยาศาสตร์ได้มากส่งผลให้ประเทศมีความเจริญก้าวหน้า ลดการพึ่งพิงนานาประเทศน้อยลงและสามารถที่จะแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ ได้ โดยเฉพาะในเรื่องการแข่งขันทางเศรษฐกิจ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับกระทรวงศึกษาธิการ ที่ได้สรุปความสำคัญของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งสำคัญ ในการพัฒนาประชากรให้มีคุณภาพจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลายด้าน การศึกษาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพประชากร ดังพระบรมราโชวาทตอนหนึ่งของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช พระราชทานแก่ครูใหญ่ และนักเรียน ณ ศาลาดุสิดาลัย พระราชวังดุสิต 22 กรกฎาคม 2520 ความว่า “การศึกษาเป็นเครื่องมือพัฒนาความรู้ ความคิด ความประพฤติ ทัศนคติ ค่านิยม และคุณธรรมของบุคคล เพื่อให้เป็นพลเมืองที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ” โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนับเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเป็นฐานที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากหน่วยงานต่าง ๆ อาทิเช่น การทดสอบทางการศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O – Net) ที่จัดโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สมศ.) การทดสอบความถนัดทั่วไปและความถนัดทางด้านวิชาชีพและวิชาการหรือ GAT/PAT แต่ทว่าปัญหาของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนส่วนใหญ่ โดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ในการทดสอบทางการศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O – Net) มีคะแนนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประเทศ 3 ปีการศึกษาย้อนหลังนับตั้งแต่ปีการศึกษา 2558 – 2560 ร้อยละ 33.40 ,ร้อยละ 31.62 และร้อยละ 29.37 ตามลำดับ พบว่าค่าสถิติของผลการทดสอบมีแนวโน้มลดลงเป็นผลทำให้ควรสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาการเรียนการสอนให้มากขึ้น (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เน้นการสืบเสาะหาความรู้โดยให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ และตอบสนองต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง (ประสาธน์ เนืองเฉลิม, 2558) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายและเหมาะสมกับระดับชั้น (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นวัฒนธรรมของสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge based society) ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้คนพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ช่วยพัฒนาวิธีการคิดทำให้รู้จักคิดเป็นเหตุผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดวิจารณ์ มีทักษะในการสืบเสาะค้นหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบโดยใช้หลักฐานและข้อมูลที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2555) บุคคลที่มีการคิดวิเคราะห์จะสามารถแยกแยะเรื่องราวหรือเนื้อเรื่องต่าง ๆ จนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (ลักขณา สรวิวัฒน์, 2557) การคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานของการคิดที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้และการดำเนินชีวิต บุคคลที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ดีจะมีความสามารถในด้านอื่น ๆ เหนือกว่าบุคคลอื่นทั้งด้านสติปัญญาและการดำเนินชีวิต การคิดวิเคราะห์เป็นทักษะที่ทุกคนสามารถพัฒนาได้ (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 – 2562 ให้ความสำคัญกับพัฒนาเด็กวัยเรียนและวัยรุ่นให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะการทำงานและการใช้ชีวิตที่พร้อมเข้าสู่ตลาดแรงงาน ดังนี้ 1) ปรับกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เด็กมีการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงสอดคล้องกับการพัฒนาการของสมองแต่ละช่วงวัย เน้นพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ด้านวิศวกรรม ด้านคณิตศาสตร์ ด้านศิลปะ และด้านภาษาต่างประเทศ 2) สนับสนุนให้เด็กเข้าร่วมกิจกรรมทั้งในและนอกห้องเรียนที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะชีวิตและทักษะการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง อาทิ การอ่าน การบำเพ็ญ

ประโยชน์ทางสังคม การดูแลสุขภาพ การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การวางแผนชีวิต(สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559) เพราะในปัจจุบันสังคมไทยก้าวเข้าสู่โลกยุคดิจิทัลอย่างเต็มตัว ทำให้เศรษฐกิจสังคมล้นดำนเนินไปอย่างรวดเร็ว มีการแข่งขันสูง การเข้าถึงแหล่งข้อมูลปริมาณมหาศาลผ่านโลกออนไลน์มากขึ้น ส่งผลให้คุณลักษณะเด็กเปลี่ยนไปประกอบกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 มีเป้าหมายให้ประเทศไทยก้าวออกจากกับดักรายได้ปานกลาง และก้าวไปสู่ประเทศรายได้สูงโดยใช้นวัตกรรมทางเศรษฐกิจสังคมและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพสูงเพื่อการขับเคลื่อนประเทศ สร้างเศรษฐกิจและสามารถดำเนินชีวิตในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community : AEC) ต่อไป (พรทิพย์ ศิริภักธราชัย, 2556)

ดังนั้นแนวทางในการจัดการศึกษาจำเป็นต้องจัดการศึกษาให้เป็นตามแนวทางพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ มาตรา 24 การจัดเนื้อหาสาระกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนต้องฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการและประยุกต์ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อไปสู่เป้าหมายของการเป็นคนเก่ง ดี และมีความสุข ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้จึงต้องจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการคิด รู้จักวิเคราะห์ และพัฒนาศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ (กรมวิชาการ, 2545) เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ที่มีทิศทางในการพัฒนาผู้เรียนที่ควรสร้างเด็กและเยาวชนไทยให้มีความรู้ความสามารถและมีทักษะในการประยุกต์ให้เข้าถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ สร้างความคิดของเด็กและเยาวชนไปสู่สิ่งใหม่ ๆ สิ่งที่ทำหาย สิ่งที่ยากขึ้น เมื่อใดก็ตามที่เด็กและเยาวชนมีความคิดว่ายากยิ่งทำหาย นั่นคือความสำเร็จของการยกระดับคุณภาพการศึกษาของชาติ แต่ถ้าเด็กและเยาวชนพยายามหลีกเลี่ยงสิ่งทำหายไปหาสิ่งที่ยากลำบากน้อยกว่า หรือใช้ความพยายามน้อยกว่าถือว่าไม่ประสบความสำเร็จ จากปัญหานี้นั้นอยู่ที่กระบวนการจัดการเรียนรู้ ควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย Core Subjects and 21st ซึ่งเป็นความรู้ในวิชาแกนและเนื้อหาประเด็นที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ภาษาอังกฤษ การอ่าน ศิลปะ ในการใช้ภาษาต่างประเทศ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศิลปะ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ หน้าที่พลเมืองและการปกครอง , Learning and innovation Skills ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และ

นวัตกรรม การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ , Information, Media and Technology Skills ได้แก่ การรู้เท่าทันสารสนเทศ การรู้เท่าทันสื่อ การรู้เท่าทันเทคโนโลยีสารสนเทศ และ Life and Career Skills ได้แก่ ทักษะชีวิตและการทำงาน (The Partnership for 21st Century Skills, 2009) มากกว่าการสอนที่มุ่งเน้นเนื้อหา

กระบวนการเรียนการสอนด้านสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้โดยใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เหล่านี้เข้าด้วยกันได้ สามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านี้เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนแบบหนึ่งในการผลิตคนแนวใหม่ให้พร้อมที่จะรับความเปลี่ยนแปลงของโลกอนาคตในด้านเศรษฐกิจ วัฒนธรรม สังคม และเทคโนโลยี เพื่อช่วยพัฒนาประเทศในยุคแห่งการแข่งขันกับนานาชาติและก้าวให้ทันประเทศอื่น ๆ ในการเข้าสู่ประชาคมอาเซียนและการเป็นประชาคมโลก ซึ่งสอดคล้องกับ กมลฉัตร กล่อมอิม (2559) ว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยจะพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ ผ่านประสบการณ์ในกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) หรือกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 โดยมีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งมีได้หลายรูปแบบแต่มีขั้นตอนหลักๆดังนี้ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Relate Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาคำถามเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าวในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือการนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ผู้แก้ปัญหามองต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมินตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการ

และกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ(Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งาน ต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ปรับปรุงและพัฒนา ผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้ หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมี ประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบ วิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ (ศุภยสะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2559)

ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) ได้กล่าวบทบาทผู้เรียนไว้ดังนี้ 1) ผู้เรียนมีทักษะการคิด วิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะเต็มเป็นพื้นฐาน 2) ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุขและมองเห็นเส้นทางการประกอบอาชีพในอนาคต 3) ผลสัมฤทธิ์ ในการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีสูงขึ้น 4) ผู้เรียนลงมือออกแบบกิจกรรมการ เรียนรู้ที่ทำทลายความรู้ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาโดยใช้สถานการณ์ที่เป็น ปัญหาในโลกปัจจุบัน ทำให้ผู้เรียนมีความตั้งใจเรียน ในส่วนบทบาทครูต่อการจัดการเรียนรู้แบบ บูรณาการสะเต็มศึกษา (จรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, & ศรีสมร พุ่ม สะอาด, 2558) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอน ดังนี้ 1) จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวาเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาใน สถานการณ์จริง 2) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ทำทลายความรู้ ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลก ปัจจุบัน 3) จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ 4) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม 5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้าง สถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและทำทลายกระบวนการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ ได้ด้วยตนเอง 6) ผู้สอนเป็นโค้ช (Coach) 7) ผู้สอนเป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor) 8) ผู้สอนเป็นผู้ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด สอดคล้องกับเจตนาพิชญ์ อาสนาชัย (2556) ได้กล่าวไว้ว่าวิธีที่ จะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี จะต้องได้ฝึกการคิดสร้างความรู้ด้วยตนเอง รู้จักไตร่ตรองปัญหา

ร่วมกับผู้อื่นในระบบกลุ่ม ได้เผชิญปัญหาได้ลงมือปฏิบัติได้รับประสบการณ์ตรงและอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของนักเรียนทั้งยังได้รับความรู้และประสบการณ์ใหม่ๆในการเรียนและมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์ที่ดีขึ้น ซึ่งคอร์ป (Kolb D. A & Fry R. E, 1974) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ว่าสามารถที่จะเริ่มจากจุดใดจุดหนึ่งและควรจะถูกพิจารณาเป็นวัฏจักรที่ต่อเนื่อง โดยกระบวนการจัดการเรียนการสอนเริ่มจากการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนประสบการณ์จริงเชิงรูปธรรม (Concrete experiences) ในวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป จากนั้นผู้เรียนจะตกผลึกความรู้จากประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้มา ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนการสังเกตที่มีการไตร่ตรอง สะท้อนความคิด (reflective observation) โดยในขั้นตอนนี้ผู้สอนจะต้องทำหน้าที่เป็นกระบวนกร (facilitator) และให้ผลตอบกลับ (feedback) กลับ หลังจากกระบวนการนี้ ผู้เรียนจะตกผลึกความคิด ซึ่งตรงกับขั้นตอนของ abstract conceptualization และเมื่อนำไปทดลองทำ/ทดลองใช้ ซึ่งเป็นขั้นตอน active experimentation จะทราบถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้และนำสิ่งเหล่านี้ไปวางแผนการเรียนรู้ และวนกลับเข้าไปในวัฏจักรการเรียนรู้เดิมอีกครั้งหนึ่ง

ดังนั้นเมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม (Concrete Experience) บุคคลจะเรียนรู้จากการสังเกตและการไตร่ตรอง (Reflective Observation) ประสบการณ์นั้นและสร้างความคิดรวบยอด (Abstract Conceptualization) ซึ่งบุคคลนั้นสามารถนำมาปรับใช้หรือทดลองใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (Active Experimentation) อันก่อให้เกิดประสบการณ์ใหม่และเริ่มการเรียนรู้ ตามวัฏจักรในรอบใหม่ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ทิศนา ขัมมณี (2551) อาจสรุปได้ว่า “การเรียนรู้คือกระบวนการที่ซึ่งความรู้ได้ถูกสร้างขึ้นจากการแปรเปลี่ยนประสบการณ์” ซึ่งสอดคล้องกับเสาวภา วิชาดี (2554) ที่กล่าวว่าการศึกษาในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบประสบการณ์ ทำให้ผู้สอนเข้าใจผู้เรียนมากขึ้นสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นข้อมูลในการวางแผนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจต่อการเรียนมากที่สุด ดังนั้นในการจัดการสอนโดยยึดลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น ผู้สอนจำเป็นต้องจัดการเรียนการสอนอย่างหลากหลาย เพื่อตอบสนองความต้องการ ความถนัด ความสนใจ ความสามารถของผู้เรียน โดยคำนึงถึงลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนที่แตกต่างกัน ผู้เรียนจึงจะเกิดความสุขในการเรียน โดยที่ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันตามกระบวนการสอน สะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้ที่สามารถส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ

อาทิตยา พูนเรือง (2559) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกัน โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกัน โดยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จากสภาพที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถและส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการแก้ปัญหาผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในการคิด การแก้ปัญหา และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้เพื่อตัดสินใจการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีหลักการและเหตุผล ซึ่งยุทธวิธีในการฝึกให้บุคคลเกิดนิสัยต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้น จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบด้านทักษะในการคิด ความรู้สึก การแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติ รวมทั้งลักษณะนิสัยที่ดีพร้อมในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน ซึ่งส่งผลให้เด็กเกิดความพร้อมในการเรียนรู้และสามารถแสดงออกมาได้ในทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ตามรูปแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาคัดลอกอย่างเป็นระบบ หากนำมาใช้ในการเรียนการสอน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบซึ่งสามารถส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น ตลอดจนสามารถนำไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาตนเอง สังคม และประเทศชาติต่อไป

คำถามการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้หรือไม่

2. การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปส่งผลให้นักเรียนมีการเปลี่ยนของลีลาการเรียนรู้หรือไม่

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้จะได้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ซึ่งเป็นแนวทางให้แก่ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และกลุ่มอื่น ๆ ในการออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เพื่อมุ่งพัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้เพื่อพัฒนาตนเองและส่งเสริมผู้เรียนตามแนวทางการปฏิรูปการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากทม. เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งมีโรงเรียน จำนวน 67 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 16,265 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนวัดพุทธบูชา ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป G*Power 3.1 โดยใช้ขนาดอิทธิพล 0.8 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทำให้ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำอย่างน้อย 13 คน จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ได้ห้องเรียนแผนการเรียน วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์มา 1 ห้องเรียนคือกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์

ห้อง ม. 5/3 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 44 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 19 คน และนักเรียนหญิง 25 คน เพื่อให้ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการเลือกเฉพาะเจาะจงนักเรียนจากแต่ละกลุ่มระดับความสามารถได้นักเรียนจำนวน 13 คน โดยพิจารณาจากความสม่ำเสมอในการเข้าร่วมกิจกรรม ความเข้าใจและยินดีให้ข้อมูล ทั้งนี้สามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ เก่ง ปานกลาง และต้องปรับปรุง จากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องของไหล กลุ่มเก่ง คือ กลุ่มคะแนนระหว่าง 7 – 10 คะแนน กลุ่มปานกลางคือ กลุ่มคะแนนระหว่าง 4 – 6 คะแนน และกลุ่มต้องปรับปรุง คือ กลุ่มคะแนน 0 – 3 คะแนน เนื่องจากของไหลเป็นเนื้อหาส่วนต้นที่จะนำไปต่อยอดความรู้เกี่ยวข้องกับเรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส จึงจะทำให้ให้นักเรียนเกิดการเข้าใจในเนื้อหาและความสอดคล้องกันของบทเรียนได้มากขึ้น ซึ่งกลุ่มตัวอย่างนี้เลือกจากการที่ผู้วิจัยสามารถทำการทดลองได้จบกระบวนการทดลองและได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บริหารโรงเรียน เนื่องจากระยะเวลาในการทำทดลองเป็นเวลานาน ซึ่งโรงเรียนวัดพุทธบูชามีนักเรียนที่มีลักษณะครอบคลุมกับลักษณะของประชากรที่ต้องการศึกษา

ขอบเขตของเนื้อหา

ขอบเขตของเนื้อหาที่ในการวิจัยครั้งนี้อยู่ในสาระที่ 5 พลังงาน มาตรฐาน ว. 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์โดยใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 5 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เนื่องจากเป็นเรื่องที่มีปริมาณเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการทำการทดลองและเนื้อหาเป็นเรื่องที่ยากต่อการถ่ายทอดความรู้โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นทฤษฎี ซึ่งมีหน่วย 5 หน่วยการเรียนรู้ย่อย ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	ความร้อน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	แก๊สอุดมคติ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4	พลังงานภายในระบบ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	การประยุกต์

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้เวลาทดลองรวม 16 คาบเรียน แบ่งเป็น ทำการสอน 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 55 นาที และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน 2 คาบเรียน และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน 2 คาบเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	ความร้อน	4 คาบเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	แก๊สอุดมคติ	2 คาบเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	3 คาบเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4	พลังงานภายในระบบ	2 คาบเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	การประยุกต์	1 คาบเรียน

ตัวแปรที่ศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจำแนกตัวแปรที่ศึกษาดังนี้

1. ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

2. ตัวแปรตาม การศึกษาครั้งนี้แบ่งตัวแปรตามออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 ตัวแปรตามที่ศึกษาจากข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วย

2.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

2.1.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.2 ตัวแปรตามที่ศึกษาจากข้อมูลเชิงคุณภาพคือ ลีลาการเรียนรู้ (Learning Style) แบ่งเป็น 4 รูปแบบดังนี้

2.2.1. แบบคิดนอกเนกนัย (Divergers)

2.2.2. แบบซึมซับ (Assimilators)

2.2.3. แบบคิดเอกนัย (Convergers)

2.2.4. แบบปรับปรุง (Accommodators)

โดยผู้วิจัยต้องการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป หมายถึง การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียน ซึ่งความรู้ได้นั้นถูกสร้างขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงประสบการณ์ตามวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ด้วยกันคือ 1) การให้ประสบการณ์จริง (Concrete Experiences) โดยผู้เรียนต้องเปิดใจเพื่อเรียนรู้จากประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ เน้นการใช้ความรู้สึกและยึดถือสิ่งที่เกิดขึ้นจริงตามที่ตนประสบ และต่อมา 2) เกิดการสังเกตที่มีการไตร่ตรอง สะท้อนความคิดที่ได้จากประสบการณ์จริง โดยการสังเกตอย่างรอบคอบ (Reflective Observation) 3) นำไปสู่การสร้างแนวความคิด (Abstract Conceptualization) ซึ่งเป็นการประมวลความรู้ออกมาเป็นแนวคิดหรือหลักการของตนเอง ใช้ความคิดในการสรุปรวบยอดเป็นหลักการต่าง ๆ และ 4) นำสิ่งที่ได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อดูผล (Active Experimentation) ซึ่งผลจากการทดลองจริงนั้น อาจนำไปสู่ประสบการณ์ใหม่ ๆ และเกิดกระบวนการเรียนรู้หมุนเวียนเป็นวัฏจักรกันอย่างต่อเนื่อง เกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ที่วัดจากการทำแบบทดสอบ เรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส โดยมีเนื้อหาล้อย คือ ความร้อน แก๊ส อุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส พลังงานภายในระบบ และการประยุกต์ โดยแบบทดสอบประกอบไปด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการหาคำตอบและแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนเรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวัดจากแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 4 ข้อ โดยวัดความสามารถ 4 ขั้นตอน ตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 1) ขั้นระบุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุดภายในขอบเขตข้อเท็จจริงที่กำหนดให้
- 2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา โดยพิจารณาจากข้อเท็จจริงของสถานการณ์ที่กำหนดให้

3) ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการวางแผนหรือเสนอแนวทางในการคิดแก้ปัญหาที่ตรงกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้อย่างสมเหตุสมผล

4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายได้ว่าผลที่เกิดจากการกำหนดวิธีการคิดแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร

4. ลีลาการเรียนรู้ หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลที่ชอบหรือถนัดใช้เป็นประจำ ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยให้บุคคลนั้นเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด และการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามวัฏจักรของคอร์ป ซึ่งแบ่งลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

4.1 แบบคิดเอนกนัย (Divergers) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นขั้นตอนการเรียนรู้ขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 เป็นแบบที่ผู้เรียนมีความสามารถในการรับรู้และการสร้างจินตนาการต่าง ๆ ขึ้นเอง สามารถไตร่ตรองจนมองเห็นภาพโดยส่วนรวม ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้จะทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่ต้องการความคิดหลากหลาย เช่น การระดมสมอง

4.2 แบบซึมซับ (Assimilators) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นขั้นตอนการเรียนรู้ขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีความสามารถในการสรุปหลักการหรือกฎเกณฑ์ ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้มักสนใจในหลักการที่เป็นนามธรรมมากกว่าแต่ไม่ชอบการลงมือปฏิบัติและมักไม่คำนึงถึงการนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้

4.3 แบบคิดเอกนัย (Convergers) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นขั้นตอนการเรียนรู้ขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีความสามารถในการนำแนวคิดที่เป็นนามธรรมไปใช้ในการปฏิบัติผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้สามารถสรุปวิธีที่ถูกต้องที่สุดเพียงวิธีเดียวที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ไม่ชอบใช้อารมณ์ในการแก้ปัญหาแต่ใช้เหตุผล ชอบทำงานกับวัตถุมากกว่าทำงานกับบุคคล มักมีความสนใจที่เฉพาะเจาะจงในสิ่งใดสิ่งหนึ่งและมีความเชี่ยวชาญในสิ่งนั้น

4.4 แบบปรับปรุง (Accommodators) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นขั้นตอนการเรียนรู้ขั้นที่ 4 และขั้นที่ 1 ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้จะชอบลงมือปฏิบัติชอบทดลองและจะทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่ต้องใช้การปรับตัว มีแนวโน้มจะแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการที่ตนนึกคิดขึ้นเองในลักษณะที่ทดลองผิดลองถูกและชอบทำงานร่วมกับผู้อื่น

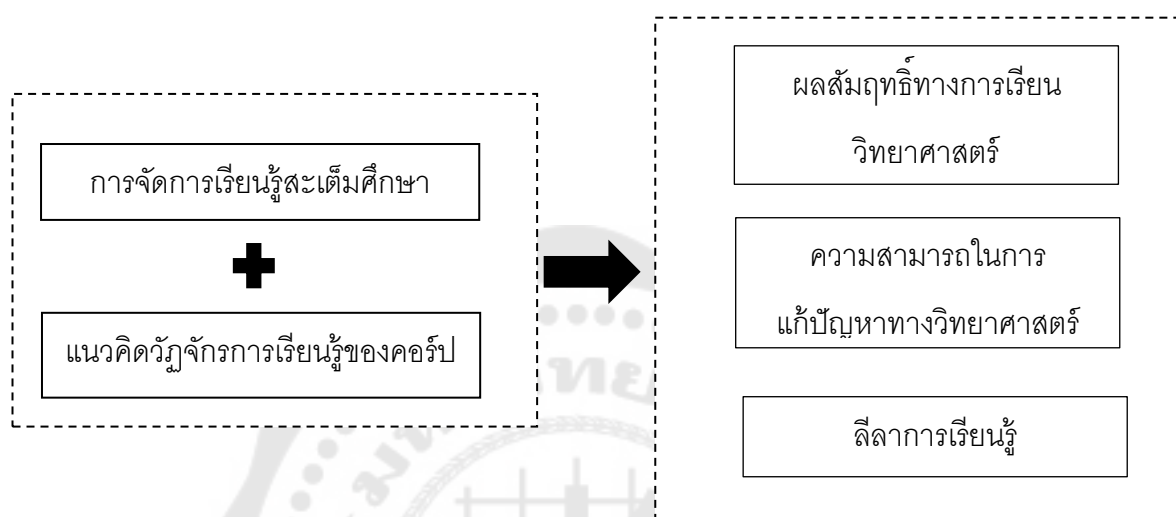
กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปนั้น ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นประสบการณ์รูปธรรม (Concrete Experiences) 2) ขั้นการไตร่ตรอง (Reflective Observation) 3) ขั้นการสรุป (Abstract Conceptualization) และ 4) ขั้นการทดลองปฏิบัติจริง (Active Experimentation) ซึ่งสามารถจำแนกลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็น 4 แบบ ได้แก่ แบบคิดคนเดียว แบบซึมซับ แบบคิดคนเดียวและแบบปรับปรุง โดยวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปได้แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างไม่จำกัดโดยขึ้นอยู่กับประสบการณ์รูปธรรมที่ผู้เรียนจะได้เข้าไปสัมผัสหรือมีส่วนร่วม ดังนั้น การที่จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ที่ผู้สอนหรือครูกำหนด และผู้เกี่ยวข้องจำเป็นต้องสร้างหรือจัดประสบการณ์รูปธรรมต่าง ๆ ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับเป้าหมายหรือมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตรให้กับผู้เรียนได้เข้าร่วม อีกทั้งยังต้องกำหนดขั้นตอน วิธีการ และเครื่องมือช่วยเรียนรู้ที่จะสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเข้าร่วมประสบการณ์และคงสภาพการเข้าร่วมนั้นอย่างตั้งใจอยู่ได้ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และมีสมรรถนะตามความคาดหวังของหลักสูตร (ศูนย์นวัตกรรมนโยบาย, 2557)

กระบวนการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ที่มุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยจะพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ ผ่านประสบการณ์ในกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning) หรือกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) โดยมีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2559)

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปจะช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถและส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบซึ่งสามารถส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น และในการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น ควรจัดให้มีกิจกรรมหลากหลายในการฝึกฝนทักษะด้านต่าง ๆ เพื่อตอบสนองวิธีการเรียนรู้ให้มากที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนรู้ที่สามารถส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นได้ (อาทิตยา พูนเรือง, 2559) (คงขวัญ ทิพย์อักษร, 2559) จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงใช้การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็ม

ศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนคอร์ป และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนส่งผลต่อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปแล้วมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

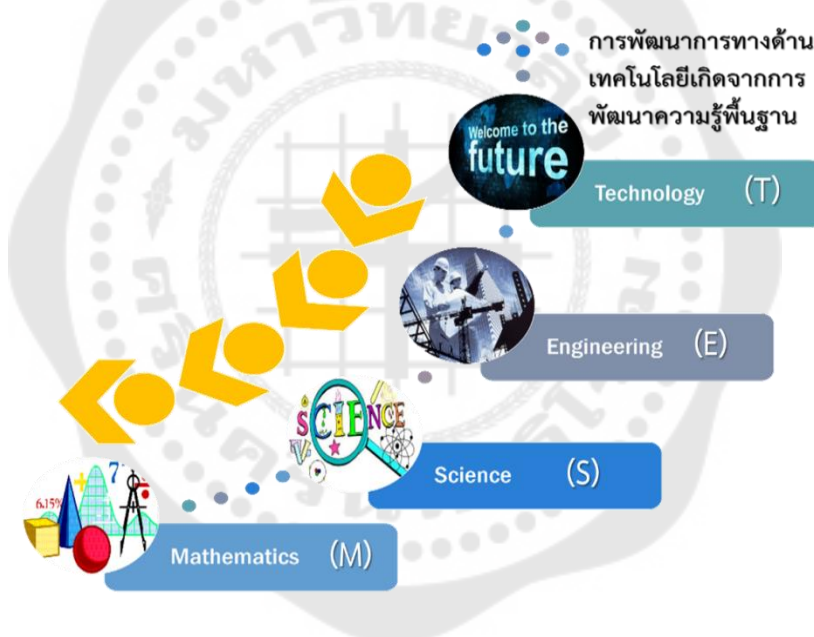
1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา
 - 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา
 - 1.2 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา
 - 1.3 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา
 - 1.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
 - 1.5 แนวทางการวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษา
2. เอกสารที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ตามแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป
 - 2.1 แนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป
 - 2.2 ลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป
3. เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
 - 3.2 ความมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 3.3 วิธีการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
4. เอกสารที่เกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 - 4.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 - 4.2 การเรียนการสอนกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 - 4.3 กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
5. เอกสารเกี่ยวกับการวิจัยแบบรองรับภายใน (Embedded Design)
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นการพัฒนาผู้เรียนที่อาศัยหลักการเรียนรู้ย้อนกลับโดยใช้เทคโนโลยีและแนวทางอาชีพ เป็นสื่อและเครื่องมือในการกระตุ้นการพัฒนาความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชา มาผสมผสานกันอย่างลงตัว ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ไปจนถึง อาชีวศึกษา หรืออุดมศึกษา เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และประกอบอาชีพในอนาคต (ศูนย์นวัตกรรมนโยบาย, 2557)

ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556)

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นท่องจำเนื้อหา แต่ฝึกให้รู้จักคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา ทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ สามารถนำเอาความรู้จากวิชาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่สามารถพบได้จากชีวิตจริง นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาก็

พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษาในระดับโรงเรียนจะหมายถึงการสร้าง การดัดแปลง การทำต้นแบบ รวมถึงการออกแบบกระบวนการผลิตหรือการบริการ โดยการประยุกต์ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นการเตรียมศักยภาพที่จะนำไปใช้สำหรับศึกษา ต่อในระดับอุดมศึกษาหรือเพื่อการทำงานจริงในอนาคต

สะเต็มศึกษาไม่ได้จำกัดอยู่เพียงรายวิชาที่กล่าวมาข้างต้นเพียงเท่านั้น แต่สามารถ นำรายวิชาอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น ศิลปะ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ สุขศึกษา พลศึกษา เป็นต้น มาบูรณาการเพื่อนำทักษะความรู้ด้านอื่น ๆ ได้ และหากนำเอาการเรียนรู้เชิงรุก Active learning มาใช้ร่วมด้วย อาจทำให้แนวคิดสะเต็มศึกษามีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แนวคิดความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกและเชิงรับ กับประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเรียนรู้

ที่มา: (ศูนย์นวัตกรรมนโยบาย, 2557)

เนื่องจากการเรียนรู้แบบเชิงรับ (Passive Learning) จะทำให้ผู้เรียนเกิด ประสิทธิภาพและประสิทธิผลจากการเรียนรู้ได้เพียงครั้งเดียวของศักยภาพที่มีทั้งหมด ในขณะที่ การเรียนแบบเชิงรุก (Active learning) สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลจาก การเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งตัวอย่างกิจกรรมการเรียนแบบเชิงรุก ได้แก่ การเรียนแบบใช้

โครงการเป็นฐานในการเรียนรู้ การเรียนแบบใช้การอภิปรายร่วมกัน กิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เป็นต้น

1.2 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา

ดักเกอร์ (Dugger & William E, 2010) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่าเป็น การบูรณาการระหว่าง 4 สาขาวิชา คือวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับพรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) พับบลิค เอดูเคชั่น California public education (2014) และวศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ในประเด็นที่กล่าวว่าสะเต็มศึกษาคือการสอน แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละ สาขาวิชามาสวมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลก โดยวิชาวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ ธรรมชาติของโลก เทคโนโลยีเป็นการดัดแปลงธรรมชาติของโลกให้เหมาะสมต่อความต้องการ ของมนุษย์ วิศวกรรมศาสตร์เป็นความรู้เฉพาะของคณิตศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ ได้รับจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ และการฝึกฝน และคณิตศาสตร์ เป็นวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับ แบบแผนและความสัมพันธ์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) ไม่เน้น ให้เด็กท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือสมการคณิตศาสตร์ แต่เป็นการฝึกให้ผู้เรียนมี ทักษะการคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูล ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถนำ องค์ความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และสาขาอื่น ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อให้ผู้เรียน สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ โดยการนำทักษะความรู้ไปใช้ในชีวิตรประจำวันเพื่อ พัฒนาตนเอง และพัฒนาประเทศในด้านเศรษฐกิจ สังคม สาธารณสุข และความมั่นคงของ ประเทศ รวมทั้งพัฒนาความเป็นสากลมนุษยต่อไป

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอน ที่บูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ไม่ควรขาดองค์ประกอบใดไปแม้แต่ตัวเดียว ถ้าขาดตัวใดตัวหนึ่งก็จะไม่ ครบองค์ประกอบ และไม่ครบการเป็น สะเต็มศึกษา การที่ผู้เรียนได้ลงมือกระทำอย่างกระตือรือร้น และได้ผลงานออกมาโดยการใช้กระบวนการต่าง ๆ ในการจัดการเรียนการสอน ผู้เรียนได้เรียนรู้ จากการวางแผนทำกิจกรรม สืบค้น การคิดต่าง ๆ เช่นการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การคิดใน

ระดับต่าง ๆ และลงมือทำกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ในทุกสาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า ตลอดจนการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

1.3 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตจริง เพื่อเป็นการเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะการใช้ชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเชื่อมโยงกันจนทำให้ได้นวัตกรรมใหม่ ๆ ในอนาคต ซึ่งการบูรณาการสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับดังนี้

- 1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary integration)
- 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary integration)
- 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary integration)
- 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary integration)

การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการหรือปัญหาเป็นฐานที่บูรณาการการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี กับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยนักเรียนจะทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ ผูกทักษะการคิด ขั้นสูง และฝึกให้นักเรียนมีทักษะในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีและนำองค์ความรู้ มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจ ในสิ่งที่ปัญหาเพื่อหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์สำหรับแก้ปัญหาดังกล่าว
- 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) คือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีข้อเสียและความเหมาะสมเพื่อเลือกวิธีการหรือแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด

3) การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ในขั้นตอนนี้ต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมทั้งออกแบบและพัฒนาต้นแบบของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4) การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์โดยออกแบบวิธีนำเสนอให้เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้

1) เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์โดยนำจุดเด่นของแต่ละสาขามารวมผสมผสานกัน กล่าวคือ

- วิทยาศาสตร์เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ ซึ่งการสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษานั้นจะทำให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้น รู้ลึกทำท่ายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับขั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

- เทคโนโลยีเป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT อย่างเดียว

- วิศวกรรมศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

- คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังรวมทั้งกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่าง ภาษาคณิตศาสตร์ ผู้เรียนจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า และการส่งเสริมการคิด

คณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-level math thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2) เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาลมัธยมศึกษาตอนปลาย ถ้าครูใช้วิธีการสอนแบบ Project-based learning, Problem-based learning, Design-based learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้น นอกจากสะเต็มศึกษาจะเป็นการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 สาขาแล้วยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

3) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ รอบด้าน ทั้งด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์หรือความคิดเห็นที่แตกต่างจากผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

จากแนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นท่องจำเนื้อหา แต่ฝึกให้รู้จักคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา ทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ สามารถนำเอาความรู้จากวิชาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่สามารถพบได้จากชีวิตจริง นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษาในระดับโรงเรียนจะหมายถึงการสร้าง การดัดแปลง การทำต้นแบบ รวมถึงการออกแบบกระบวนการผลิตหรือการบริการ โดยการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นการเตรียมศักยภาพที่จะนำไปใช้สำหรับศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา หรือเพื่อการทำงานจริงในอนาคต

1.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สภาวิจัยแห่งชาติของนักวิชาการระดับชาติ (National research council of the national academies) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

- 1) ขยายจำนวนนักเรียนเพื่อประกอบอาชีพในสาขาที่เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และขยายโอกาสให้เพศหญิงในการเข้าร่วมการประกอบอาชีพในสาขาที่เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา
- 2) ขยายแรงงานที่มีความสามารถในอาชีพที่เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และขยายโอกาสให้เพศหญิงให้มีความสามารถเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพื่อประกอบอาชีพ
- 3) เพิ่มความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาให้นักเรียนทุกคน รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2556) ได้กล่าวว่าประโยชน์ของสะเต็มศึกษามีดังนี้

- 1) ผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน
- 2) ผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะเรียนสนุก และมองเห็นอาชีพการทำงานที่สนใจจะทำหลังจากที่สำเร็จการศึกษาแล้ว
- 3) ผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษา ผลการประเมินทางด้านผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ควรดีขึ้น
- 4) ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็มที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่า ระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) ได้กล่าวว่าประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีดังนี้

- 1) ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบวิศวกรรมเป็นพื้นฐาน
- 2) ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
- 3) ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกันระหว่างกลุ่มสาระวิชา
- 4) หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครู และบุคลากรทางการศึกษา
- 5) สร้างกำลังคนด้านสะเต็มของประเทศไทยเพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชาติ

จากประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนแบบหนึ่งในการผลิตคนแนวใหม่ให้พร้อมที่จะรับความเปลี่ยนแปลงของโลกอนาคต ในด้านเศรษฐกิจ วัฒนธรรม สังคม และเทคโนโลยี เพื่อช่วยพัฒนาประเทศในยุคแห่งการแข่งขันกับนานาชาติและก้าวให้ทันประเทศอื่น ๆ ในการเข้าสู่ประชาคมอาเซียนและการเป็นประชาคมโลก

1.5 แนวทางการวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษา

การวัดและประเมินผลในสภาพจริงผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ การสะท้อนถึง ความรู้ ความคิด เจตคติ ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้ (สุพรรณิ ชญาประเสริฐ, 2558)

1) การประเมินจากสภาพจริง (Authentic assessment) หมายถึง การประเมินความสามารถที่ แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียน แสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่ แท้จริงของผู้เรียนได้

2) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance assessment) ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติจริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงานผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงานและมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1) การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชาและชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงานและการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2) การกำหนดชิ้นงานหรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงานและเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลิตรายงาน จะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน การมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างครูและ ผู้เรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน และการติดตามความก้าวหน้าของครู

2.1 การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางานแล้วปฏิบัติตามขั้นตอน ให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ถาวรศึกษาเนื้อเยื่อพืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นต้น

2.2 การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียน ลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

2.3 การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังมีค่าเป็น เนื่องจากใช้ความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจในหลักการต่าง ๆ ได้ ดังนั้น ในการะบวนการประเมินจึงยังคงใช้ แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ - ความจำ แต่จะมุ่งเน้น ขประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูง แบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนตอบและสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริง ของผู้เรียน

1.6 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิด การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อม อย่างกระตือรือร้น (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2557) กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ได้แก่ 1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้

ด้วยวิธีการที่ต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน 2) ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่ต่างกัน 3) การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การมีประสบการณ์ตรงและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่ 4) ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถ กระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุก ๆ ด้าน

2. ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน จุดเน้นของการเรียนแบบมีส่วนร่วม คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่าง ๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้ การแสดงออกการสร้างความรู้ใหม่ และการทำงาน (จิราณี เมืองจันทร์, 2557) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ได้แก่ 1) นักเรียนแต่ละคน มีส่วนร่วมทำให้เกิดการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อม อาศัยหลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ และการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะการแสวงหา แสดงออกทักษะการสร้าง ความรู้ใหม่และทักษะการทำงานกลุ่ม 2) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจเลือกบทเรียนที่ต้องการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มหรือศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะร่วมกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ฝึกปฏิบัติการวางแผนการทำ กิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันและทำรายงานผลการเรียนรู้ 3) นักเรียนได้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมกลุ่ม ฝึกฝนทักษะการเรียนรู้ทักษะการบริหาร การจัดการ การเป็นผู้นำผู้ตามและที่สำคัญเป็นการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน 4) ครูมีบทบาทกระตุ้นให้นักเรียนได้เล่าประสบการณ์ของตนเอง ผู้สอนอาจใช้ใบชี้แจงกำหนด กิจกรรมของนักเรียน ในการนำเสนอประสบการณ์ ในกรณีที่นักเรียนไม่มีประสบการณ์ในเรื่องที่จะสอนหรือมีน้อย ผู้สอนอาจจะยกกรณี ตัวอย่างหรือสถานการณ์ก็ได้

3. ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) บรูเนอร์เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (discovery learning) (วารุณี หนองห้าง, 2553) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) ได้แก่ 1) ผู้สอนควรจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนค้นพบการเรียนรู้ ด้วยตนเองซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ดีมีความหมายต่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี 2) ก่อนสอนผู้สอนต้องมีการวิเคราะห์และจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน 3) ผู้สอนควรจัดความคิดรวบยอดเนื้อหาสาระวิธีการสอนและกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการสติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งจะช่วย

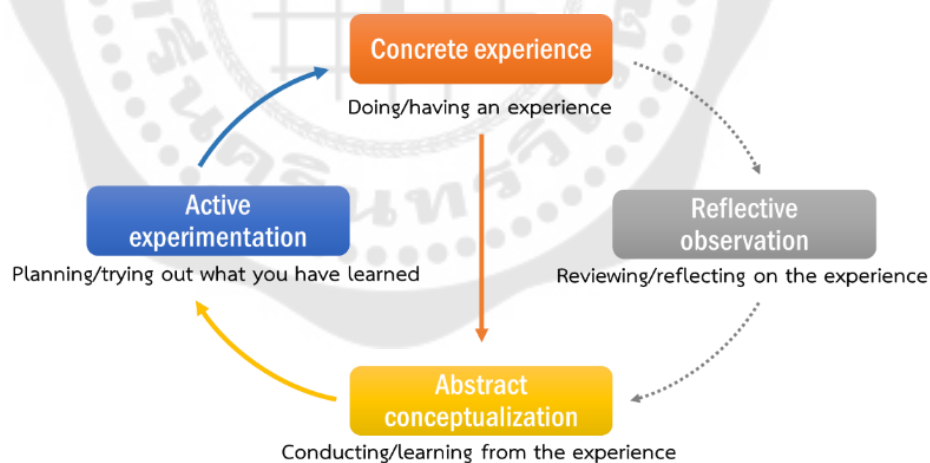
ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี 4) ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระให้มาก เพื่อช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน 5) ผู้สอนสร้างแรงจูงใจภายในให้แก่ผู้เรียน 6) ผู้สอนควรสอนความคิดรวบยอดให้แก่ผู้เรียน

4. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful verbal Learning) เน้นความสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความเข้าใจและความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่ยูเรียนใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ ในโครงสร้างสติปัญญากับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนอยู่แล้ว (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful verbal Learning) ได้แก่ 1) ผู้สอนควรมีการแนะนำบทเรียนก่อนการเรียนการสอน และก่อนที่จะสอนสิ่งใดใหม่มีการสำรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเสียก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจ เรื่องที่จะเรียนใหม่หรือไม่ ถ้ายังไม่มีต้องจัดให้ก่อนสอนเรื่องใหม่ 2) ผู้สอนควรสอนโดยไม่เน้นการท่องจำ แต่สอนให้เกิดการสร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่หรือความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน 3) ผู้สอนควรใช้ Advance organizer เป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความหมายจากการสอนหรือการบรรยายของผู้สอน 4) ผู้สอนควรช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยการจัดเรียงเรียงข้อมูลข่าวสาร ที่ต้องการให้เรียนรู้ออกเป็นหมวดหมู่ 5) ผู้สอนควรนำเสนอกรอบหลักการกว้าง ๆ ก่อนที่จะให้เรียนรู้ในเรื่องใหม่

5. ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไป สร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน (ทวีป แซ่ฉิน, 2556) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) ได้แก่ 1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจจะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการคิดทำและการเรียนรู้ต่อไป 2) เป็นการจัดสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันอันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ เช่น ความถนัด ความสามารถและประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือกันและกัน การสร้างสรรค์ผลงานและ ความรู้ รวมทั้งพัฒนาทักษะทางสังคมด้วย 3) เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเองที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจจะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข

6. วงจรการเรียนรู้ของคอรัป (Kolb's Learning Cycle) ซึ่งเป็นแนวคิดของ David A. Kolb ที่กล่าวไว้ว่าผลอันเกิดจากลักษณะนิสัยพันธุกรรม ประสบการณ์เดิม และความ ต้องการของสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ซึ่งผสมผสานกันทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างบุคคลใน

แห่งความสามารถในการเรียนรู้ ซึ่ง ได้เสนอว่าวัฏจักรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์สามารถที่จะเริ่มจากจุดใดจุดหนึ่งและควรจะถูกพิจารณาเป็นวัฏจักรที่ต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามกระบวนการเรียนรู้มักจะเริ่มจากการที่บุคคลทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง จากนั้นจึงดูผลจากการกระทำในสถานการณ์นั้น ซึ่งในขั้นตอนต่อมาคือการทำความเข้าใจกับผลที่เกิดขึ้น และทำความเข้าใจกับหลักการทั่วไปที่เกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว คอรัป (Kolb D. A & Fry R. E, 1974) รูปแบบการเรียนรู้ย่อมมีประสิทธิภาพของมนุษย์มี 4 ขั้นตอน คือ 1) การให้ประสบการณ์จริง (Concrete Experiences) โดยผู้เรียนต้องเปิดใจเพื่อเรียนรู้จากประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับและ 2) ต่อมาเกิดการสังเกตที่มีการไตร่ตรองสะท้อนความคิดที่ได้จากประสบการณ์จริง (Reflective Observation) 3) นำไปสู่การสร้างแนวความคิด (Abstract Conceptualization) ซึ่งเป็นการประมวลความรู้ออกมาเป็นแนวคิดหรือหลักการของตนเองและ 4) นำสิ่งที่ได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อดูผล (Active Experimentation) ซึ่งผลจากการทดลองจริงนั้นอาจนำไปสู่ประสบการณ์ใหม่ ๆ และเกิดกระบวนการเรียนรู้หมุนเวียนเป็นวัฏจักรกันอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในการเรียนการสอนด้วยวิธีการที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้ มักจะไม่รวมขั้นตอนของการสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือสังเกตจึงทำให้วัฏจักรการเรียนรู้ของคอรัปเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 วัฏจักรการเรียนรู้ของคอรัป (Kolb's Learning Cycle)

ที่มา: วัฏจักรการเรียนรู้ของคอรัป (Kolb D. A & Fry R. E, 1974)

2. เอกสารที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ตามแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของ คอรัป (Kolb' learning cycle)

2.1 แนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอรัป

คอรัป (Kolb D. A & Fry R. E, 1974) ได้กล่าวถึงรูปแบบการเรียนรู้ว่า คือผลอันเกิดจากลักษณะนิสัยพันธุกรรม ประสบการณ์เดิม และความต้องการของสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ซึ่งผสมผสานกันทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างบุคคลในแง่ของความสามารถในการเรียนรู้ ซึ่งได้เสนอว่าวัฏจักรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์สามารถที่จะเริ่มจากจุดใดจุดหนึ่งและควรจะถูกพิจารณาเป็นวัฏจักรที่ต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามกระบวนการเรียนรู้นั้นมักจะเริ่มจากการที่บุคคลทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง จากนั้นจึงดูผลจากการกระทำในสถานการณ์นั้น ซึ่งในขั้นตอนต่อมาคือการทำความเข้าใจกับผลที่เกิดขึ้น และทำความเข้าใจกับหลักการทั่วไปที่เกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว

คุณลักษณะของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ตามแนวคิดของคอรัป (David A Kolb, 1984) ได้เน้นย้ำถึงหลักการต่าง ๆ ดังนี้

- 1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการไม่ใช่ผลลัพธ์
- 2) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องที่มีรากฐานจากประสบการณ์
- 3) กระบวนการเรียนรู้ต้องการการแก้ไขข้อขัดแย้งระหว่างข้อที่อยู่ตรงข้ามกันของการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์
- 4) การเรียนรู้เป็นกระบวนการโดยรวมของการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์
- 5) การเรียนรู้เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนกันระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม
- 6) การเรียนรู้เป็นกระบวนการของการสร้างความรู้

จากคุณลักษณะของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ดังกล่าวข้างต้นอาจสรุปได้ว่า “การเรียนรู้คือกระบวนการที่ซึ่งความรู้ได้ถูกสร้างขึ้นจากการแปรเปลี่ยนประสบการณ์” คำนิยามนี้ได้เน้นย้ำถึงกระบวนการของการปรับตัวและการเรียนรู้ซึ่งตรงข้ามกับเนื้อหาหรือผลลัพธ์ โดยความรู้เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงซึ่งถูกสร้างขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกิดจากการสังเกต ไตร่ตรอง ประสบการณ์นั้น และสร้างเป็นความคิดรวบยอด ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ไม่ได้เป็นสิ่งอิสระที่ถ่ายทอดหรือหาได้ แล้วทำให้บุคคลนั้นสามารถเกิดการเรียนรู้ที่ดี

ทิสนา แชมมณี (2551) กล่าวว่า คอรัป (Kolb) ได้นำเสนอวัฏจักรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning Cycle) เพื่ออธิบายกระบวนการการเรียนรู้ของบุคคลว่า เมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม (Concrete Experience) บุคคลจะเรียนรู้จากการสังเกตและการไตร่ตรอง (Reflective Observation) ประสบการณ์นั้นและสร้างความคิดรวบยอด (Abstract Conceptualization) ซึ่งบุคคลนั้นสามารถนำมาปรับใช้หรือทดลอง

ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (Active Experimentation) อันก่อให้เกิดประสบการณ์ใหม่และเริ่มการเรียนรู้ ตามวัฏจักรในรอบใหม่ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ

กระบวนการและโครงสร้างในการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ สามารถอธิบายได้เป็นวัฏจักร 4 ขั้นตอน ซึ่งคอ์ปและฟราย (Kolb D. A & Fry R. E, 1974) กล่าวว่าจุดเริ่มต้นของวัฏจักรการเรียนรู้สามารถเริ่ม ณ จุดใดจุดหนึ่งและจะเป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่อง กระบวนการเรียนรู้จะเริ่มต้นเมื่อบุคคลได้กระทำการสิ่งใดสิ่งหนึ่งและได้เห็นผลของการกระทำนั้น หลังจากนั้นคือการเข้าใจผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น เพื่อที่หากการกระทำเดียวกันได้เกิดขึ้นอีกในสภาพที่คล้ายคลึงกันจะทำให้เข้าใจถึงผลลัพธ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้โดยง่าย และในขั้นที่เหนือขึ้นไปจะเริ่มเข้าใจถึงหลักการทั่ว ๆ ไปที่เหตุการณ์นั้นได้เกิดขึ้นโดยการอธิบายในประเด็นสำคัญเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้ ดังแสดงในภาพประกอบ 5 ประกอบด้วย

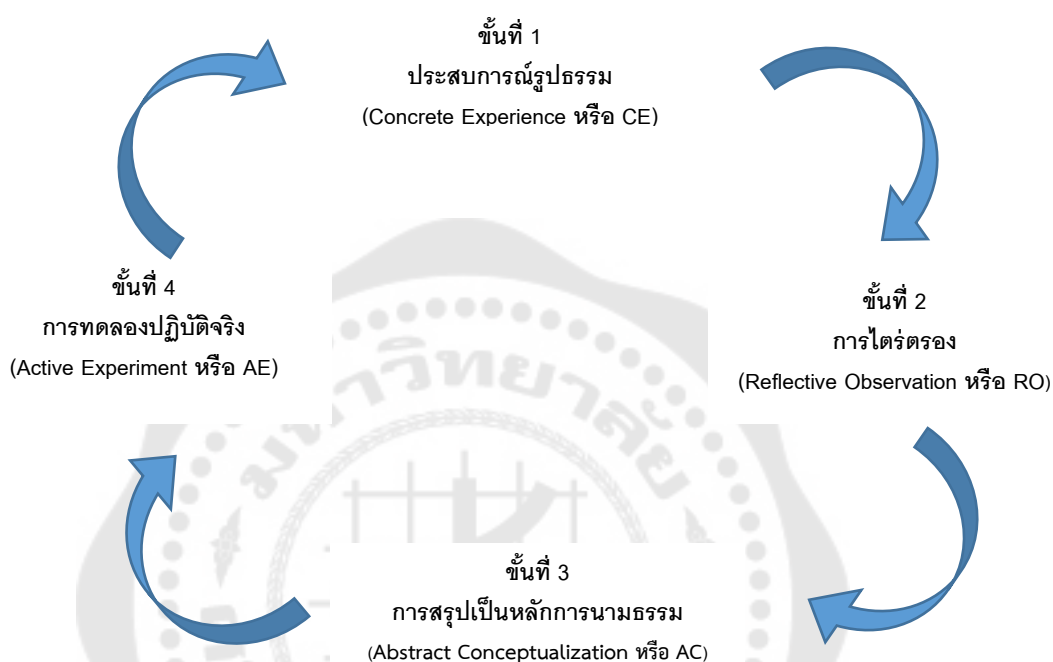
1) ประสบการณ์เชิงรูปธรรม (Concrete Experience : CE) เป็นการเข้าไปมีส่วนร่วมและรับรู้ประสบการณ์ใหม่ ขั้นนี้เน้นที่ความรู้ ความสลับซับซ้อนของความจริงในปัจจุบัน บุคคลที่มีการเรียนรู้ในขั้นนี้มักตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยใช้ความรู้สึกนึกคิดของตนเอง สามารถกล่าวได้ว่าเป็นการเรียนรู้จากความรู้สึก (Learning from Feeling) มากกว่าการคิดเชิงทฤษฎีนามธรรม

2) การสังเกตอย่างไตร่ตรอง (Reflective Observation : RO) เป็นความสามารถในการสังเกตประสบการณ์ที่ได้รับอย่างละเอียดรอบคอบ บุคคลที่มีการเรียนรู้ในขั้นนี้มักจะทำความเข้าใจกับความหมายของสิ่งต่าง ๆ โดยการสังเกตและการคิดด้วยตนเอง สามารถมองสิ่งต่าง ๆ อย่างแยกแยะเป็นหลายแง่มุม การตัดสินใจต้องอาศัยการสังเกตและวิเคราะห์อย่างละเอียด การเรียนรู้ในขั้นนี้เป็นการเรียนรู้ด้วยการดูและฟัง (Learning by Watching and Listening)

3) การสร้างแนวคิดนามธรรม (Abstract Conceptualization : AC) เป็นการนำประสบการณ์ที่ได้รับและสังเกตได้มาสรุปเป็นแนวคิดหรือทฤษฎีของตนเอง สามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณและวางแผนอย่างเป็นระบบ บุคคลที่มีการเรียนรู้ในขั้นนี้เน้นทฤษฎีและการวิเคราะห์เชิงนามธรรมและมักไม่นำตนเข้าไปเกี่ยวข้องกับผู้อื่น ชอบสร้างแนวคิดและแบบแผนในการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ด้วยการคิดอย่างมีเหตุผลมากกว่าการใช้ความรู้สึก การเรียนรู้ในขั้นนี้จึงมีลักษณะเป็นการเรียนรู้จากความคิด (Learning by Thinking)

4) การทดลองปฏิบัติจริง (Active Experimentation : AE) เป็นการทดลองฝึกปฏิบัติและตรวจสอบ เพื่อการลองผิดลองถูก นำแนวคิดหรือทฤษฎีของตนไปใช้ในการตัดสินใจ

หรือการแก้ปัญหา บุคคลที่มีการเรียนรู้ในขั้นนี้เรียนรู้ได้ดีในสถานการณ์ที่ตนเองได้เข้าไปมีส่วนร่วม มักชอบพบปะกับบุคคลอื่นเพื่อการอภิปรายร่วมกับกลุ่มมากกว่าการเฝ้าดูหรือสังเกตและเน้นที่การนำแนวคิดใหม่ไปทดลองปฏิบัติ (Learning by Doing)



ที่มา (เสาวภา วิชาดี, 2554). รูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนในมุมมองของทฤษฎีการเรียนรู้แบบประสบการณ์.

ในแบบจำลองดังแสดงในภาพประกอบ 5 คอร์ปได้เสนอว่าการเรียนรู้จำเป็นต้องอาศัยความสามารถที่มีลักษณะเป็น 2 มิติ ที่แตกต่างกันซึ่งเป็นตัวแทนของลักษณะการเรียนรู้ที่ตรงข้ามกัน 2 ขั้ว คือ มิติแรกในแนวตั้งเป็นความสามารถด้านประสบการณ์เชิงรูปธรรม (CE) และการสร้างแนวคิดนามธรรม (AC) มิติที่สองในแนวนอนเป็นความสามารถด้านการทดลองปฏิบัติจริง (AE) และการสังเกตอย่างไตร่ตรอง (RO) โดยพื้นฐานโครงสร้างของกระบวนการเรียนรู้จะอยู่บนการแลกเปลี่ยนกันท่ามกลางลักษณะการเรียนรู้ที่ 4 นี้ ดังนั้นในกระบวนการของการเรียนรู้ ผู้เรียนจึงมีระดับความสามารถแตกต่างกันในมิติของการเป็นผู้กระทำและการเป็นผู้สังเกต

และมีความสามารถแตกต่างกันในมิติของการนำตนเองเข้าไปเกี่ยวข้องและการวิเคราะห์โดยไม่
ต้องนำตนเองเข้าไปเกี่ยวข้อง

2.2 ลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอล์บ

ในบริบทของการจัดการศึกษา STEM จะจัดโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ของคอล์บ (Kolb's Learning Cycle) ซึ่งเป็นแนวคิดของ David A. Kolb ที่กล่าวไว้ว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพของมนุษย์มี 4 ขั้นตอน (1984 : 27-49 อ้างอิงจากเกศสุดา รัชฎาวิชิตกุล (2547) เรียกว่า กระบวนการเรียนรู้และการปรับตัวของบุคคล ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่เป็นวัฏจักรต่อเนื่องกัน ดังนี้คือ

ขั้นที่ 1 ประสบการณ์รูปธรรม (Concrete Experiences) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วมและรับรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ เน้นการใช้ความรู้สึกและยึดถือสิ่งที่เกิดขึ้นจริงตามที่ตนประสบในขณะนั้น

ขั้นที่ 2 การไตร่ตรอง (Reflective Observation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมุ่งที่จะทำความเข้าใจความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับโดยการสังเกตอย่างรอบคอบเพื่อการไตร่ตรองพิจารณา

ขั้นที่ 3 การสรุป (Abstract Conceptualization) เป็นหลักการนามธรรมเป็นขั้นที่ผู้เรียนใช้เหตุผลและใช้ความคิดในการสรุปรวบยอดเป็นหลักการต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง (Active Experimentation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเอาความเข้าใจที่สรุปได้ในขั้นที่ 3 ไปทดลองปฏิบัติจริงเพื่อทดสอบว่าถูกต้องหรือขั้นตอนนี้เน้นที่การประยุกต์ใช้

จากทฤษฎีนี้คอล์บชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนแต่ละคนจะเน้นในขั้นต่าง ๆ แตกต่างกันทำให้มีการใช้ขั้นต่าง ๆ ในการเรียนรู้ไม่เท่ากัน บางคนเน้นที่ขั้นที่ 1 บางคนเน้นที่ขั้นที่ 2 บางคนเน้นที่ขั้นที่ 3 และบางคนเน้นที่ขั้นที่ 4

แนวความคิดจากทฤษฎีดังกล่าว คอล์บได้นำมาจำแนกลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็น 4 แบบดังนี้คือ

1) แบบคิดนอกเนกนัย (Divergers) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นขั้นตอนการเรียนรู้ขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 เป็นแบบที่ผู้เรียนมีความสามารถในการรับรู้และการสร้างจินตนาการต่าง ๆ ขึ้นเอง สามารถไตร่ตรองจนมองเห็นภาพโดยส่วนรวม ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้จะทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่ต้องการความคิดหลากหลาย เช่น การระดมสมอง

2) แบบซึมซับ (Assimilators) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นขั้นตอนการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีความสามารถในการสรุปหลักการหรือกฎเกณฑ์ ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้มักสนใจในหลักการที่เป็นนามธรรมมากกว่าแต่ไม่ชอบการลงมือปฏิบัติและมักไม่คำนึงถึงการนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้

3) แบบคิดเอกลั (Convergers) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นขั้นตอนการเรียนรู้ขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีความสามารถในการนำแนวคิดที่เป็นนามธรรม ไปใช้ในการปฏิบัติผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้สามารถสรุปวิธีที่ถูกต้องที่สุดเพียงวิธีเดียวที่จะสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ไม่ชอบใช้อารมณ์ในการแก้ปัญหาแต่ใช้เหตุผล ชอบทำงานกับวัตถุมากกว่าทำงานกับบุคคล มักมีความสนใจที่เฉพาะเจาะจงในสิ่งใดสิ่งหนึ่งและมีความเชี่ยวชาญในสิ่งนั้น

4) แบบปรับปรุง (Accommodators) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นขั้นตอนการเรียนรู้ขั้นที่ 4 และขั้นที่ 1 ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้จะชอบลงมือปฏิบัติชอบทดลองและจะทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่ต้องใช้การปรับตัว มีแนวโน้มจะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการที่ตนเองคิดขึ้นเองในลักษณะที่ชอบลองผิดลองถูกและชอบทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งผลจากการทดลองจริงนั้น อาจนำไปสู่ประสบการณ์ใหม่ ๆ และเกิดกระบวนการเรียนรู้หมุนเวียนเป็นวัฏจักรกันอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น คอโรป (Kolb) ได้นำเสนอวัฏจักรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning Cycle) เพื่ออธิบายกระบวนการการเรียนรู้ของบุคคลว่าเมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม (Concrete Experience) บุคคลจะเรียนรู้จากการสังเกตและการไตร่ตรอง (Reflective Observation) ประสบการณ์นั้นและสร้างความคิดรวบยอด (Abstract Conceptualization) ซึ่งบุคคลนั้นสามารถนำมาปรับใช้หรือทดลองใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (Active Experimentation) อันก่อให้เกิดประสบการณ์ใหม่และเริ่มการเรียนรู้ ตามวัฏจักรในรอบใหม่ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการเรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสอนความรู้หรือประสบการณ์ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

วิชชุดา อ้วนศรีเมือง (2555) และ วินุรักษ์ สุขสำราญ (2553)กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลที่เป็นสาระสำคัญผ่านกระบวนการคิด การกระทำอย่างเป็นระบบ ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สามารถสังเกตและวัดได้ด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับปวิวัติ สิงหาเวช (2548) ที่กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง สามารถพิจารณาได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ความสามารถและทักษะในกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาทั้งหมด สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบในแต่ละบุคคลและสามารถเชื่อมโยงเข้ากับสาระสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3.2 ความมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546). ได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาดังนี้

- 1) เพื่อเข้าใจหลักการทฤษฎีพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 4) เพื่อพัฒนาระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 5) เพื่อตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำเนินชีวิต
- 7) เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

3.3 วิธีการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้ และกระบวนการแสวงหาทางวิทยาศาสตร์ จะต้องวัดทั้งสองลักษณะและเพื่อความสะดวกในการประเมินผลจึงได้จำแนกพฤติกรรมทางด้านวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สำหรับเป็นเกณฑ์ เพื่อประเมินผลการเรียนด้านสติปัญญาหรือความรู้ ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์เป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้ (ประวิตร ชูศิลป์, 2524) ; อ้างอิงจาก Kloper. 1974)

- 1) ความรู้-ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- 2) ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย ขยายความ และแปลความรู้โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- 3) การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ วิถีทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันออกไปหรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
- 4) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบจนเกิดความรู้ คล่องแคล่ว ชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม สำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดกระทำสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป

จากการจำแนกเกณฑ์เพื่อประเมินผลด้านสติปัญญาหรือความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้ง 4 พฤติกรรมการเรียนรู้ คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นกระบวนการทางความคิดที่เป็นปฏิริยาของจิตมนุษย์ ที่จะช่วยให้แต่ละบุคคลสามารถที่จะปรับตัวเข้ากับสังคมและสิ่งแวดล้อมได้ และยังช่วยให้เกิดความพยายามที่จะบรรลุผลในจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ดังนั้นการคิดจึงนำไปสู่การกระทำและการปรับตัวที่พัฒนาดีขึ้น (ซูตินันท์ พุ่มกลิ่น, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับเพียร์เจ (อัชรา เอิบสุขสิริ, 2556); อ้างอิงจากเพียร์เจ, 1962) ให้ความหมายในการคิดแก้ปัญหาตามทฤษฎีพัฒนาการในแง่ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยเริ่มตั้งแต่เด็กอายุประมาณ 7-11 ปี เริ่มมีความคิดในการแก้ปัญหาแบบง่าย ๆ ภายในขอบเขตจำกัด ต่อมาเมื่อมีอายุประมาณ 12-15 ปี เด็กมีความสามารถคิดหาเหตุผลที่ดีขึ้นและสามารถคิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ นอกจากนี้ศิริเพ็ญ ไหมวัด (2551) กล่าวว่า การดำเนินชีวิตประจำวันมักต้องเผชิญกับปัญหาที่หลากหลาย มีความยุ่งยากซับซ้อนต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดปัญหามากขึ้นกว่าเดิม การฝึกให้มีทักษะในการคิดแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เนื่องจากปัญหามักเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ซึ่งในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยการสังเกตและระบุปัญหา นำไปสู่การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และการสรุปผล ดังนั้นหากมีทักษะในการคิดแก้ปัญหาก็จะทำให้สามารถหาคำตอบหรือหนทางในการแก้ปัญหาได้สำเร็จเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับSoden R (1994) ที่กล่าวว่า ความหมายการคิดแก้ปัญหา คือ ทักษะด้านการคิด นักเรียนต้องรู้วิธีการที่จะกระทำต่อความรู้ใหม่ ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และบุคคลที่จะเรียนรู้ได้ดีนั้น จะต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ดีด้วย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล เพื่อนำมาสู่การบรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

4.2 การเรียนการสอนกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน เนื่องจากขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความรู้ อารมณ์ และประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนมีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหานักเรียนอย่างมาก ทั้งนี้กรมวิชาการ (กรมวิชาการ, 2545) ได้กำหนดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายประการหนึ่ง คือ เน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติอย่างมีระบบ ผลที่ได้จากการฝึกจะช่วยให้ นักเรียนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยวิธีการคิดอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้กระบวนการ

หรือวิธีการความรู้ ทักษะต่าง ๆ และความเข้าใจในปัญหานั้นมาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรที่จะผสมผสานองค์ความรู้ต่าง ๆ ไม่เพียงแต่การสอนเพียงอย่างเดียว เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจและใช้ทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหาทางการเรียนให้บรรลุผลสำเร็จของจุดมุ่งหมายที่ตั้งใจไว้

4.3 กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและนักจิตวิทยา ได้เสนอแนวคิดที่เกี่ยวกับวิธีการ และขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังนี้

Dewey John (2008) ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เรียกว่า Dewey's problem solution ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) การรับรู้และเข้าใจปัญหา เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น คนส่วนใหญ่มักจะเกิดความสงสัย ในขั้นต้นผู้พบปัญหาจะต้องรับรู้ และเข้าใจตัวปัญหานั้นก่อน
- 2) การระบุและแจกแจงลักษณะของปัญหา ปัญหาที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันออกไป มีระดับความยากง่ายในการแก้ไขที่ต่างกัน
- 3) การรวบรวมข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหาเพื่อการสร้างสมมติฐาน
- 4) การเลือกวิธีแก้ปัญหาหลังจากได้รับความคิดว่าจะแก้ปัญหายังไร แล้วลองพิจารณาดูว่าควรจะใช้วิธีการใดได้บ้าง
- 5) การทดลองนำเอาวิธีการแก้ปัญหามาใช้ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังวิธีทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

จากกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้อธิบายมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหาในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีได้หลายขั้นตอน แต่ต้องเป็นวิธีการที่มีระบบความคิด ต้องอาศัยองค์ความรู้ และประสบการณ์

เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอนมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

5. เอกสารเกี่ยวกับการวิจัยแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design)

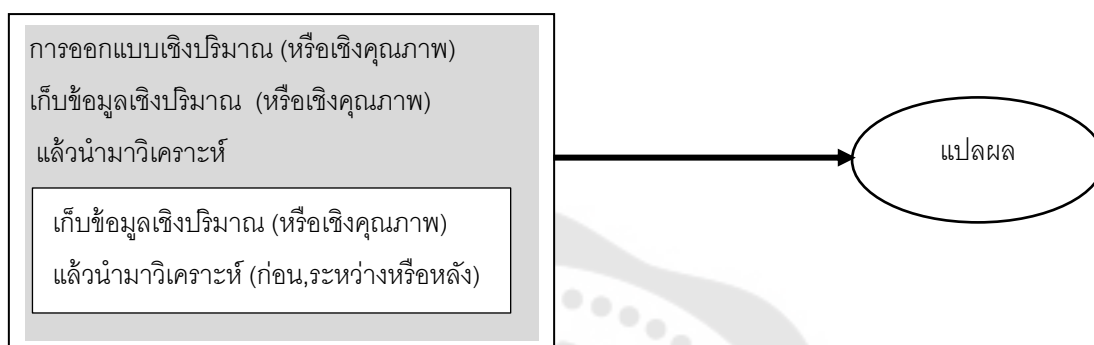
วิธีการวิจัยเชิงผสมผสาน หมายถึง การใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพร่วมกันหาคำตอบให้กับปัญหาการวิจัย โดยอาจเป็นการผสมในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการวิจัยหรือในระหว่างขั้นตอนการวิจัยที่ศึกษาหาคำตอบในปัญหาเดียวกันและผสมผสานในลักษณะต่อเนื่องกัน โดยมีวิธีการวิจัยแบบหนึ่งดำเนินการศึกษาคำตอบก่อนจนกระทั่งเสร็จสิ้นแล้วจึงใช้อีกวิธีการวิจัยหนึ่งศึกษาหาคำตอบในปัญหาเดียวกัน ผลการศึกษาหาคำตอบด้วยวิธีการวิจัยที่ต่างกันอาจนำมาใช้ในลักษณะส่งเสริมเติมเต็มซึ่งกันและกันหรืออธิบายขยายความเพิ่มเติมในประเด็นปลีกย่อยหนึ่งๆ (รัตนะ บัวสนธิ์, 2556) ซึ่งวิธีการดำเนินการวิจัยครั้งนี้อาศัยการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพร่วมกัน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design)

ลักษณะการวิจัยแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design)

การวิจัยแบบแผนรองรับภายใน (Embedded Design) เป็นการผสมเป็นการเชื่อมโยงการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณแทรกเข้าไปภายในการออกแบบดั้งเดิมของการวิจัยเชิงปริมาณหรือคุณภาพ โดยการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลชุดที่สองอาจเกิดขึ้นก่อน ระหว่างหรือหลังการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยหลักก็ได้ ในการออกแบบเชิงซ้อนบางประเภท ข้อมูลบางชุดอาจใช้เป็นเพียงเพื่อสนับสนุนข้อมูลหลักของการวิจัยเท่านั้น เช่น ผู้วิจัยบางคนอาจนำการวิจัยเชิงคุณภาพเข้าไปซ้อนในการวิจัยเชิงปริมาณเพื่อเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัยเชิงปริมาณซึ่งเป็นการวิจัยหลักนั่นเอง (Creswell John W. & Zhang Wanqing, 2009) หรือในบางกรณี อาจมีการรวมการวิจัยทั้งสองประเภทเข้าด้วยกันแล้วจึงนำไปซ้อนในการวิจัยแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจเป็นการวิจัยเชิงปริมาณหรือคุณภาพก็ได้เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับรัตนะ บัวสนธิ์ (2556) ที่กล่าวว่า เป็นแบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานที่มีลักษณะทั้งเป็นการศึกษาระยะเดียวและสองระยะต่อเนื่องกัน แบบแผนการวิจัยแบบนี้จะมีการจัดให้วิธีการวิจัยแบบใดแบบหนึ่งเป็นวิธีการหลัก และอีกวิธีการวิจัยหนึ่งเป็นวิธีการรองคือ ให้นำน้ำหนักความสำคัญไม่เท่าเทียมกัน และศึกษาหาคำตอบในปัญหาวิจัยเดียวกันแต่ประเด็นที่ศึกษา มิใช่

ประเด็นเดียวกันนั้นคือประเด็นต่างกัน ใช้วิธีการต่างกัน อนึ่งการใช้วิธีการวิจัยแบบใดเป็นวิธีการหลักหรือวิธีการรองนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การวิจัยเป็นสำคัญ

แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ตามภาพประกอบ 6



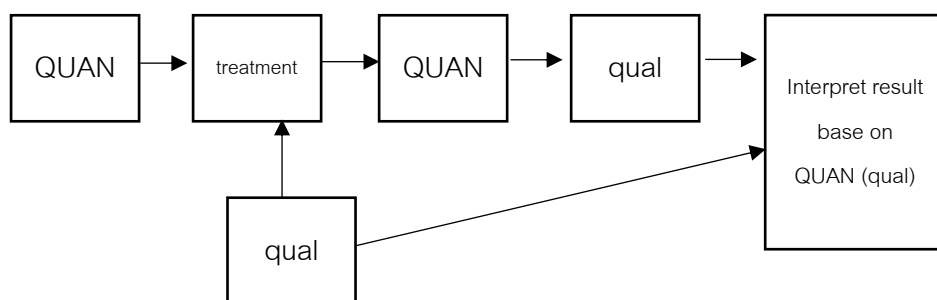
ภาพประกอบ 6 แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน

ที่มา : วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน (รัตนะ บัวสนธ์, 2556)

แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสานแบบรองรับภายในยังแบ่งเป็น 4 แบบแผนย่อย ได้แก่ 1) แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก 2) แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองสองระยะ วิธีการเชิงคุณภาพเป็นหลัก 3) แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองสองระยะ วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก และ 4) แบบแผนรองรับภายในรูปแบบสหสัมพันธ์ ทั้ง 4 แบบแผนย่อยก็มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ศึกษาหาคำตอบให้กับปัญหาและวัตถุประสงค์การวิจัย ตลอดจนมีขั้นตอนที่แตกต่างกันดังนี้ (รัตนะ บัวสนธ์, 2556)

1. แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

เป็นแบบแผนวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยเชิงทดลอง ใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลัก โดยทำการทดสอบข้อมูลตัวแปรตามที่ต้องการศึกษาก่อน (ด้วยวิธีการเชิงปริมาณ/ทดลอง) ให้เงื่อนไขการทดลองแก่กลุ่มเป้าหมาย และสังเกตเก็บรวบรวมข้อมูลปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมาย (โดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพเป็นรอง) จากนั้นทำการทดสอบหลังการทดลองด้วยวิธีการเชิงปริมาณ นำข้อมูลทดสอบก่อนและหลังมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผล การตีความผลการวิจัยที่เกิดขึ้นโดยใช้ผลที่ได้จากการสังเกตขณะทำการทดลองร่วมสรุปด้วย

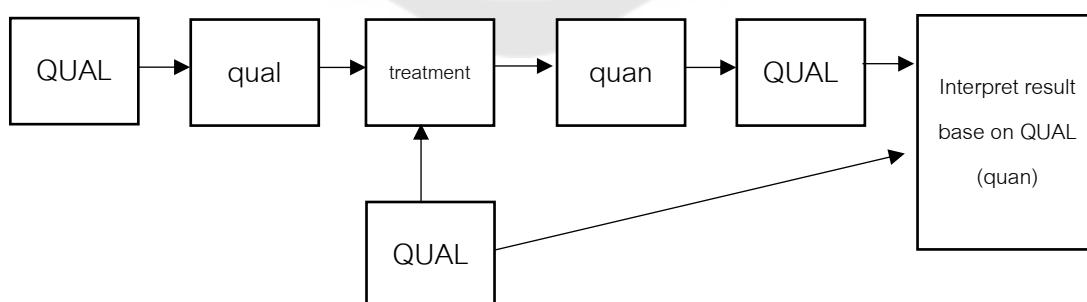


ภาพประกอบ 7 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

ที่มา : วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน (รัตนะ บัวสนธิ์, 2556)

2. แบบแผนรองรับภายในรูปแบบทดลองสองระยะ วิธีการเชิงคุณภาพเป็นหลัก

เป็นแบบแผนวิจัยที่ใช้ในงานวิจัยเชิงทดลอง สังเกตชักถามกลุ่มเป้าหมายการทดลองเป็นรายบุคคลอย่างลุ่มลึก โดยวิธีการเชิงคุณภาพ ใช้เครื่องมือทำการทดสอบวัดเก็บข้อมูลบางส่วนที่ยังไม่ได้เก็บโดยวิธีการเชิงคุณภาพ ซึ่งการเก็บข้อมูลในลักษณะของวิธีการเชิงปริมาณให้เงื่อนไขการทดลองแก่กลุ่มเป้าหมาย ในขณะที่ทำการทดลองนี้ก็จะทำการสังเกต ชักถามกลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคล เมื่อสิ้นสุดการทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วก็ทำการทดสอบวัดเก็บข้อมูลส่วนเดียวกับการสอบวัดก่อนเรียน และการติดตามศึกษากลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคลอีกระยะหนึ่งเพื่อพิจารณาความคงทนของพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลง สรุปผลวิจัยโดยใช้ผลจากวิธีการเชิงคุณภาพเป็นหลักในการพรรณานำเสนอตามหลักของวิธีการเชิงคุณภาพ และอาศัยผลในเชิงปริมาณมาร่วมอธิบายตีความสรุปผลการวิจัย

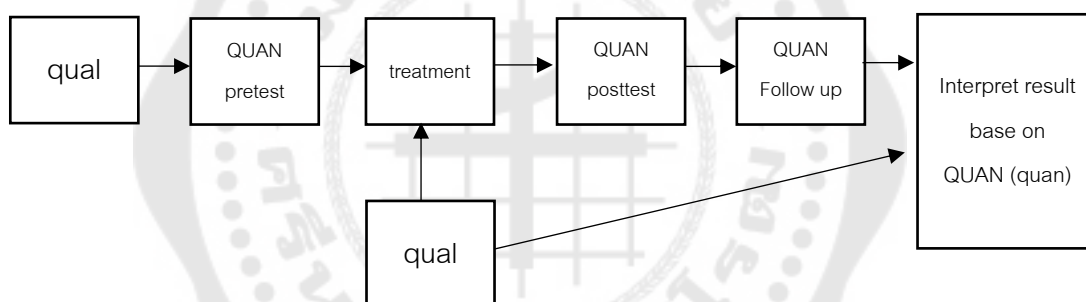


ภาพประกอบ 8 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบทดลองสองระยะ วิธีการเชิงคุณภาพเป็นหลัก

ที่มา : วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน (รัตนะ บัวสนธิ์, 2556)

3. แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองสองระยะ วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

เป็นแบบแผนวิจัยที่ใช้การสังเกตปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย การทดลองเพื่อนจะทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเป้าหมาย ทำการสอบวัดพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาโดยใช้เครื่องมือหรือวิธีการเชิงปริมาณ โดยให้เงื่อนไขการทดลองตามที่กำหนด และในขณะที่ให้เงื่อนไขการทดลอง ต้องสังเกตพฤติกรรมต่าง ๆ ของกลุ่มเป้าหมายที่เกิดขึ้น เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการให้เงื่อนไขการทดลองแล้วจึงสอบวัดพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์เดิมกับที่สอบวัดก่อนอีกครั้ง จากนั้นทิ้งช่วงระยะเวลาไว้ระยะหนึ่ง เพื่อสอบวัดพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์เดิมอีกครั้ง วิเคราะห์สรุปตีความผลการดำเนินงานวิจัยก็นำข้อมูลที่ได้จากการสอบวัดก่อน สอบวัดหลังและสอบวัดติดตามมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบสรุปผลว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปเช่นไรบ้าง โดยอาศัยข้อมูลเชิงคุณภาพที่สังเกตได้ ก่อนให้เงื่อนไขการทดลองและขณะให้เงื่อนไขการทดลองมาร่วมเสริมการสรุปตีความด้วย

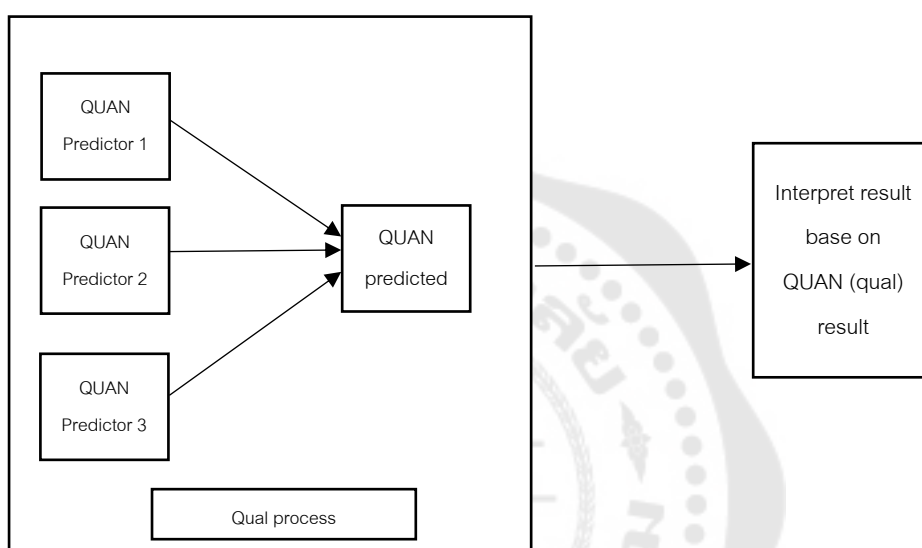


ภาพประกอบ 9 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองสองระยะ วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

ที่มา : วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน (รัตนะ บัวสนธ์, 2556)

4. แบบแผนรองรับภายในรูปแบบสหสัมพันธ์

เป็นแบบแผนวิจัยที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายที่มีต่อตัวแปรถูกทำนาย (หรือตัวแปรเกณฑ์) ด้วยวิธีการเชิงปริมาณ ศึกษากระบวนการหรือปรากฏการณ์ในภาพรวมของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ และตีความผลการวิจัยทั้งที่ได้มาด้วยวิธีการเชิงปริมาณเป็นหลักแล้วเสริมด้วยผลที่ได้จากวิธีการเชิงคุณภาพ



ภาพประกอบ 10 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบสหสัมพันธ์

ที่มา : วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน (รัตนะ บัวสนธ์, 2556)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิรศักดิ์ ใจดี (2561) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการรับใช้สังคม ระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดและเพื่อเปรียบเทียบความเป็นผลเมืองของนักเรียนต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในชุมชน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการรับใช้สังคม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสาน แบบแผนรองรับภายในระยะเดียววิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการรับใช้สังคมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความเป็นผลเมืองของนักเรียนต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในชุมชนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการรับใช้สังคมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรทิพย์ ปรียวาทิต (2557) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้บทเรียน Augmented Reality Code เรื่องคำศัพท์ภาษาจีนพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 2 วัดตานีนรสโมสร พบว่า การพัฒนาบทเรียน Augmented Reality Code เรื่องคำศัพท์ภาษาจีนพื้นฐาน สำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 2 วัดตานีนรสโมสร สังกัดเทศบาลเมืองปัตตานี มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.97/86.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และ 2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาจีนพื้นฐานที่เรียนด้วย บทเรียน AR Code เรื่องคำศัพท์ภาษาจีนพื้นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาจีนพื้นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .00 แสดงว่าการเรียนด้วยบทเรียน AR Code เรื่องคำศัพท์ภาษาจีนพื้นฐาน ช่วยให้ ผู้เรียนมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสาน แบบแผน รongรับภายในระยะเดียว ด้วยวิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวที่มีรูปแบบการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าเป็น รูปแบบที่ทำให้เห็นถึงการพัฒนาและผลที่เปลี่ยนไปจากการทดลองของกลุ่มตัวอย่างเป็น รายบุคคลเชิงลึก ซึ่งเหมาะกับการแก้ปัญหาให้นักเรียนที่มีความสามารถทางการแก้ปัญหาและ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เหมาะสำหรับการปรับพฤติกรรมโดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ โดยมีการ มองเห็นพัฒนาการหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับตัวอย่างได้อย่างละเอียด สำหรับการ ใช้การ วิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของ แก๊ส โดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของ คอรัป ที่ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบรongรับภายใน (Embedded Design) ได้แก่ แบบแผน รongรับภายในรูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัย เชิงผสมผสาน ใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลัก โดยทำการจัดกระทำข้อมูลตัวแปรตามที่ ต้องการศึกษาก่อน (ด้วยวิธีการเชิงปริมาณ/ทดลอง) โดยการให้เงื่อนไขการทดลองแก่กลุ่มตัวอย่าง และในการดำเนินการทดลองวิจัยรูปแบบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ (The One – Group Pretest - Posttest Design)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพ E1/E2 โดยกำหนดเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 70/70 และศึกษาประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวชิรธรรมสาริต ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 40 คน พบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E1/E2 เท่ากับ 76.25/74.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กรรณิการ์ ทองรักษ์ (2557) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบแผนการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาแนวดำเนินการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 2) เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบแผนการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 3) เพื่อทดลองใช้แบบแผนการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยศึกษาผลของการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบแผนการเรียนการสอนก่อนเรียนกับหลังเรียน เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบแผนการเรียนการสอนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดการเรียนการสอนของครูต้นแบบวิทยาศาสตร์ พบว่า ครูมีบทบาทสำคัญทั้งในการเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้และวัดและประเมินผลการเรียนรู้ 2) แบบแผนการเรียนการสอนที่พัฒนา พบว่า แบบแผนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 3) ผลการทดลองใช้แบบแผนการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนมี

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ขุนทอง คล้ายทอง (2554) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 2 ห้องเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จำนวน 20 คาบ ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มหลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียน ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและกลุ่มที่เรียนโดยใช้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 7 ขั้นไม่แตกต่างกัน

คงขวัญ ทิพย์อักษร (2559) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามลีลาของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 42 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามลีลาของผู้เรียน แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แบบแผนการทดลองครั้งนี้เป็นแบบ One Group Pretest-Posttest Design สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ t-test Dependent พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามลีลาของผู้เรียนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม การเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการ จัดกิจกรรม การเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามลีลาของผู้เรียนสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01

จิราวรรณ สอนสวัสดิ์ (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและ ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

(จำรัส อินทลาภาพร et al., 2558) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอนคือ 1) ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาจากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัย 2) จัดประชุมสนทนากลุ่ม (focus group discussion) เพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้และประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าในการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้ คือ 1) ศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาอังกฤษและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน 3) จัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning) 4) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (project-based learning) 5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน 6) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (authentic assessment) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (authentic learning)

พลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยุหะภูมิวิทยาคาร อำเภอพยุหะภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 100 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ การศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มี

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ (2559) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิผลของกิจกรรม สะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งผู้วิจัยได้ยึดแนวคิดและลักษณะสะเต็มศึกษาตามแนวของสสวท. เมื่อนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 42 คน พบว่า ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.72 / 71.79 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 70/70 ที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม สะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด มีทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี อยู่ในระดับดีเยี่ยม และทักษะชีวิตและอาชีพอยู่ในระดับดีมาก

ทชยา อุดมรักษ์ (2557) ได้ศึกษาเรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อาทิตยา พูนเรือง (2559) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 30 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา การศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และ นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Lee C.H. and Kamisah O (2015) ได้ทำการศึกษาการบูรณาการสำหรับวิชาชีววิทยา เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (BTEM) ที่เพิ่มทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 ในด้านเนื้อหาของประเทศมาเลเซีย โดยทำการวิจัยกับนักเรียนที่มีความถนัดทางชีววิทยา ในการเรียนการสอนจะถูกแบ่งออกเป็น 2 หลักคือ 1) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 2). การเรียนรู้แบบสืบเสาะ นักเรียนจะได้รับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงภายใต้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหา ซึ่งแก่นของวิศวกรรมศาสตร์จะสามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาได้ การใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มเติมความต้องการ และคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล จุดเน้นย้ำการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 ใน STEM ประกอบด้วย การเขียน และการอ่านในยุคดิจิทัล ความคิดสร้างสรรค์ การติดต่อสื่อสารที่ดี และการได้ผลิตภัณท์คุณภาพสูง

Marle and Peter D (2014) ได้ศึกษาเรื่องการจัดค่ายวิทยาศาสตร์ ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้สถานการณ์ในโรงงานช็อคโกแลต เพื่อให้นักเรียนผู้เข้าร่วมค่ายแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจัดกิจกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนได้รับการกระตุ้นทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความมั่นใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนมีส่วนร่วมทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น หลังจากเข้าค่ายโรงงานช็อคโกแลต

Sahin A (2013) ได้ทำการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างการเข้าร่วมชุมนุมที่เกี่ยวข้องกับ STEM (MATHCOUNTS, American Mathematics Competition (AMC), Science Olympiad, University Interscholastic League (UIL) and Science DEMO) และโครงการจัดแสดงนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นหลังเลิกเรียนต่อการตัดสินใจเข้า ศึกษาต่อทางด้าน STEM ของนักเรียนเกรด 4 ถึงเกรด 12 โรงเรียนฮาร์โมนีพับลิค จำนวน 149 คน ผลการศึกษาพบว่า การจัดกิจกรรมชุมนุมที่เกี่ยวข้องกับ STEM และการจัดโครงการจัดแสดงนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนนักเรียนที่เลือกเรียนต่อในระดับอุดมศึกษา (Post-secondary) ในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนการสอนหรือกิจกรรม การเรียนรู้เกี่ยวกับ STEM โดยการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีหรือวิศวกรรมศาสตร์อย่างน้อย 2-4 รายวิชาเข้าด้วยกันโดยใหญ่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และ แก้ปัญหากิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีเจตคติที่ดีต่อ STEM ส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง เช่น ทักษะการแก้ปัญหา การคิดแบบอภิปราย

รวมทั้ง เรียนรู้การทำงานร่วมกันเป็นทีม แต่อุปสรรคสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตาม แนวทางสะเต็มศึกษา ก็คือ จะใช้เวลาค่อนข้างมากในการจัดกิจกรรม ซึ่งการแก้ปัญหาต้องอาศัย ความร่วมมือของคณะครูผู้เกี่ยวข้องในการวางแผนหลักสูตรและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีเพื่อให้การนำแนวคิดของสะเต็มศึกษาไปใช้เกิดประสิทธิผลสูงสุด

Scott Catherine (2012) ได้ทำการศึกษาในลักษณะของรูปแบบสะเต็ม โดยมุ่งเน้นที่โรงเรียนมัธยมที่ได้รับคัดเลือกจากภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการประกอบอาชีพสาขาสะเต็ม จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนที่เข้าเรียนในโรงเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและสามารถฝึกงานในการประกอบอาชีพที่ตอบสนองความต้องการหลังสำเร็จการศึกษาได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับโรงเรียนอื่น ๆ ที่ไม่ได้ใช้การจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการศึกษาความสำคัญของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยมีการจัดกิจกรรมด้วยตนเอง ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเองจากการลงมือปฏิบัติจริง มีการเน้นให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม และวัดประเมินผล การเรียนรู้ตามสภาพจริง โดยงานวิจัยนี้แนะนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยนำเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันมาให้นักเรียนแก้ปัญหาภายใต้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหา ซึ่งแก่นของวิศวกรรมศาสตร์จะสามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาได้ โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และการใช้เทคโนโลยี ในการเรียนการสอนจะช่วยเพิ่มเติมความต้องการ ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไข ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษาในระดับโรงเรียนจะหมายถึงการสร้าง การดัดแปลง การทำต้นแบบ รวมถึงการออกแบบกระบวนการผลิตหรือการบริการ โดยการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นการเตรียมศักยภาพที่จะนำไปใช้สำหรับศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาหรือเพื่อการทำงานจริงในอนาคต ดังนั้นผู้วิจัยสนใจที่จะนำ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปซึ่งเป็นรูปแบบการ สอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถและส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการแก้ปัญหา

ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในการคิด การแก้ปัญหา และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้เพื่อตัดสินใจการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีหลักการและเหตุผล ซึ่งยุทธวิธีในการฝึกให้บุคคลเกิดนิสัยต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้น จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบด้านทักษะในการคิด ความรู้เรื่องการแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติ รวมทั้งลักษณะนิสัยที่ดีพร้อมในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน ซึ่งส่งผลให้เด็กเกิดความพร้อมในการเรียนรู้และสามารถแสดงออกมาได้ในทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ตามรูปแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาคัดเลือกอย่างเป็นระบบ หากนำมาใช้ในการเรียนการสอน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบซึ่งสามารถส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น ตลอดจนสามารถนำไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาตนเอง สังคม และประเทศชาติต่อไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย
3. การกำหนดระยะเวลาในการวิจัย
4. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
6. การดำเนินการทดลอง
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งมีโรงเรียนจำนวน 67 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 16,265 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนวัดพุทธบูชา ซึ่งกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป G*Power 3.1 โดยใช้ขนาดอิทธิพล 0.8 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทำให้ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำอย่างน้อย 13 คน จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ได้ห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์มา 1 ห้องเรียนคือกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ห้อง ม. 5/3 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 44 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 19 คน และนักเรียนหญิง 25 คน เพื่อให้ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการเลือกเฉพาะเจาะจงนักเรียนจากแต่ละกลุ่มระดับความสามารถได้นักเรียนจำนวน 13 คน โดยพิจารณาจากความสม่ำเสมอในการเข้าร่วมกิจกรรม ความเข้าใจและยินดีให้ข้อมูล ทั้งนี้สามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ เก่ง ปานกลาง และต้องปรับปรุง จากคะแนนแบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องของไหล กลุ่มเก่ง คือ กลุ่มคะแนนระหว่าง 7 – 10 คะแนน กลุ่มปานกลางคือ กลุ่มคะแนนระหว่าง 4 – 6 คะแนน และกลุ่มต้องปรับปรุง คือ กลุ่มคะแนน 0 – 3 คะแนน เนื่องจากของไหลเป็นเนื้อหาส่วนต้นที่จะนำไปต่อยอดความรู้เกี่ยวกับเรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส จึงจะทำให้ให้นักเรียนเกิดการเข้าใจในเนื้อหาและความสอดคล้องกันของบทเรียนได้มากขึ้น ซึ่งกลุ่มตัวอย่างนี้เลือกจากการที่ผู้วิจัยสามารถทำการทดลองได้จบกระบวนการทดลองและได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บริหารโรงเรียน เนื่องจากระยะเวลาในการทำทดลองเป็นเวลานาน ซึ่งโรงเรียนวัดพุทธบูชามีนักเรียนที่มีลักษณะครอบคลุมกับลักษณะของประชากรที่ต้องการศึกษา

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

ขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้อยู่ในสาระที่ 5 พลังงาน มาตรฐาน ว. 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์โดยใช้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 5 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เนื่องจากเป็นเรื่องที่มีปริมาณเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการทำการทดลองและเนื้อหาเป็นเรื่องที่ยากต่อการถ่ายทอดความรู้โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นทฤษฎี ซึ่งมีหน่วย 5 หน่วยการเรียนรู้ย่อย ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	ความร้อน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	แก๊สอุดมคติ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4	พลังงานภายในระบบ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	การประยุกต์

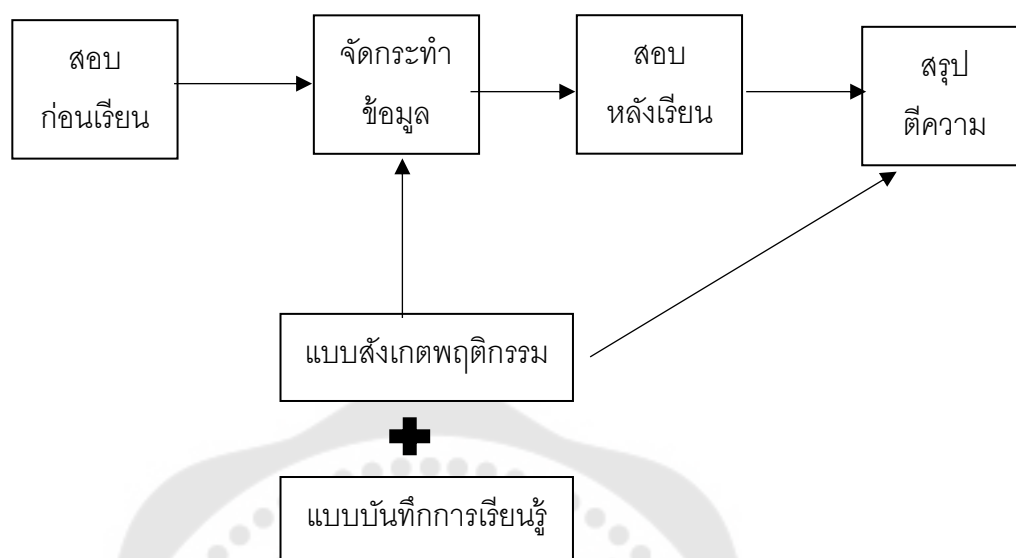
3. การกำหนดระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้เวลาทดลองรวม 16 คาบเรียน แบ่งเป็น ทำการสอน 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 55 นาที และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน 2 คาบเรียน และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน 2 คาบเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	ความร้อน	4 คาบเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	แก๊สอุดมคติ	2 คาบเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	3 คาบเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4	พลังงานภายในระบบ	2 คาบเรียน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	การประยุกต์	1 คาบเรียน

4. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อน และทฤษฎีจลน์ของแก๊ส โดยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ที่ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบรองรับภายใน (Embedded Design) ได้แก่ แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยเชิงผสมผสาน ใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลัก โดยทำการจัดกระทำข้อมูลตัวแปรตามที่ต้องการศึกษาก่อน (ด้วยวิธีการเชิงปริมาณ/ทดลอง) โดยการให้เงื่อนไขการทดลองแก่กลุ่มตัวอย่าง และในการดำเนินการทดลองวิจัยรูปแบบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ (The One – Group Pretest - Posttest Design) และสังเกตเก็บรวบรวมข้อมูลปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log) แบบสังเกตพฤติกรรมและแบบสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นการใช้วิธีการเชิงคุณภาพเป็นรอง แบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log) มีความสำคัญต่อการเรียนของนักเรียน ทั้งในส่วนที่มีผลต่อการสร้างหรือเตรียมความพร้อมให้นักเรียนเป็นรายบุคคล การได้ผลสะท้อนจากการสอนของครูจากนักเรียนที่เขียนใน Learning Log เป็นบันทึกทำคาบหรือบันทึกการเรียนรู้ และถ้าเขียน Learning Log อย่างสม่ำเสมอ ในกระบวนการทำงานของนักเรียน ครูก็จะได้เห็นพัฒนาการทำงานของนักเรียนพร้อมสนับสนุนการทำผลงานในวิชา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนที่นักเรียนได้นำเทคโนโลยีไปใช้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป จากนั้นทำการทดสอบหลังการทดลอง ด้วยวิธีการเชิงปริมาณ นำข้อมูลทดสอบก่อนและหลังมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผล การตีความผลการวิจัยที่เกิดขึ้นโดยใช้ผลที่ได้จากการสังเกตขณะทำการทดลองร่วมสรุปด้วย



ภาพประกอบ 11 แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย

ที่มา : อ้างอิงจากภาพประกอบ 7 แบบแผนรองรับภายในรูปแบบการทดลองระยะเดียว
วิธีเชิงปริมาณเป็นหลัก รัตนะ (รัตนะ บัวสนธ์, 2556)

5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของ

คอร์ป

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
3. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
4. แบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log)
5. แบบสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

1. ขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับ วัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้คือ

ขั้นที่ 1 ประสบการณ์รูปธรรม (Concrete Experiences) เป็นขั้นตอนที่ ผู้เรียนเข้าไป มีส่วนร่วมและรับรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ เน้นการใช้ความรู้สึกและยึดถือสิ่งที่เกิดขึ้นจริงตามที่ตนประสบในขณะนั้น

ขั้นที่ 2 การไตร่ตรอง (Reflective Observation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมุ่งที่จะ ทำความเข้าใจความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับโดยการสังเกตอย่างรอบคอบเพื่อการไตร่ตรอง พิจารณา

ขั้นที่ 3 การสรุป (Abstract Conceptualization) เป็นหลักการนามธรรมเป็น ขั้นที่ผู้เรียนใช้เหตุผลและใช้ความคิดในการสรุปขยายอดเป็นหลักการต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง (Active Experimentation) เป็นขั้นตอนที่ ผู้เรียนนำเอาความเข้าใจที่สรุปได้ในขั้นที่ 3 ไปทดลองปฏิบัติจริงเพื่อทดสอบว่าถูกต้องหรือขั้นตอน นี้เน้นที่การประยุกต์ใช้

1.2 ศึกษาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 4 มาตรฐานช่วงชั้นที่ 4 (ม.4 – 6) ผลการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา และหน่วยการเรียนรู้จากหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวัดพุทธ บูชา

1.3 ศึกษารายละเอียดและสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่จะนำมาสร้างแผนการ จัดการเรียนรู้

1.4 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดผล ประเมินผลการเรียนรู้ และสื่อ – แหล่งการเรียนรู้

1.5 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เรื่อง ความร้อน รหัสวิชา ว30209 รายวิชาฟิสิกส์ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 เวลา 110 นาที	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 1 ประสบการณ์รูปธรรม (Concrete Experiences) 1.1 ครูให้นักเรียนนั่งเป็นวงกลม 1 วง โดยเริ่มทำการพูดแสดงความรู้สึกก่อนการเรียนรู้ (Check in) ทั้งครูและนักเรียน 1.2 เมื่อ Check in เสร็จแล้ว ครูสุ่มสิ่งที่ได้ยินจากนักเรียนทุกคน เพื่อเป็นการเปิดใจพร้อมการเรียนรู้ จากนั้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนกัน 1.3 ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าจุดไฟที่เตาและเอามือของเราไปใกล้เตาไฟ เราจะรู้สึกร้อน ถามผู้เรียนว่าความร้อนเปลี่ยนแปลงมาจากพลังงานรูปใด และเราจะใช้อะไรในการวัดความร้อนที่เกิดขึ้น เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน (S : บูรณาการเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์)	
ขั้นที่ 2 การไตร่ตรอง (Reflective Observation) 2.1 ผู้เรียนและผู้สอนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเปลี่ยนพลังงานต่าง ๆ ไปเป็นพลังงานความร้อน และพลังงานความร้อนก็สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ 2.2 ผู้สอนถามคำถามกระตุ้นความคิดผู้เรียนอีกครั้ง ในเรื่องของอุณหภูมิ นั่นคือ เราจะทราบได้ อย่างไรว่าวัตถุก่อนหน้านี้ร้อนหรือเย็นเท่าไร หลังจากนั้นผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า การวัดอุณหภูมิของวัตถุต่าง ๆ นั้นจะต้องใช้เครื่องวัดเทอร์โมมิเตอร์ 2.3 ครูให้นักเรียนรวมกลุ่มสืบค้นร่วมกันอภิปรายความร้อน อุณหภูมิ การถ่ายโอนพลังงานความร้อน อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ ชนิดของเทอร์โมมิเตอร์ การเทียบอุณหภูมิระหว่างหน่วยองศาเซลเซียส และอุณหภูมิใด ๆ และพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสารซึ่งครูเป็นคนกำหนดหัวข้อให้ (T : บูรณาการเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น)	
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแนวความคิดนามธรรม (Abstract Conceptualization) 3.1 นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้สืบค้นมาตามแต่ละหัวข้อหน้าชั้นเรียน ให้ครูและเพื่อนนักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (T : บูรณาการเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น)	

ขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง(Active Experimentation)

ครูให้นักเรียนตกผลึกความรู้เนื้อหาที่เรียน โดยนักเรียนเป็นผู้ออกแบบแผนผังความคิดความรู้เอง ดังนี้ (E: บูรณาการเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม)

- 4.1 ความร้อน คือ ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งถ่ายโอนจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้ พลังงานความร้อนอาจเปลี่ยนมาจากพลังงานรูปอื่น
- 4.2 อุณหภูมิ คือ ปริมาณที่แปรผันโดยตรงกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส การที่จะบอกว่าวัตถุร้อนมากหรือร้อนน้อยเพียงไร เราสามารถบอกได้ด้วยอุณหภูมิของวัตถุนั้น
- 4.3 อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิมี ชื่อเรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์ ในการสร้างเทอร์มอมิเตอร์ มีการกำหนดอุณหภูมิที่ใช้เป็นมาตรฐานในการแบ่งช่วงสเกล ดังนี้
 - ☐ จุดเดือด คือ จุดที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส จุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์อยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส
 - ☐ จุดเยือกแข็ง คือ จุดที่เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว จุดเยือกแข็งของน้ำบริสุทธิ์อยู่ที่ 0 องศาเซลเซียส
- 4.4 ชนิดของเทอร์มอมิเตอร์มีด้วยกัน 4 ชนิด
 - ☐ แบบเซลเซียส แบ่งสเกล 100 ช่วง จุดเยือกแข็ง 0°C จุดเดือด 100°C
 - ☐ แบบเคลวิน แบ่งสเกล 100 ช่วง จุดเยือกแข็ง $273.\text{K}$ จุดเดือด 373K
 - ☐ แบบโรเมอร์ แบ่งสเกล 180 ช่วง จุดเยือกแข็ง 0°R จุดเดือด 80°R
 - ☐ แบบฟาเรนไฮต์ แบ่งสเกล 80 ช่วง จุดเยือกแข็ง 32°F จุดเดือด 212°F
- 4.5 การเทียบอุณหภูมิระหว่างหน่วยองศาเซลเซียส และอุณหภูมิใด ๆ ทำได้ดังนี้

$$\frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{R}{4}$$
- 4.6 พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสาร

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

(M: บูรณาการเกี่ยวกับการคำนวณปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง)

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ ที่สร้างไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ระดับเชี่ยวชาญ 1 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่านเพื่อตรวจสอบโดยพิจารณาเรื่องความ

เหมาะสมของเนื้อหาความสอดคล้องของจุดประสงค์กับกระบวนการเรียนรู้และภาษาที่ใช้ (ดังรายนามในภาคผนวก ก) โดยผู้เชี่ยวชาญให้ปรับปรุงเรื่องของภาษาในการจัดกิจกรรม ให้ใช้ภาษาสำหรับนักเรียนที่เข้าใจได้ง่ายปรับสถานการณ์ปัญหาที่ไม่ยากจนเกินไป และสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณต่าง ๆ ให้ถูกต้อง

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ดำเนินการดังนี้

2.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ จากเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล และการสร้างข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาผลการเรียนรู้และเนื้อหาวิทยาศาสตร์ช่วงชั้นที่ 4 มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยแบ่งพฤติกรรมการวัด 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ศึกษาตามแนวการเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์ของศิริชัย กาญจนวาสี (2556) รวมทั้งหมด 30 ข้อ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 2

ตาราง 1 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน

เรื่อง	เนื้อหา	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				
		ความรู้	ความเข้าใจ	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	ข้อ
1	ความร้อน	1	1	2	1	5
2	แก๊สอุดมคติ	2	2	2	1	7
3	ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	2	2	2	1	7
4	พลังงานภายในระบบ	2	1	2	2	7
5	การประยุกต์	1	1	1	1	4
รวม		8	7	9	6	30

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พฤติกรรมด้านความรู้	พฤติกรรมด้านความเข้าใจ
(0) การถ่ายโอนพลังงานความร้อนแบบใด ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงาน ความร้อนโดยตัวกลางจะไม่เคลื่อนที่ไป พร้อมกับพลังงานความร้อน A. การนำความร้อน B. การพาความร้อน C. การแผ่รังสีความร้อน 1. ข้อ A เพียงอย่างเดียว 2. ข้อ A และ ข้อ B 3. ข้อ A และ ข้อ C 4. ข้อ B และ ข้อ C เฉลย ข้อ 1. ข้อ A เพียงอย่างเดียว	(00) ในการใช้ปรอทบรรจุในเทอร์โมมิเตอร์ มีคุณสมบัติไม่ดียังไร 1. ทำให้บริสุทธิ์ได้ยาก 2. วัดอุณหภูมิสูงกว่าปกติธรรมดาได้ไม่ดี 3. วัดอุณหภูมิต่ำกว่าปกติธรรมดาได้ไม่ดี 4. มองเห็นได้ยาก เฉลย ข้อ 4. มองเห็นได้ยาก
พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมด้านการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
(000) แก๊สชนิดหนึ่งเปลี่ยนสถานะจาก (1) ไป (2) ตามรูป จงหาว่าพลังงานภายในระบบ ของแก๊สจากสถานะ (1) ไป (2) นี้มีค่า เท่าใด 1. เพิ่มขึ้น 6,000 J 2. ลดลง 6,000 J 3. เพิ่มขึ้น 9,000 J 4. ลดลง 9,000 J เฉลย ข้อ 1. เพิ่มขึ้น 6,000 J	(0000) แก๊สชนิดหนึ่งมีมวล 250 กรัม บรรจุใน กระบอกสูบที่มีอุณหภูมิ 25 °C เมื่อแก๊ส ในกระบอกสูบได้รับความร้อน ทำให้ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 75 °C โดยความดัน คงที่และพลังงานภายในระบบของแก๊ส เปลี่ยนแปลงไป 5 กิโลจูล จงหา งานที่เกิดจากการขยายตัวของแก๊ส กำหนดให้ ($C_{\text{gas}} = 1.005 \text{ kJ/kg K}$, $P_0 = 100 \text{ kPa}$) 1. 1.28 kJ 2. 7.56 kJ 3. 13.84 kJ 4. 17.56 kJ เฉลย ข้อ 2. 7.56 kJ

2.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดสอบก่อนและหลังเรียนกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย 4 ข้อ โดยผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

3.1 กำหนดจุดประสงค์และเนื้อหา เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊สเพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดการแก้ปัญหา โดยขอบเขตของเนื้อหาที่ในการวิจัยครั้งนี้อยู่ในสาระที่ 5 ศึกษาแนวการสร้างแบบทดสอบและการเขียนข้อสอบวัดการแก้ปัญหา นิยาม เอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.2 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยข้อความที่แสดงสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะตั้งคำถาม 4 ข้อ เพื่อให้ให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา ตามขั้นตอนของWeir J. J (1974) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

- 1) ขั้นระบุปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุดภายในขอบเขตข้อเท็จจริงที่กำหนดให้
- 2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาโดยพิจารณาจากข้อเท็จจริงของสถานการณ์ที่กำหนดให้
- 3) ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการวางแผนหรือเสนอแนวทางในการคิดแก้ปัญหาที่ตรงกับสาเหตุของปัญหาที่ระบุไว้อย่างสมเหตุสมผล
- 4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายได้ว่าผลที่เกิดจากการกำหนดวิธีการคิดแก้ปัญหานั้น สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้หรือไม่ ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร

3.3 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และวิทยฐานะ ระดับชำนาญการ 2 ท่าน และวิทยฐานะ ระดับเชี่ยวชาญ 1 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของตัวเลือก การใช้ภาษา เพื่อพิจารณาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence : IOC) (ดังรายนามในภาคผนวก ก)

3.4 ดำเนินการปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและเลือกคำถามที่มีค่า IOC ≥ 0.5 ขึ้นไป (สุวิมล ติรภานันท์, 2557) โดยค่า IOC มีค่าระหว่าง 0.6 – 1

โดยประเด็นที่ต้องแก้ไข ได้แก่ คำผิด การฉีกคำ และความเหมาะสมของแบบทดสอบให้สถานการณ์เหมาะสมไม่ง่ายและยากเกินไปและปรับปรุงภาษาให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย

3.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไปทำการทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เคยเรียน เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ (STEM) ผลการวิเคราะห์พบว่าผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 4 ข้อ โดยค่าความยากง่ายของแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าระหว่าง 0.414 – 0.585 ค่าอำนาจจำแนกค่าระหว่าง 0.429 – 0.683 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Coefficient- α) มีค่า 0.610 แสดงว่ามีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง ดังตาราง

ตาราง 3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

เนื้อหา	ก่อนคัดเลือก			หลังคัดเลือก		
	จำนวนข้อ	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	จำนวนข้อ	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. ความร้อนและแก๊สอุดมคติ	1	0.414	0.572	1	0.414	0.572
2. ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	1	0.586	0.572	1	0.586	0.572
3. พลังงานภายในระบบ	1	0.414	0.643	1	0.414	0.643
4. การประยุกต์	1	0.568	0.429	1	0.568	0.429
รวม	4	0.414 – 0.586	0.429 – 0.643	4	0.414 – 0.586	0.429 – 0.643
$\alpha = 0.610$						

3.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบก่อนและหลังเรียนกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

0. ภูมิใจหัดทำแกงจืดมะระ ภูมิใจสังเกตว่าเมื่อเริ่มต้มแกงจืดน้ำบริเวณก้นหม้อมีลักษณะปกติ หลังจากนั้นไม่นาน น้ำบริเวณก้นหม้อก็มีการเดือดและลอยขึ้นมาด้านบนผิวน้ำ จนกลายเป็นน้ำร้อน ภูมิใจจึงสงสัยว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น ภูมิใจคิดว่าการที่น้ำในอุณหภูมิปกติเมื่อได้รับความร้อนบริเวณก้นหม้อจนน้ำลอยขึ้นมากลายเป็นน้ำเดือดนั้น การให้ความร้อนผ่านก้นหม้อน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้อง ภูมิใจจะทำอย่างไรในการยืนยันว่าน้ำเดือดที่ลอยขึ้นมาเป็นผลจากการให้ความร้อนผ่านก้นหม้อ

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

3. ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

.....

4. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อบันทึกพฤติกรรมที่ได้สังเกตระหว่างการทำกิจกรรม โดยมีลักษณะเป็นแบบบันทึกภาคสนาม (Field Note) โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมเหล่านั้นด้วยตนเอง โดยแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนนั้นมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

4.2 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยรวบรวมพฤติกรรมที่ต้องการจะสังเกต ตามประเด็นที่กำหนด

4.3 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ระดับชำนาญการ 2 ท่าน และวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม (ดังรายนามในภาคผนวก ก)

4.4 ทำการปรับปรุงแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปในการวิจัย โดยประเด็นในการปรับแก้ให้เพิ่มเติมเรื่องการสังเกตเรื่องความเข้าใจใส่กระตือรือร้น ขั้นตอนการปฏิบัติงานและการแก้ปัญหาในการทำกิจกรรมของนักเรียน

ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

นักเรียนผู้ถูกสังเกต.....	ครั้งที่.....
วันที่สังเกต.....	เรื่องที่เรียน.....
ประเด็นการสังเกต	
ขั้นที่ 1 ประสพการณ์รูปธรรม	
กระบวนการในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียน	
☐	การระบุสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหาและสิ่งที่กำหนดให้.....
☐	ความกระตือรือร้น.....
☐	การแสดงออกทางอารมณ์.....
ขั้นที่ 2 การไตร่ตรอง	
กระบวนการในการวางแผนในการแก้ปัญหาของนักเรียน	
☐	การวางแผนการทำงาน.....
☐	ขั้นตอนการวางแผน.....
☐	การบอกวิธีการแก้ปัญหา.....

5. แบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log)

แบบบันทึกการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อโดยผู้เรียนจะมีโอกาสได้เขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้และประสบการณ์ส่วนตัว ผูกบันทึกความก้าวหน้า การแสดงความคิด และ

ความเข้าใจของตนเอง เป็นการสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจเนื้อหาวิชา ช่วยเพิ่มการเรียนรู้ โดยแบบบันทึกการเรียนรู้นี้เป็นเครื่องมือที่สะท้อนการเรียนรู้ของผู้เรียนและค้นพบปัญหาการเรียนรู้ รวมทั้งเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เรียนรู้กับประสบการณ์เดิม มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

5.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบบันทึกการเรียนรู้

5.2 สร้างแบบแบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log) โดยรวบรวมพฤติกรรมที่ต้องการจะสังเกต ตามประเด็นที่กำหนด

5.3 นำแบบบันทึกการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ระดับชำนาญการ 2 ท่าน และวิทยฐานะ ระดับเชี่ยวชาญ 1 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม (ดังรายนามในภาคผนวก ก)

5.4 ทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปในการวิจัย โดยประเด็นในการปรับแก้ไขเพิ่มเติมเรื่องวิธีในการแก้ปัญหาในการเรียนรวมไปถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหาในการทำกิจกรรมของนักเรียน

ตัวอย่างแบบบันทึกการเรียนรู้

แบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log)	
ชื่อ – สกุล.....	วันที่.....
เรื่องที่เรียน.....	
0. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการเรียนเนื้อหาวิชานี้	
.....	
00. หลังจากเรียนเนื้อหานี้แล้วนักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนครั้งนี้มากหรือน้อยเพียงใดและสิ่งใดที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ	
.....	
000. กรณีที่เกิดข้อสงสัยในการเรียน นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร	
.....	
0000. ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาเป็นอย่างไร	
.....	
00000. นักเรียนคิดว่าเรื่องที่เรียนสามารถนำไปเชื่อมโยง ปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ อย่างไร	
.....	

6. แบบสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

แบบสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน เป็นแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อสอบถามเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย โดยผู้วิจัยทำหน้าที่สัมภาษณ์กับกลุ่มนักเรียนตัวอย่างและเป็นผู้บันทึกด้วยตนเองหลังจากสิ้นสุดคาบการจัดการเรียนรู้ และมีเครื่องบันทึกเสียงเป็นอุปกรณ์ในการช่วยเก็บข้อมูลโดยแบบสัมภาษณ์มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

6.1 ศึกษาขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

6.2 สร้างแบบสัมภาษณ์ โดยรวบรวมกำหนดจุดหมายและขอบเขตของแบบสัมภาษณ์ตามกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

6.3 นำแบบสัมภาษณ์ให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และวิทยฐานะระดับเชี่ยวชาญ 1 ท่าน รวมทั้งหมด 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม (ดังรายนามในภาคผนวก ก)

6.4 ทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปในการวิจัยโดยประเด็นในการปรับแก้ไขเพิ่มเติมเรื่องการสัมภาษณ์ความรู้สึกของนักเรียนระหว่างทำกิจกรรม วิธีในการแก้ปัญหาในการเรียนรวมไปถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหาในการทำกิจกรรมของนักเรียน

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ผู้ให้ข้อมูลสัมภาษณ์.....
วัน เดือน ปีเวลาที่ใช้ในการสัมภาษณ์.....
สถานที่ที่ให้สัมภาษณ์.....
0. จากสถานการณ์ที่ให้มานักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง
.....
.....
00. นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาในการเรียน มีขั้นตอนในการดำเนินการแก้ไขอย่างไร เป็นอย่างไร
.....
.....

6. การดำเนินการทดลอง

6.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้เวลาทดลองรวม 16 คาบเรียน แบ่งเป็น ทำการสอน 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 55 นาที และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน 2 คาบเรียน และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน 2 คาบเรียน ดังตาราง 5

ตาราง 4 แสดงระยะเวลาในการดำเนินการทดลอง

รายการปฏิบัติ	เดือนมกราคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2562 (4 คาบ/สัปดาห์)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
ขั้นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (2 คาบ)	←→			
ขั้นดำเนินการทดลอง (12 คาบ)		←→		
ขั้นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน (2 คาบ)				←→

6.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลอง ดังนี้

นักเรียนที่เข้ารับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปในครั้งนี้จำนวน 44 คน และในจำนวนนี้มีนักเรียน 13 คนที่เป็นกลุ่มผู้ให้ข้อมูลเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการบันทึกแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ แบบบันทึกการเรียนรู้และการให้ข้อมูลสัมภาษณ์ของนักเรียน

ขั้นตอนการทดลอง

ผู้วิจัยได้สร้างความเข้าใจให้กับนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวทางในการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลที่จะใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อให้นักเรียนทราบ

ขั้นตอนการทดลอง

1) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 20 ข้อ และแบบอัตนัย 4 ข้อ ตามลำดับ ใช้เวลาในการวัดผล 2 คาบเรียน

2) ดำเนินการทดลองการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปกับกลุ่มตัวอย่าง ใช้ระยะเวลา จำนวน 12 คาบเรียน โดยแบ่งเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ประสบการณ์รูปธรรม (Concrete Experiences) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนเข้าไป มีส่วนร่วมและรับรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ เน้นการใช้ความรู้สึกและยึดถือสิ่งที่เกิดขึ้นจริงตามที่ตนประสบในขณะนั้น

ขั้นที่ 2 การไตร่ตรอง (Reflective Observation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมุ่งที่จะทำความเข้าใจความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับโดยการสังเกตอย่างรอบคอบเพื่อการไตร่ตรองพิจารณา

ขั้นที่ 3 การสรุป (Abstract Conceptualization) เป็นหลักการนามธรรมเป็นขั้นที่ผู้เรียนใช้เหตุผลและใช้ความคิดในการสรุปรวบยอดเป็นหลักการต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง (Active Experimentation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเอาความเข้าใจที่สรุปได้ในขั้นที่ 3 ไปทดลองปฏิบัติจริงเพื่อทดสอบว่าถูกต้องหรือขั้นตอนนี้นั้นที่การประยุกต์ใช้

สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น ผู้วิจัยจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในการร่วมกิจกรรมและเมื่อจบการจัดการเรียนรู้จะทำการสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยใช้แบบสัมภาษณ์และแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

ขั้นประเมินผลการเรียนรู้

ภายหลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 12 คาบเรียน ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน จากนั้นนำ

คะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนและหลังมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

7.1.1 วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ สะเต็มศึกษา ร่วมกับ วัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป แบบทดสอบพื้นฐานความรู้เดิมทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence : IOC)

7.1.2 วิเคราะห์ค่าความยาก - ง่าย (p) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

7.1.3 วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (r) สำหรับแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

7.1.4 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวิธีการใช้สูตรของ KR – 20 ของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha)

7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

กรณีข้อมูลเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป การวิเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น

7.2.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และการ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าความเบ้ (Sk) และค่าความโด่ง (Ku)

7.2.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ สะเต็มศึกษา ร่วมกับ วัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ใช้การวิเคราะห์สถิติความแปรปรวนพหุนาม Hotelling T² โดยมีสูตรการคำนวณ (ผจจิต อินทสุวรรณ, 2545) ดังนี้

$$\sigma^2 = \frac{(n-1)P}{n-\sigma} \times \sigma$$

เมื่อ n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
 P แทน ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

กรณีข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยตนเอง โดยวิธีการสังเกต พฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง การบันทึกแบบการเรียนรู้และการสัมภาษณ์กับนักเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผ่านการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการสังเกต พฤติกรรมของนักเรียนที่ได้ทำในแต่ละการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบ การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ประเด็นที่สัมภาษณ์จะเกี่ยวข้องกับลีลาในการเรียนรู้ ทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ไขปัญหา ร่วมด้วยแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

การรายงานผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นการนำเสนอข้อมูลสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความโด่ง ความเบ้ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป และนำเสนอข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานตามคำถามและความมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 1

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
M	แทน	ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง
SD	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SS	แทน	ผลบวกของกำลังสองของค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลและ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล (Sum of Square)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลบวกยกกำลังสอง (Mean Square)
MIN	แทน	คะแนนต่ำสุด
MAX	แทน	คะแนนสูงสุด
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Ku	แทน	ค่าความโด่ง
df	แทน	องศาอิสระ (Degree of freedom)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป จำนวน 44 คน พบว่า จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเท่ากับ 4.5 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.56 ส่วนคะแนนเฉลี่ย หลังเรียนเท่ากับ 11.20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.86

เมื่อพิจารณาคะแนนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป จำนวน 44 คน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 0.93 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.26 ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 8.68 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.58 เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูล พบว่า ข้อมูลมีการกระจายแจกแจงแตกต่างจากโค้งปกติเล็กน้อย ดังตาราง 6

ตาราง 5 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (20 คะแนน)						การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (16 คะแนน)					
	M	SD	MIN	MAX	Sk	Ku	M	SD	MIN	MAX	Sk	Ku
ก่อนเรียน	4.50	1.56	1.00	8.00	0.06	-0.11	0.93	1.26	0.00	4.00	1.36	0.94
หลังเรียน	11.20	3.86	4.00	18.00	0.21	-1.13	8.68	2.58	2.00	14.00	0.07	0.29

1.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องความสัมพันธ์ของตัวแปรตามในงานวิจัยนี้โดยใช้ค่า Bartlett's Test of Sphericity เมื่อตัวแปรตามคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่าตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันแตกต่างจากเมตริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($\chi^2 = 11.290$, $df = 2$, $p = .004$) กล่าวคือตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มี

ความสัมพันธ์กัน จึงเป็นไปตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์ผลการวิจัยสถิติวิเคราะห์ One – way Repeated Manova

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilks' Lamda value = 0.072, F= 268.674, p = .000) และเนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีการวัดซ้ำ 2 ครั้ง ผู้วิจัยจึงคำนวณค่าสถิติ Hotelling's T²

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ สามารถคำนวณค่า Hotelling's T² = 550.14 ขณะที่ผลจากการเปิดตาราง Hotelling's T² เมื่อ p = 2, df = 43 ทำให้ได้ค่า Hotelling's T² = 6.595 จะเห็นได้ว่าค่า Hotelling's T² จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง จึงสามารถสรุปผลได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหลังเรียนมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียน

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป โดยใช้สถิติ Hotelling's T²

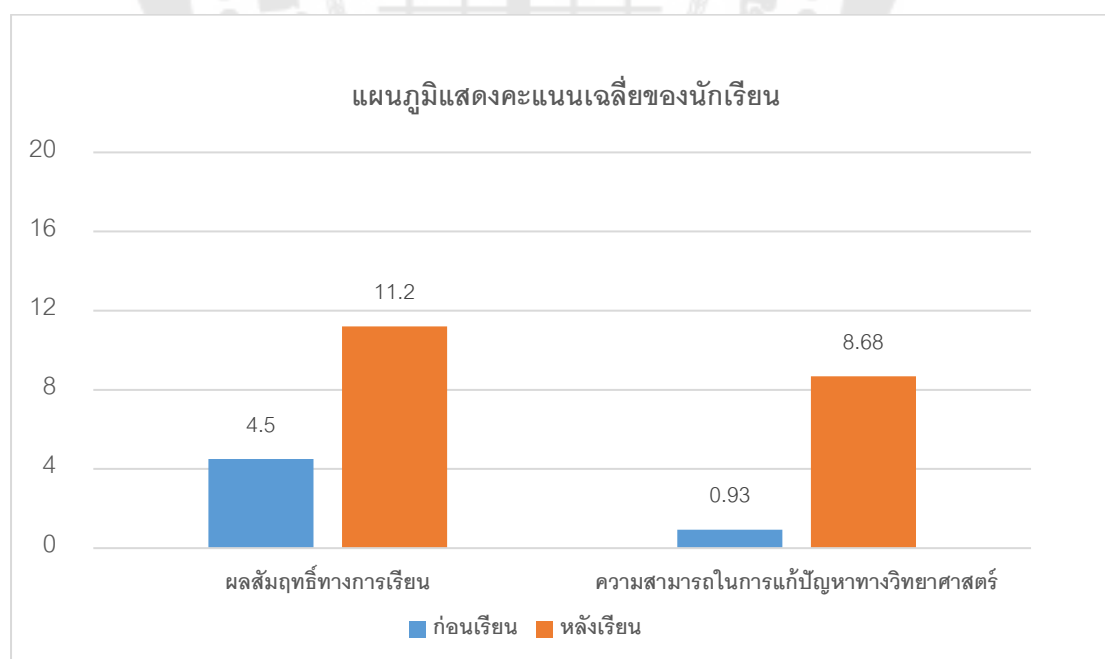
Effect	Multivariate test	Value	F	Hypothesis df	Error df	p-value	η^2
การจัด	Pillai's Trace	.928	268.674	2.000	42.000	.000	.928
การเรียนรู้	Wilks' Lambda	.072	268.674	2.000	42.000	.000	.928
	Hotelling's Trace	12.794	268.674	2.000	42.000	.000	.928
	Roy's Largest Root	12.794	268.674	2.000	42.000	.000	.928
จากการคำนวณ Hotelling's T ² = 550.14, T ² _(2,43) = 6.595							
Bartlett's Test of Sphericity : Likelihood Ratio = .003 Approx. Chi – Square 11.29 df = 2 Sig. = .004							

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบรายตัวแปรตามพบว่า เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปแล้วนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้แตกต่างจากก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (df = 1, F = 136.041, p-value = .000, η^2 = .760) เช่นเดียวกับความสามารถในการ

แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แตกต่างจากก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($df = 1$, $F = 489.293$, $p\text{-value} = .000$, $\eta^2 = .919$) โดยคะแนนเฉลี่ยของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน ดังตาราง 8 และภาพประกอบ 11

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์รายตัวแปรตามของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

Dependent Variable	Source	SS	df	MS	F	p-value	η^2
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	Time	988.920	1	988.920	136.041	.000	.760
	Error	313.580	43	7.269	-	-	-
การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	Time	1321.375	1	1321.375	489.293	.000	.919
	Error	116.125	43	2.701	-	-	-



ภาพประกอบ 12 แผนภูมิแสดงคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 2 ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

ผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพตามคำถามและความมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 2 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การให้ประสบการณ์จริง การไตร่ตรอง การสรุป และการทดลองปฏิบัติจริง ทั้งหมด 3 กรณีศึกษาแบ่งเป็น กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนดี ปานกลาง และปรับปรุง จำนวนทั้งสิ้น 13 คน ซึ่งสามารถอธิบายลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียน มีรายละเอียดดังนี้

1. **แบบคิดนอกเนกนัย (Divergers)** หมายถึง เป็นแบบที่ผู้เรียนมีความสามารถในการรับรู้และการสร้างจินตนาการต่าง ๆ ขึ้นเอง สามารถไตร่ตรองจนมองเห็นภาพโดยส่วนรวม ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้จะทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่ต้องการความคิดหลากหลาย เช่น การระดมสมอง ซึ่งลักษณะของการเรียนรู้ เรียนรู้ได้ดีจากการสัมผัสและการสังเกต ชอบแสวงหาประสบการณ์ใหม่ ๆ ชอบแสวงหาข้อมูล ความรู้ ชอบนำประสบการณ์และข้อมูลมาคิดวิเคราะห์ไตร่ตรอง และแสวงหาแนวคิดและทางเลือกหลากหลาย

2. **แบบซึมซับ (Assimilators)** หมายถึง เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีความสามารถในการสรุปหลักการหรือกฎเกณฑ์ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้มักสนใจในหลักการที่เป็นนามธรรมมากกว่าแต่ไม่ชอบการลงมือปฏิบัติและมักไม่คำนึงถึงการนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้ ลักษณะการเรียนรู้ เรียนรู้ได้ดีจากการศึกษารวบรวมข้อมูลและทำงานกับความคิดเชิงนามธรรม ชอบคิดไตร่ตรองและสามารถสร้างทฤษฎีหรือหลักการจากประสบการณ์หรือข้อมูลที่ได้รับเป็นผู้ชอบการคิดเชิงทฤษฎีมากกว่าการปฏิบัติจริง

3. **แบบคิดเอกนัย (Convergers)** หมายถึง เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีความสามารถในการนำแนวคิดที่เป็นนามธรรม ไปใช้ในการปฏิบัติผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้สามารถสรุปวิธีที่ถูกต้องที่สุดเพียงวิธีเดียวที่จะสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ไม่ชอบใช้อารมณ์ในการแก้ปัญหาแต่ใช้เหตุผล ชอบทำงานกับวัตถุมากกว่าทำงานกับบุคคล มักมีความสนใจที่เฉพาะเจาะจงในสิ่งใดสิ่งหนึ่งและมีความเชี่ยวชาญในสิ่งนั้น ลักษณะของการเรียนรู้ เรียนรู้ได้ดีจากการคิดและการกระทำ ชอบวางแผน ชอบคิดแก้ปัญหา ชอบลงมือปฏิบัติเพื่อแสวงหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

4. **แบบปรับปรุง (Accommodators)** หมายถึง ผู้เรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้จะชอบลงมือปฏิบัติชอบทดลองและจะ ทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่ต้องใช้การปรับตัว มีแนวโน้มจะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการที่ตนเองคิดขึ้นเองในลักษณะที่ชอบลองผิดลองถูกและชอบทำงาน

ร่วมกับผู้อื่น ลักษณะของการเรียนรู้ เรียนรู้ได้ดีจากการลงมือทำและการเข้าไปร่วมกิจกรรมต่าง ๆ หรือรับประสบการณ์ที่หลากหลายเป็นผู้ชอบทำ และแก้ปัญหาด้วยการปฏิบัติจริง ชอบทดลอง และแสวงหาประสบการณ์ใหม่ๆ ชอบทำงานและสนใจในการประยุกต์ใช้เทคนิคต่าง ๆ และสามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดี

กิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ 1 การให้ประสบการณ์จริง (Concrete Experiences)

ผู้สอนจัดเตรียมกิจกรรมให้ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วม ให้ผู้เรียนได้สัมผัส สังเกต และเก็บรวบรวม ข้อมูลที่หลากหลาย โดยผู้เรียนต้องเปิดใจเพื่อเรียนรู้จากประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ เน้นการใช้ ความรู้สึกและยึดถือสิ่งที่เกิดขึ้นจริงตามที่ตนประสบด้วยตนเอง

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับดี

พฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกในขั้นนี้ นักเรียนเกิดความสงสัยและมีความอยากรู้อยากเห็น ตื่นตัว มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ในการจัดบรรยากาศของการเรียนรู้ที่แปลกไป จากเดิม เมื่อเริ่มการจัดการเรียนรู้ นักเรียนให้ความสนใจและพยายามตอบคำถามตั้งข้อสงสัยและ แก้ไขหาคำตอบเพื่อเชื่อมโยงความรู้จากประสบการณ์ที่ตนเองได้รับ

“ได้เรียนเรื่องแก๊สกับพลังงานความร้อน อุณหภูมิสูงจะถ่ายเท พลังงานความร้อนไปยังอุณหภูมิต่ำ เช่น ตอนแรกมือของมันเป็น แต่พอจับมือกับครูอิมก็อุ่นขึ้น เพราะได้พลังงานความร้อน จากครู”

(นักเรียนหญิง A1, แบบบันทึกการเรียนรู้ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...การจับมือคั่นแล้วก็ให้สองคนมาจับมือกันแล้วก็ ครูก็ถาม ว่ารู้สึกยังไง ก็แบบว่า ถ้าเกิดว่ารู้สึกแบบสมมุติคนนี้มีมือเย็น แล้วคนนี้มีมือร้อน ก็แปลว่า เพราะว่าคนที่มืออุณหภูมิสูงกว่า ถ่ายโอนไปให้คนที่มืออุณหภูมิต่ำกว่า แบบว่าสูงไปหาต่ำ”

(นักเรียนหญิง A2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...การจับมือ เพราะว่ามันเป็นเรื่องที่เราเข้าใจง่ายและเราก็รู้สึกได้ด้วยตนเอง มันเห็นภาพอะครู มันเห็นภาพมันรับรู้ได้ รู้สึกได้มันเลยเข้าใจง่าย”

(นักเรียนชาย A6, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...การจับมือ มันเป็นเรื่องใกล้ตัว เข้าใจง่าย มันเห็นชัด มันเกิดขึ้นจริง มันแสดงออกมาให้เราเห็นว่า มันเป็นอย่างที่เราทำได้จริง”

(นักเรียนหญิง A3, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง

พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในขั้นนี้ นักเรียนเกิดความสงสัยกับสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่ได้รับและเมื่อได้รับการจัดประสบการณ์ใหม่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น กล่าวคือเมื่อนักเรียนได้รับสถานการณ์ที่แปลกใหม่นักเรียนเกิดความสงสัยในสิ่งที่เกิดขึ้น ในขณะเดียวกันทำให้เกิดความกลัว ลังเลในสิ่งที่ตนเองคิด เพราะจากการคาดหวังในคำตอบกลัวตอบผิด จากนั้นเมื่อได้รับประสบการณ์ใหม่และเห็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริงตามที่ตนเองได้รับ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในสิ่งนั้น

“...ถ้าเห็นตัวอย่างมันจะเข้าใจมากกว่าการพูดขึ้นมาเฉยๆ”

(นักเรียนหญิง B2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“...หนูนึกภาพตามมันเข้าใจง่ายขึ้น เอาสิ่งรอบข้างมาปรับให้เข้ากับเนื้อหาที่เรียน ทำให้รู้สึกเข้าใจง่าย”

(นักเรียนหญิง B3, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“...ตอนแรกถึงว่าครูให้นั่งล้อมวงทำไม ก็พอครูเรียกเพื่อนมาจับมือใช้ไหม มันก็เหมือนแบบเป็นการที่ครูสอนแบบยกตัวอย่างทำให้เห็นก็เลยเข้าใจว่าเนี่ยการถ่ายเทความร้อน”

(นักเรียนหญิง B4, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

เมื่อเปลี่ยนสภาพแวดล้อมของการจัดการเรียนการสอนใหม่ นักเรียนเกิดความรู้สึกแปลกใหม่และดึงดูดความสนใจพร้อมที่จะเรียนรู้ การให้เห็นตัวอย่างที่เข้าใจง่ายขึ้นและสามารถจินตนาการได้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี

“เริ่มเข้าเรียนมาตั้งแต่แรกก็รู้สึกง่วง เพราะคาบที่ผ่านมาฟรีเซ็นวิชาชีวะ แต่พอครูเข้ามาให้ทำแบบฝึกหัดก่อนเรียนก็หายง่วงพยายามทำแต่ก็ทำไม่เป็นพอเสร็จตอน 11.20 ครูก็ให้มาจัดโต๊ะนั่งเรียนตามความรู้สึกผมก็สบายใจบางเรื่องมันก็ผ่านไปได้และก็ให้เพื่อนจับมือเพื่อให้รู้ถึงการถ่ายเทพลังงานความร้อน พอเห็นตัวอย่างจริงมาอธิบายเรียนแบบนี้รู้สึกเข้าใจมากขึ้น”

(นักเรียนชาย B1, แบบบันทึกการเรียนรู้ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง

พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ นักเรียนบางคนมีความกังวล แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน บางคนไม่สนใจในบทเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจในบทเรียนมากขึ้น แต่ไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม

“...มือ....ครูจะถามว่ามือใครอุ่นหรือเย็น แล้วก็มาจับ ลองมาจับมือกับเพื่อน”

(นักเรียนชาย C3, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง)

“...ลองจับมือเพื่อน แล้วจะรู้ว่าอุ่น มันมีการถ่ายโอนพลังงานให้กัน”

(นักเรียนหญิง C1, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการรับรู้โดยจะใช้จินตนาการและการมองภาพรวม รับรู้จากตัวอย่างและการประสบการณ์ที่ได้รับเทียบเคียงกับสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวมากที่สุด เพื่อที่จะเรียนรู้เข้าใจในบทเรียนได้ และสามารถจินตนาการคำตอบในสิ่งที่เรียนรู้ผ่านมาแล้วได้ดี จนเกิดเป็นการเรียนรู้ที่ดีของแต่ละบุคคล ซึ่งลักษณะการเรียนรู้นี้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีจากการที่สัมผัสและการยกตัวอย่าง สังเกตประสบการณ์ใหม่ จนสามารถเกิดการเรียนรู้ที่ดีในแนวทางของแต่ละบุคคล

แต่นักเรียนบางส่วนมีความกังวลจากการทำกิจกรรม แต่เมื่อได้รับประสบการณ์ที่ใกล้เคียงจากการประสบการณ์เดิมทำให้เกิดความสนใจในบทเรียนมากขึ้น

กิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 การไตร่ตรอง (Reflective Observation) ผู้เรียนแลกเปลี่ยนข้อมูลเกิดการสังเกตที่มีการไตร่ตรอง สะท้อนความรู้สึก ความคิดเห็น คติวิเคราะห์ อภิปราย ทำความเข้าใจที่ได้จากประสบการณ์จริง โดยการสังเกตอย่างรอบคอบ

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับดี

พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ นักเรียนลงสร้างคำตอบจากจินตนาการของตนเอง โดยการคิดไตร่ตรองจากประสบการณ์เดิมและที่ได้รับ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้เรียนรู้โดยละเอียด สังเกต สรุปความและให้เหตุผลได้ เพื่อสรุปหาข้อเท็จจริงของตนเอง

“...น้ำแข็งแบบพอลิเมอร์ความร้อน น้ำแข็งมันเย็น พอลิเมอร์ความร้อนก็ อุณหภูมิมันก็เปลี่ยน ที่นั่นมันก็จะละลายครับ แล้วมันกลายเป็น พอลิเมอร์จุดหนึ่งมันต่ำกว่า 0 องศา เย้ย!! มันสูงกว่า 0 องศา มันก็กลับมาเป็นน้ำเหมือนเดิม แล้วมัน อุณหภูมิมันจะหยุดถ่ายโอนก็ต่อเมื่อแบบเท่ากันแล้วประมาณนี้”

“...เอาสิ่งที่เห็น เป็นความจริงมาประกอบเป็นคำตอบ”

(นักเรียนชาย A5, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...เออมันทำได้จริงอะ อย่างเช่นน้ำแข็งละลายเราก็เห็นว่า มันเหมือนถ้าเราแบบดูมันไปนาน ๆ แบบมันโดนความร้อนอะ แล้วถ้าเราสังเกต แล้วมันละลายจริงก็เพราะว่ามัน มันอาจจะมาจากความร้อนเหมือน มันเห็นภาพอะมันเห็นภาพได้จริงอะ เราารู้เลยว่ามันเป็นจริง”

(นักเรียนหญิง A3, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...เอาสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวันมาตอบ”

(นักเรียนหญิง A4, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“... เห็นด้วย สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกวัน”

(นักเรียนชาย A6, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง

พฤติกรรมที่นักเรียนได้แสดงออกในชั้นตอนนี้ นักเรียนเกิดจากการไตร่ตรอง ทบทวน สิ่งที่ได้เรียนรู้และสะท้อนความคิดเป็นของตนเอง โดยคำตอบที่ได้มาจากจินตนาการและ ประสบการณ์ที่ได้รับทั้งทางตรงและทางอ้อมของนักเรียน สามารถเล่า อธิบาย สรุปความรู้และ ค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมได้ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ได้มากขึ้น

“...เข้าใจตอนที่ครูถามว่าร้อนไหมแล้วมันเย็นหรือเปล่า”

(นักเรียนหญิง B2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“ได้เข้าใจว่าเทอร์โมมิเตอร์มีแบบโรเมอร์ด้วยคิดว่ามีแต่ เซลเซียส ฟาเรนไฮต์ เคลวิน ได้รู้จริงๆ แล้วปรอทที่อยู่ใน เทอร์โมมิเตอร์จริงๆ แล้วผ่านกรรมวิธีจนกลายเป็นสีแดงเพื่อให้ มองเห็นง่ายขึ้น คิดว่าเป็นสารชนิดอื่น”

(นักเรียนหญิง B2, แบบบันทึกการเรียนรู้ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“ตั้งแต่เริ่มเรียนก็ได้รู้ว่าเทอร์โมมิเตอร์ มีทั้งหมดกี่ชนิดที่รู้จัก พื้นฐานก็คือแบบเซลเซียส ไว้วัดอุณหภูมิของอากาศ เทอร์โมมิเตอร์สามารถยืดและหดตัวได้ถ้าอุณหภูมิสูงมากขึ้นก็ ขยายสูงขึ้น ถ้าอากาศเริ่มเย็นเทอร์โมมิเตอร์ก็หดลง แบบฟา เรนไฮต์คือเคยได้ยินแต่ไม่รู้ว่าจะใช้กับอะไร และแบบโรเมอร์ฟัง เคยได้ยินจากเรื่องที่เรียนทำให้ต้องไปหาดูในเน็ตเพื่อที่จะได้รู้ว่า ใช้กับอะไร”

(นักเรียนชาย B1, แบบบันทึกการเรียนรู้ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง

พฤติกรรมการเรียนรู้ในชั้นนี้ นักเรียนมีการลงเลไม่กล้าตอบคำถาม วิตกกังวลกลัวตอบคำถามผิด ไม่กล้าแสดงออก สามารถตอบคำถามได้แบบสั้น ๆ แต่ไม่สามารถอธิบายขยายความได้ เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนให้ความร่วมมือในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นได้เป็นอย่างดี

“...การทอดมันก็คล้ายๆการจับมือ มันแบบสัมผัสกัน การทอดมันก็อุ่นขึ้น”

(นักเรียนหญิง C2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง)

“...เวลาเดินพื้นร้อนๆ เวลาไปเหยียบที่ที่มันร้อน รองเท้าน่าจะร้อนตาม”

(นักเรียนชาย C3, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการนำทฤษฎี สิ่งที่อยู่รอบตัว พบเห็นได้ในชีวิตประจำวันมาประยุกต์ใช้เรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมรอบตัว พยายามเรียนรู้ในสิ่งใหม่ ๆ เชื่อมโยงกับความรู้เดิมและจากการรวบรวมหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาบูรณาการเติมเต็มช่องว่างของการเรียนรู้ทำให้เกิดการเรียนรู้และได้คำตอบจากการเรียนรู้นั้น ๆ

กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 การสรุป (Abstract Conceptualization) ผู้เรียนร่วมกันคิดเชื่อมโยงประเด็นการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากประสบการณ์และการอภิปราย นำไปสู่การสร้างแนวความคิด ซึ่งเป็นการประมวลความรู้ออกมาเป็นแนวคิดหรือหลักการของตนเอง ใช้ความคิดในการสรุปรวบยอดเป็นหลักการต่าง ๆ

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับดี

พฤติกรรมในการเรียนรู้ชั้นนี้ นักเรียนจะสรุปคำตอบอ้างอิงจากทฤษฎี โดยมีการตรวจสอบสมมติฐานจากปัญหาที่ได้รับ โดยวิเคราะห์จุดบกพร่อง ลองผิดลองถูกพยายามแก้ไข ปัญหา และตรวจคำตอบที่ได้จากการใช้ประสบการณ์ที่ได้รับสรุปเป็นหลักการของตนเอง

“...จากทฤษฎีนี้ที่เรารออ่านอะ อ่านแล้วมันตรงกับสิ่งที่เราคิดแบบเหมือนคิดไป มันใช่ปะวะ แล้วก็แบบว่าไปค้นหา ปึ๊ปๆ ค้นไป แล้วมันก็ตรงกับสิ่งที่เราแบบว่า คิดไว้แล้วแบบ มันต้องเป็นจริงแน่ๆเลยเราคิดถูกเราเข้าใจ เรื่องนี้ เราแบบก็เข้าใจอะ เพราะว่าเราหามา หามาแล้วมันตรงกับที่เราคิด พอคิดไป มันก็แบบว่า ออกมาได้ ออกมาแบบพิสูจน์ได้ทำแบบว่า เหมือนที่มันเคยผ่านๆมา ที่แบบว่าโจทย์เขาถามมาอย่างนี้ เราก็เหมือนแบบว่า เหมือนเป็น ก็หาๆ จนหาคำตอบได้ตรงกัน คือมันตรง แปลว่าเรา เข้าใจเรื่องนี้”

(นักเรียนหญิง A2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...ส่วนของผม ทำตามขั้นตอนของเราที่ ที่เราเรียนมา ทำตาม แล้วถ้าที่นี้ผลลัพธ์มันออกมาถูกก็คิดว่าน่าจะถูก”

(นักเรียนชาย A6, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...ถ้าสรุปคำตอบแล้วไม่ถูก ก็ทำใหม่ ต้องทำใหม่ แก้ไขใหม่ให้ถูกต้อง ต้องได้ดูว่าเราผิดตรงไหน ตั้งแต่ ตั้งแต่เริ่มต้นเลย”

(นักเรียนชาย A6, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...ก็ ก่อนเรียนผมจะตั้งสมมติฐาน ในเรื่องที่ก่อน ก่อนที่จะเรียนเรื่องนี้มันควรจะไปทางไหน เป็นยังไงบ้าง แบบคิดว่ามันควรจะเป็นยังไงถ้าเราได้เรียนแล้ว ผมก็ตั้งไว้ว่ามันควรจะเป็นอย่างนี้ ถ้าเราเรียนไปแล้วมันเป็นอย่างที่เราคิดไว้จริงๆ มันก็คือแบบ เรื่องแบบ เรียนรู้อะไรอย่างนี้ถ้ามันเป็นจริง ผมก็คิดว่ามันน่าแบบผมมาถูกทางแล้วอะใช้อย่างนี้”

(นักเรียนชาย A5, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...ก็คือถ้าเป็นหนู ถ้าหนู หนูก็คุยกับเพื่อนก่อนเลยว่าคิดยังไง ตรงกันไหม แล้วถ้ามันแบบเพื่อนก็ เพื่อนก็อีกแนวหนึ่งอะ หนูก็ลองคิดใหม่ คิดใหม่ไปแบบนั้นอะ ถ้าแบบไม่เข้าใจจริงๆ ก็ถามครู”

“...ถ้าสิ่งที่คิดไว้ไม่เป็นอย่างที่คิด ก็ปรับความคิดและมันต้องรี
ใหม่ เพราะมันคนละทางกันกับที่ตั้งไว้ถ้าเมื่อได้เทียบกับทฤษฎี
มันเป็น”

(นักเรียนหญิง A4, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...เออหนูชอบจดในสมุดอะ มันจะเป็นแบบเหมือนคำพูดตัวเอง
ของตัวเองเข้าใจง่ายดี แล้วมันก็ตรงตามหลักที่หนังสือก็มี ครู
อิมก็พูดไว้ หนูเลยเข้าใจ”

(นักเรียนหญิง A3, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...ถ้าสรุปคำตอบผิดต้องดูว่ามันผิดยังไง ก็เปรียบเทียบตรงไหน
มันผิดก็ดู แล้วทำความเข้าใจใหม่”

(นักเรียนหญิง A1, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง

พฤติกรรมการเรียนรู้ในชั้นตอนนี้ นักเรียนเกิดความลังเลในการสรุปคำตอบของ
ตนเอง ไม่มั่นใจในคำตอบที่ตนเองได้สรุป นักเรียนเกิดการเปรียบเทียบคำตอบจากแหล่งข้อมูล
ต่าง ๆ มีการปรึกษาคำตอบกับเพื่อนใกล้เคียง เพื่อหาข้อสรุปในประเด็นนั้น ๆ และสามารถสรุป
เป็นความเข้าใจของตนเองได้

“...ถ้าเป็น ทฤษฎีบางเรื่องถ้าคิดว่าเข้าใจอยู่แล้วก็คือเขียน
ตามที่เข้าใจ”

“...สำหรับหนู หนูก็จะฟังครู แล้วก็ดูทั้งในหนังสือ แล้วเวลาคู
วาดรูปหรือยกตัวอย่างหรือพูดก็จะฟัง แล้วถ้าอันไหนที่ไม่เข้าใจ
ก็จะหันมาคุยกับเพื่อนว่ามันใช่แบบนี้ไหม เพื่อนเข้าใจ
เหมือนกันหรือเปล่า ถ้าไม่เข้าใจแล้วเพื่อนเข้าใจยังไงและถ้า
สมมติยังถามอีกคนยังไม่เข้าใจก็ถามครูว่าสรุปแล้วสิ่งที่หนู
เข้าใจคือสิ่งที่ถูกหรือเปล่า”

(นักเรียนหญิง B2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“...ก็มีคุยกับเพื่อน ก็ถามเพื่อนก่อนใช่ไหม พอเพื่อนคิดอีก
มุมหนึ่งก็เริ่มเอะเอ...หรือมันจะใช่ แล้วก็พอลองครู่ได้คำตอบแล้ว
ก็ทำความเข้าใจใหม่ว่ามันไม่ใช่ ก็ตัดของตัวเองทิ้งไปเลยจำอัน
ใหม่แทน”

(นักเรียนหญิง B4, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“...บางข้อที่ผมคิดขึ้นมาแล้ว แบบอยู่ๆครูก็อ้างอิงมาอีกอย่าง
แล้วแบบพอเราคิดแล้วมันไม่เหมือนครูก็เลยคิดว่ามันไม่ใช่ มัน
เริ่มไม่ใช่แล้ว ยังไม่ตัดทิ้งแต่ยังไม่แน่ใจก็ไปหาอ่านหนังสือเพิ่ม”

(นักเรียนชาย B1, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“...บางข้อที่หนูรู้สึกว่ามันก็เป็นไปได้เหมือนกันนะ หนูก็เก็บไว้ ก็
ถ้าตามหนังสือมันเป็นอย่างนั้น หนูก็เก็บไว้ในใจค่ะ”

(นักเรียนหญิง B2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

นักเรียนมีการเปรียบเทียบสรุปคำตอบเป็นของตนเองโดยการยกตัวอย่าง อ้างอิงจาก
ทฤษฎี มีลำดับการคิดเพื่อที่ทำให้เข้าใจเนื้อหาในการเรียนมากขึ้น และสามารถสรุปคำตอบที่ได้
เป็นของตนเองได้

“เรื่องพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสาร
เมื่อเปรียบเทียบว่าม็วกับอุ้มเป็นคนแต่มวลในตัวไม่เท่ากัน
เพราะอุ้มมีมวลมากกว่าม็ว แต่ถ้าเป็นสถานะของสารก็จะมีจาก
ของแข็ง ของเหลวและแก๊ส คือ คายความร้อนแต่ถ้าแก๊ส
ของเหลวและมาของแข็งจะเป็นการรับความร้อนแต่พอมาเป็น
ตัวอย่างก็พอเข้าใจมากขึ้น”

(นักเรียนชาย B1, แบบบันทึกการเรียนรู้ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“ m = มวลใน 1 โมเลกุล M = มวลใน 1 mol ในการทำโจทย์
แต่ละข้อต้องดูว่าโจทย์ให้อะไรบ้าง แล้วถามหาอะไร แล้วค่อย
เลือกใช้สูตร เช่น โจทย์ให้หาพลังงานจลน์เฉลี่ย แล้วโจทย์ให้ค่า
 k_B มากับอุณหภูมิ เราก็จะใช้สูตร $\overline{\square\square} = \frac{3}{2} \square\square$ แล้ว
เวลาทำโจทย์ทำจากบวก ลบ คูณแล้วค่อยหาร”

(นักเรียนหญิง B4, แบบบันทึกการเรียนรู้ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“...มันเหมือนประสบการณ์จริง แบบบางอย่างที่เราเคยเห็น
บางอย่างที่เราเคยทำเอี่ยมันก็เป็นอย่างนั้นนะแต่ทำไมทฤษฎี
มันถึงเป็นแบบนี้ มันก็มีอะ ทำให้เราต้องหาคำตอบให้ได้”

(นักเรียนหญิง B2 บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง

พฤติกรรมในการเรียนรู้ในขั้นนี้ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากการจำภาพและเสียงได้ดี
หรือแม้กระทั่งสมมติสถานการณ์ สาธิตให้ดู แต่ไม่สามารถนำไปสู่การสรุปแนวความคิดที่เป็นของ
ตนเองออกมาได้

“...หนูจำภาพเอา หนูถึงจะเข้าใจมากขึ้นแล้วก็จะจำได้ง่าย
ด้วย”

(นักเรียนหญิง C2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง)

“...ต้องดูแบบครูสาธิตอะไร ทดลองอะไรให้ดูถึงจะแบบเข้าใจ
ง่าย จากที่ครูพูดทฤษฎีมายังไม่เข้าใจแต่ถ้าครูสาธิตปุ๊บก็เข้าใจ
ขึ้นมา”

(นักเรียนหญิง C1, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง)

“...ต้องให้ครูสาธิตก่อนของผมน่ะแบบนี้แหละครับ เพราะว่า
ตัวหนังสือมันดูแล้วงงๆครับ แบบนี้ถึงจะเข้าใจ”

(นักเรียนชาย C3, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง)

จากการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ได้ทำการสร้างและสรุปหาคำตอบ
ของตนเองโดยการอ้างอิงจากทฤษฎี อ่านหนังสือเพิ่มเติมหรือแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ สอบถามเพื่อน
ครู แม้กระทั่งสร้างสมมติฐานจินตนาการคำตอบตามประสบการณ์ที่เคยได้รับ ลองผิดลองถูก

พยายามแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นเพื่อให้ได้ข้อสรุป เพื่อที่จะได้ไปแก้โจทย์ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนเกิดการเรียนรู้ที่ได้จากการจดจำภาพและเสียง เพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี แต่ไม่สามารถสรุปนำไปสู่การสรุปแนวความคิดที่เป็นของตนเองได้

กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง (Active Experimentation) ผู้เรียนนำความคิดรวบยอดที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ผู้สอนอาจช่วยสร้างสถานการณ์หรือกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ฝึกการนำความรู้ความเข้าใจนำสิ่งที่ได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อดูผล ซึ่งผลจากการทดลองจริงนั้น อาจนำไปสู่ประสบการณ์ใหม่ ๆ และเกิดกระบวนการเรียนรู้หมุนเวียนเป็นวัฏจักรกันอย่างต่อเนื่อง

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับดี

พฤติกรรมในการเรียนรู้ขั้นนี้ นักเรียนเรียนรู้ได้ดีจากการทดลองปฏิบัติจริง การทำการทดลอง การเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอนก่อน – หลัง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีมากขึ้น แต่นักเรียนจะมีความกังวลในการตอบคำถาม เพราะกลัวว่าจะเกิดข้อผิดพลาดในงานที่ตนเองได้รับ

“...ต้องทดลอง ถึงจะทำให้รู้ว่ามันคือความจริง”

บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“...ส่วนมากเวลาคิดก็ไม่ค่อยตรงหรอก เราคิดไม่ได้เอง เราคิดไม่ได้ กลัวคิดแล้วมันผิด”

(นักเรียนหญิง A2, **บทสัมภาษณ์ :** กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

“จริงๆ เรื่องที่เรียนมันก็เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันนะ แต่เหมือนถ้าแบบว่าเรา เรามีหลักการแบบเหมือนเราเรียนรู้แล้วเรามีหลักการเป็นของตัวเอง เหมือนพอทำความเข้าใจกับสิ่งนี้เนี่ย มันดูเหมือน เราก็เหมือนคนๆ หนึ่งที่มีความรู้มากๆ และเอาไปเวลาเจอสิ่งของที่มีมันพังเจ็ย มันก็ดูเหมือนเรา รู้จุดว่า มันน่าจะเกิดจากตรงไหน เหมือนถ้าเรามีความรู้มากพอแล้วเหมือนเอาเอาความรู้ในสิ่งที่เรียนมา มันก็สามารถซ่อมสิ่งนั้นได้ รู้สึกว่าเราต้อง ทั้งรู้หลักการความเป็นจริงแล้วก็หลักการในความคิดของเราแล้วก็เอามาปรับใช้กับสิ่งของนั้นมันก็จะ...ได้”

(นักเรียนหญิง A3, **บทสัมภาษณ์ :** กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี)

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง

พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ เป็นการทดลองปฏิบัติจริง การแก้โจทย์ปัญหา เมื่อนักเรียนต้องทำการแก้โจทย์ปัญหาตามสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ได้รับ ฝึกลำดับความคิดและต้องหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง เมื่อทำตามขั้นตอนตามสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้ทำให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้

“...ก็ของหนูหนูอ่านโจทย์ก่อนแล้วหนูก็ดูว่าเป็นเรื่องไหนที่เรียนมา แล้วในโจทย์มีอะไรบ้าง ต้องคิดวิธีทำแบบไหนเพราะว่า แต่ละข้อมีวิธีคิดที่ไม่เหมือนกัน แล้วหนูก็จะไปดูตัวอย่างว่าใกล้เคียงกันไหม พอรู้ว่าข้ออันนี้คือต้องคิดเป็นแบบนี้ ลำดับขั้นตอนเป็นแบบนี้หนู ก็ จะมาทำก็ค่อยๆ คำนวณไปค่ะ ถ้าคำนวณไม่ได้ก็อาจจะถามเพื่อนว่าข้อนี้คิดได้ไหม คิดได้แล้วคิดได้เท่าไรแล้วเราก็มาเขียนตาม ว่าเราคิดได้เท่านั้นไหม ถ้าไม่ได้ก็รอเฉลย”

“...แต่ถ้าไม่ถูกเข้าใจผิดก็ถ้าเป็นแบบจริงๆ ที่ทำก็จะเอาปากกาแดงมาเขียนว่าไม่ใช่จะเขียนอธิบายว่าเธอแบบจริงๆ ต้องคิดอย่างนี้คิดอันนี้บวกอันนี้แล้วเราถึงจะได้แบบนี้เพราะว่าแบบอันนี้นั้นถ่ายทอดมาให้อันนี้นะถึงเป็นแบบนี้ไม่ใช่สิ่งที่เราเข้าใจตอนแรก”

(นักเรียนหญิง B2, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“...อ่านโจทย์ก็เทียบตัวอย่าง ตัวอย่างที่มันคล้ายๆ แล้วก็ดูว่าตามบรรทัดเขาทำถึงอันไหนก่อน แล้วก็ค่อยลงทำเอง ถ้ามันทำได้แล้วได้คำตอบก็จะนั่งรอแล้วหันๆ ไปถามเพื่อน อย่างมัน มีนกง่วงจะคิดได้ พอหันไปถามป๊อป คำตอบไม่ตรงก็จะหันไปหาแก้ว แล้วคิดได้เท่าไร พอแก้ว คิดได้เหมือนหนูก็จะไปคุยกับมันว่าอันนี้นั้นใช่หรือป่าว หนูอาจจะคิดถูก”

(นักเรียนหญิง B4, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

“ได้เรียนรู้เรื่องแก๊สในอุดมคติ ได้รู้วิธีการวิเคราะห์โจทย์ว่าโจทย์ให้อะไรมา โจทย์ให้หาอะไร ได้ฝึกคิดมือมากขึ้นทำให้คิดเองได้ในเวลาสอบ”

(นักเรียนชาย B1, แบบบันทึกการเรียนรู้ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง)

กรณีศึกษานักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง

พฤติกรรมในการเรียนรู้ขั้นนี้ นักเรียนพยายามแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ได้รับ พยายามเรียนรู้ เพื่อที่จำทำให้ตนเองเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น

“...ต้องกลับไปทบทวนก่อนแล้วถึงค่อยจะสรุปหาคำตอบของตัวเอง แต่ก็คือไม่สามารถเขียนได้เลย ต้องกลับไปทบทวนก่อนถึงจะเขียน แต่สุดท้ายก็ไม่ได้”

(นักเรียนหญิง C1, บทสัมภาษณ์ : กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการทดลองปฏิบัติจริง จากทฤษฎี และสิ่งที่เห็นได้ในชีวิตประจำวัน ข้อสรุปที่นักเรียนสรุปได้เป็นความเข้าใจของตนเอง พยายามแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง และเทียบเคียงคำตอบของตนเองและเพื่อนเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่คำตอบไม่ตรงกัน นักเรียนก็จะร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้องชัดเจนและสามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ ที่ต่างออกไปจากเดิมได้อีก

แต่นักเรียนบางส่วนไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสรุปได้ด้วยตนเอง นักเรียนต้องอาศัยการระดมความคิด ปรีक्षाเพื่อนและไม่สามารถสรุปเป็นความคิดของตนเองได้ แต่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากการมีต้นแบบ

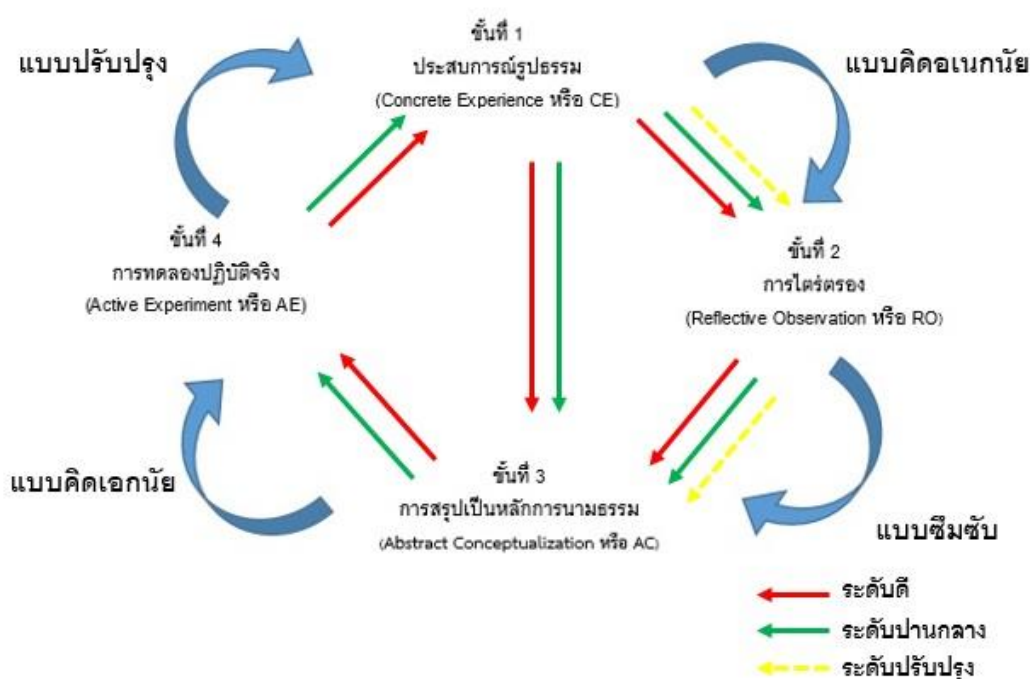
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป พบว่า นักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนดีและปานกลาง เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ในขั้นแรกการให้ประสบการณ์รูปธรรม ซึ่งเป็นขั้นที่ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วมและรับรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ นักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มเรียนดีมีการแสดงออกถึงการรับรู้ การมองภาพรวม สามารถเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับผสมผสานกันเพื่อเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนได้ดี ส่วนนักเรียนกลุ่มเรียนปานกลางนั้นสามารถรับรู้จากตัวอย่างและการประสบการณ์ที่ได้รับเทียบเคียงกับสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวของตนเองได้ดี สามารถจินตนาการคำตอบในสิ่งที่เรียนรู้ผ่านมาแล้วได้ จนเกิดเป็นการเรียนรู้ที่ดีของแต่ละบุคคล ในขณะที่นักเรียนกลุ่มอ่อนมีลักษณะการเรียนรู้ได้จากการจดจำภาพและเสียง และการยกตัวอย่างที่ใกล้ตัวเพื่อเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของตนเอง จากลักษณะการเรียนรู้ที่แสดงออกนี้ กล่าวได้ว่า นักเรียนเกิดลีลาการเรียนรู้แบบคิดนอกเนกนัยคือ มีความสามารถในการจินตนาการและรับรู้ถึง

ความหมายและคุณค่า นำไปสู่ในขั้นการไตร่ตรอง เป็นขั้นที่ผู้เรียนมุ่งที่จะทำความเข้าใจความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับโดยการสังเกต ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ในขั้นนี้นักเรียนกลุ่มเรียนดีและกลุ่มเรียนปานกลางแสดงลักษณะความสามารถในไตร่ตรองพิจารณาหาคำตอบ จากการตั้งคำถามกระตุ้นความคิด เพื่อคัดเลือกข้อมูลที่ตนเองได้รับมาเพียงพอที่จะสามารถสรุปเป็นความรู้ของตนเอง แต่ในขั้นนี้มีนักเรียนบางส่วนสามารถสรุปประสบการณ์ที่ตนเองได้รับและเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีสรุปเป็นหลักการของตนเองได้และนักเรียนกลุ่มปรับปรุงมีลักษณะของการคิดในขั้นนี้ใช้เวลานาน อาจจะเนื่องจากการขาดประสบการณ์ในการเชื่อมโยงความรู้และพิจารณาคำตอบเพื่อคัดเลือกข้อมูลจริงมาสรุปเป็นความคิดรวบยอดของตนเอง นักเรียนในกลุ่มนี้ต้องอาศัยการระดมความคิด ปรีกษาครูและเพื่อน และลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนในขั้นนี้ กล่าวได้ว่านักเรียนเกิดลีลาการเรียนรู้แบบซึมซับ ที่มีความสามารถในการสรุปหลักการหรือกฎเกณฑ์ได้แต่ไม่ชอบลงมือปฏิบัติและไม่คำนึงถึงการนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้

ขั้นต่อมาขั้นการสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนใช้เหตุผลและใช้ความคิดในการสรุปรวบยอดเป็นหลักการต่าง ๆ ในขั้นนี้นักเรียนกลุ่มเรียนดีและปานกลาง นักเรียนเรียนรู้ได้ดีจากการที่สัมผัสและการยกตัวอย่าง สังเกตประสบการณ์ใหม่ จนสามารถเกิดการเรียนรู้ที่ดีในแนวทางของแต่ละบุคคลพยายามเรียนรู้ในสิ่งใหม่ ๆ เชื่อมโยงกับความรู้เดิมและจากการรวบรวมหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาบูรณาการเติมเต็มช่องว่างของการเรียนรู้ทำให้เกิดการเรียนรู้และได้คำตอบจากการเรียนรู้ นั้น ๆ โดยการสร้างและสรุปหาคำตอบของตนเองมาจากการอ้างอิงทฤษฎี อ่านหนังสือเพิ่มเติมหรือแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ สอบถามเพื่อน ครู แม้กระทั่งสร้างสมมติฐานจินตนาการคำตอบตามประสบการณ์ที่เคยได้รับ ลองผิดลองถูกพยายามแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งลักษณะการเรียนรู้ในขั้นนี้ กล่าวได้ว่า นักเรียนกลุ่มนี้เกิดลีลาการเรียนรู้แบบคิดเอกลั คือ สามารถสรุปวิธีที่ถูกต้องที่จะสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ในขณะที่เดียวกันนักเรียนกลุ่มปรับปรุง ไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสรุปได้ด้วยตนเองแต่สามารถเรียนรู้ได้จากการมีต้นแบบ และขั้นสุดท้ายขั้นการทดลองปฏิบัติจริง เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเอาความเข้าใจที่สรุปได้จากขั้นสรุปไปทดลองปฏิบัติจริงเพื่อทดสอบว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งนักเรียนในกลุ่มเรียนดีและปานกลางเกิดการเรียนรู้จากการทดลองปฏิบัติจริงจากทฤษฎี และสิ่งที่เห็นได้ในชีวิตประจำวัน ข้อสรุปที่นักเรียนสรุปได้เป็นความเข้าใจของตนเองพยายามแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง และเทียบเคียงคำตอบของตนเองและเพื่อนเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่คำตอบไม่ตรงกัน นักเรียนก็จะรวมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้องชัดเจนและสามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ ที่ต่างออกไปจากเดิมได้อีกเพื่อให้ได้ข้อสรุปเพื่อที่จะได้ไปแก้โจทย์ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งลักษณะการเรียนรู้

กล่าวได้ว่า นักเรียนเกิดลีลาการเรียนรู้แบบปรับปรุงคือ ชอบลงมือปฏิบัติและจะทำงานได้ดีในสถานการณ์ที่ต้องใช้การปรับตัว มีแนวโน้มที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยวิธีการที่ตนเองนึกคิดขึ้นเอง แต่นักเรียนในกลุ่มปรับปรุงแสดงลักษณะของการเรียนรู้ที่ได้จากการจดจำภาพและเสียง ไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสรุปได้ด้วยตนเอง ต้องอาศัยการระดมความคิดจากเพื่อน แต่ไม่สามารถสรุปนำไปสู่การสรุปแนวความคิดที่เป็นของตนเองได้

ดังนั้น เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม นักเรียนจะเรียนรู้จากการสังเกตและการไตร่ตรอง ซึ่งประสบการณ์นั้นจะสร้างความคิดรวบยอดให้แก่ นักเรียน แล้วนักเรียนสามารถนำมาปรับใช้หรือทดลองใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ อันก่อให้เกิดประสบการณ์ใหม่และเริ่มการเรียนรู้ตามวัฏจักรในรอบใหม่ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

ความมุ่งหมายของการวิจัย คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป 2) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนวัดพุทธบูชา จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการเลือกห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ทั้ง 3 ห้องเรียน โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) มา 1 ห้องเรียนคือกลุ่มแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โดยมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 44 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 19 คน และนักเรียนหญิง 25 คน กลุ่มตัวอย่างนี้ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และสามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ เก่ง ปานกลาง และต้องปรับปรุง จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องของไหล จำนวน 13 คน เพื่อเป็นนักเรียนเป้าหมายในการสังเกต สัมภาษณ์และเก็บข้อมูลระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนั้น ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.241 – 0.793 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.214 – 0.571 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.880 แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.414 – 0.585 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.429 – 0.683 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.610 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ แบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log) และแบบสัมภาษณ์

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยการ นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊สและแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ไปทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นทำการจัดการเรียนรู้ให้กับ นักเรียนกลุ่มนี้เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 คาบ คาบละ 55 นาที และเมื่อทำการจัดการเรียนรู้ครบ เวลาดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่องความร้อนและทฤษฎี จลน์ของแก๊สและแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อวัดผลหลังจากการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการ วิเคราะห์เนื้อหา และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม Hotelling's T^2

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการ เรียนรู้ของคอร์ด พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 คะแนน ส่วนคะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.20 คะแนน เช่นเดียวกับคะแนนความสามารถในการคิด แก้ปัญหของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักร การเรียนรู้ของคอร์ดก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 คะแนน ส่วนคะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 8.68 คะแนน

2. การเปลี่ยนแปลงลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ด เมื่อพิจารณา แต่ละชั้นของนักเรียนทั้ง 3 กรณีศึกษา คือ นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดี ปานกลางและปรับปรุง พบว่า

1) ลีลาการเรียนรู้แบบบอกเนกนัยของนักเรียนทั้ง 3 กรณีศึกษา มีลีลาการเรียนรู้ที่ คล้ายคลึงกัน เรียนรู้ได้ดีจากการสังเกต ใช้ประสบการณ์และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อการเรียนรู้ที่ ดีขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่จะใช้จินตนาการและการมองภาพในสิ่งที่ใกล้ตัวของตนเองให้มากที่สุด เพื่อที่จะเรียนรู้เข้าใจในบทเรียนได้ และสามารถจินตนาการคำตอบในสิ่งที่เรียนรู้ผ่านมาแล้วได้ดี จนเกิดเป็นการเรียนรู้ที่ดีของแต่ละบุคคล

2) ลีลาการเรียนรู้แบบซึมซับของนักเรียนทั้ง 3 กรณีศึกษา เรียนรู้ได้ดีจากการรวบรวมข้อมูล การคิดไตร่ตรองหาเหตุผลประกอบและใช้ประสบการณ์ร่วมด้วยในการสรุป นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการนำสิ่งที่อยู่รอบตัว พบเห็นได้ในชีวิตประจำวันมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ และจากการรวบรวมหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาบูรณาการเติมเต็มช่องว่างของการเรียนรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ใหม่

3) ลีลาการเรียนรู้แบบเอกนัย กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดีและปานกลาง นักเรียนได้ทำการสร้างและสรุปหาคำตอบของตนเองโดยวิธีการสอบถามเพื่อน ครู และอ่านหนังสือเพิ่มเติม หรือแม้กระทั่งสร้างจินตนาการตามประสบการณ์ที่เคยได้รับเพื่อให้ได้ข้อสรุป ทฤษฎีและนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปแก้โจทย์ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ขณะเดียวกันนักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการยกตัวอย่าง สาธิต จากนั้นจึงเปลี่ยนข้อมูลเป็นภาพและเสียง เพื่อที่จะสามารถเข้าใจในบทเรียนได้ ซึ่งไม่เป็นไปตามลีลาการเรียนรู้

4) ลีลาการเรียนรู้แบบปรับปรุง กลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับดีและปานกลาง นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการทดลองปฏิบัติจริงและอ้างอิงจากทฤษฎี และสิ่งที่เห็นได้ในชีวิตประจำวัน และสามารถนำหลักการที่เกิดขึ้นไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ตนเอง และเทียบเคียงคำตอบของตนเองและเพื่อนเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่คำตอบไม่ตรงกัน นักเรียนก็จะรวมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้องชัดเจนและสามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์อื่นๆ ที่ต่างออกไปจากเดิมได้อีก ในขณะที่นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปรับปรุง นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสรุปได้ด้วยตนเอง นักเรียนต้องอาศัยการระดมความคิดปรึกษาเพื่อนและไม่สามารถสรุปเป็นความคิดของตนเองได้ แต่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากการมีต้นแบบ ซึ่งไม่เป็นไปตามลีลาการเรียนรู้

อภิปรายผล

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป เป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์มาเชื่อมโยงกัน ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป 4 ขั้นตอน ได้แก่ การให้ประสบการณ์รูปรธรรม การไตร่ตรอง การสรุป และการทดลองปฏิบัติจริง เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความถนัดของนักเรียนแต่

ละคน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ มีการฝึกทักษะการคิด และออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นการสร้างประสบการณ์ให้กับนักเรียนโดยตรง ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ แล้วนำองค์ความรู้ที่ได้ไปเป็นพื้นฐานในการจินตนาการคำตอบ และประยุกต์ใช้ในแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปยังส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีความสุขบนพื้นฐาน ความแตกต่างระหว่างบุคคลและยังให้ได้เรียนรู้และฝึกการเรียนรู้ในแบบที่ตนเองไม่ถนัด เปิดโอกาสให้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ในทุกด้านอย่างเหมาะสม สามารถกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความคิดและตระหนักถึงการเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชา สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้มาจัดระเบียบและสร้างเป็นความรู้ใหม่ของตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของอาทิตยา พูนเรือง (2559) ที่ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งกล่าวไว้ในทำนองเดียวกับพลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558) ที่ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของซาฮิน (Sahin A, 2015) พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู่มากขึ้นเมื่อใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นวิเคราะห์ปัญหา ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา และขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนฝึกการคิดในการแก้ปัญหาโดยใช้การบูรณาการสาขาวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เกิดเป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหา โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ซึ่งสอดคล้องกับกรณีกาณ์ ทอกรักษ์ (2557) และการจัดการเรียนรู้อตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยใช้การผสมผสานศาสตร์วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เข้าด้วยกัน โดยผู้วิจัยจัดการจัดการเรียนรู้อออกเป็น 4 ขั้นตามแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ซึ่งทำให้นักเรียนได้เรียนตามบทเรียนความแตกต่างของแต่ละบุคคล ในแบบที่ตนเองถนัดมากที่สุดและยังได้ฝึกการเรียนรู้ในแบบที่ตนเองไม่ถนัด ทำให้นักเรียนได้ดึงศักยภาพของตนเองออกมา ส่งผลให้เกิดความกระตือรือร้นที่จะค้นหาความรู้ในเรื่องที่กำลังจะศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของลี (Lee C.H. & Kamisah O, 2015) ที่ศึกษาการบูรณาการชีววิทยาเข้ากับSTEM โดยนักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ ส่วนการใช้เทคโนโลยีจะช่วยให้นักเรียนได้ข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติมตามความต้องการ และคณิตศาสตร์ใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล การนำความรู้มาบูรณาการร่วมกันจึงจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ปที่ให้นักเรียนฝึกฝนผ่านกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผสมผสานศาสตร์วิชาการด้านต่าง ๆ เข้าด้วยกันจะเป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ผู้วิจัยจึงได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ซึ่งช่วยทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ฝึกให้รู้จักคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา ทักษะการหาข้อมูล ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในแบบที่ตนเองถนัดและยังได้ฝึกฝนเพิ่มเติม ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีความสุขเกิดการเรียนรู้ที่ดี นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไข ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง ซึ่งเป็นการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเองจากการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในการลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยประสบการณ์ความรู้ใหม่และประสบการณ์เดิมมาผสมผสาน และก่อให้เกิดองค์ความรู้ของตนเองเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เมื่อครูผู้สอนเลือก กิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จะทำให้นักเรียนเรียนรู้และสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปปรับใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดี จึงส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิดซึ่งสามารถช่วยนักเรียนในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น ดังนั้นครูควรใช้การจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่ใช้สอน เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน จะสามารถส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น

2. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป ครูผู้สอนต้องมีการจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างอิสระ ทั้งในด้านการคิดและการปฏิบัติ คอยกระตุ้นให้นักเรียนคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อดึงศักยภาพของตนเองออกมา ทำให้เกิดความรู้หรืออรรถในการเรียนรู้ ไม่ตั้งคำถามชี้นำทางความคิดเพราะจะทำให้ไม่เกิดการพัฒนากลกระบวนการคิดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่มีผลการเรียนดีและปานกลางที่ครบขั้นตอนเป็นวัฏจักรการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป พบว่า นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดที่ดีขึ้นซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาหรือตัวแปรอื่น ๆ ดังนั้นในวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาประเด็นอื่น เช่น การคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร การร่วมมือ และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้นักเรียนได้รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีอิทธิพลต่อการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก

บรรณานุกรม

- California public education. (2014). *INNOVATE a blue print for science Technology engineering and Mathematics*: California Public Education
- Creswell John W., & Zhang Wanqing. (2009). The application of mixed methods designs to trauma research. *Journal of Traumatic Stress*, 22(6), 612-621.
doi:10.1002/jts.20479
- David A Kolb. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development *Englewood Cliffs*, 1.
- Dewey John. (2008). *Moral Principles in Education*.
- Dugger, & William E. (2010). Evolution of STEM in the United State. 1-3.
- Kolb D. A, & Fry R. E. (1974). Toward an applied theory of experiential learning. *MIT Alfred P.*
- Lee C.H., & Kamisah O. (2015). An interdisciplinary approach for biology, technology, engineering and mathematics (BTEM) to enhance 21st century skills in Malaysia. *K-12 STEM education*, 1(3), 137-147.
- Marle, & Peter D. (2014). CSI-Chocolate Science Investigation and the case of the recipe Rip-Off: Using an Extended Problem-Based Scenario to Enhance High School Students' Science Engagement. (91), 345-350.
- National research council of the national academies. In (pp. 4-5).
- Sahin A. (2013). STEM Clubs and Science Fair Competitions: Effects on Post– Secondary Matriculation. *Journal of STEM Education*, 14(1), 5-11.
- Sahin A. (2015). STEM students on the stage (SOS): Promoting student voice and choice in STEM education through an interdisciplinary, standards – focused, project based learning approach. *STEM education*, 16(3), 24-33.
- Scott Catherine. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High Schools in the U.S. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(5), 30-39.
- Soden R. (1994). *Teaching problem solving in vocational education*. London: Routledge.

Weir J. J. (1974). Problem solving is everybody's problem. *Science teacher*, 4, 16-18.

- กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงาน
ทดแทนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอน
ปลาย. ปรินทิพ (กศ.ม. (เคมี)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.,
- กมลฉัตร กล่อมอ้อม. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ด้วยการ
ช่วยเสริมศักยภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาสำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 16, ฉบับที่ 2
(เม.ย.-มิ.ย. 2557), หน้า 129-139.
- กมลฉัตร กล่อมอ้อม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษาวิชาชีพ
ครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 18, ฉบับที่ 4 (ต.ค.-ธ.ค. 2559), หน้า
334-348.
- กรมวิชาการ. (2545). In (pp. 1).
- กรรณิการ์ ทองรักษ. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถใน
การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 16, ฉบับที่
4 (ต.ค.-ธ.ค. 2557), หน้า 1-9.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). In (pp. 1).
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). In (pp. 2).
- เกศสุดา รัชฎาวิชิตกุล. (2547). การพัฒนาการเรียนการสอนที่สนองต่อรูปแบบการเรียน
ภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (วิทยานิพนธ์
ศึกษาศาสตร์ดุสิตบัณฑิตสาขาหลักสูตรและการสอน), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
- ขุนทอง คล้ายทอง. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถใน
การคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น.
- คงขวัญ ทิพย์อักษร. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามลีลาของผู้เรียน เรื่อง
พื้นที่ผิวและปริมาตรที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินทิพ (กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการ
จัดการเรียนรู้)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.,

จณานิษฐ์ อาสนาชัย, อรุณศรี อึ้งประเสริฐ. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 36, ฉบับที่ 4, หน้า 33-34.

จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, & ศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Veridian e-Journal* ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ และฉบับ *International Humanities, Social Sciences and arts*.

จิราณี เมืองจันทร์. (2557). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD แบบผสมผสานเรื่องคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญา นิพนธ์), มหาวิทยาลัยนเรศวร,

จิรวรรณ สอนสวัสดิ์. (2555). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์. วารสารสิ่งแวดล้อมศึกษา-สสศท ปีที่ 3, ฉบับที่ 5 (ม.ค.-มิ.ย. 2555), หน้า 40-47.

จิรศักดิ์ ใจดี. (2561). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเป็นพลเมืองต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนตามแนวการจัดการเรียนรู้ด้วยการรับใช้สังคม. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 20, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มี.ค. 2561), หน้า 25-37.

ชุตินันท์ พุ่มกลิ่น. (2546). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 : กรณีศึกษา โรงเรียนชลประทานวิทยา จังหวัดชลบุรี. In: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ทวีป แซ่ฉิน. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี *Constructionism* เพื่อพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม *App Inventor* สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยนเรศวร,

ทัชยา อุดมรักษ์. (2557). ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์ ปีที่ 9, ฉบับที่ 26

(พ.ศ.-ส.ศ. 2557), หน้า 139-152.

ทศนา แหมมณี. (2551). ลีลาการเรียนรู้-ลีลาการสอน = *Learning-teaching styles* (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). การพัฒนาการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 4, ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม.. ed.).

กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.

ประวิตร ชูศิลป์. (2524). หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ กรมการฝึกหัดครู.

ประสาธน์ เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.).

กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปริวิต สิงหาเวช. (2548). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยโครงการวิทยาศาสตร์. สารนิพนธ์ (กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)) --มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.,

ผจญจิต อินทสุวรรณ. (2545). การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร = *Multivariate analysis of variance (MANOVA)*: กรุงเทพฯ : พ.ศ. พัฒนา.

พรทิพย์ ปริยวาที, & วิชัย นภาพงศ์. (2557). ผลของการใช้บทเรียน Augmented Reality Code เรื่องคำศัพท์ภาษาจีนพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล ๒ วัดตานีนรสโมสร. 27(1). doi:10.14456/asj-psu.2016.2

พรทิพย์ ศิริวัทราชัย. (2556). STEM Education and 21st Century Skills Development. วารสารนักบริหาร.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ วารสารศึกษาศาสตร์(ฉบับพิเศษ), 401-418.

เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล : โปรตีนและลิพิดเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินิพนธ์ (กศ.ม. (เคมี)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.,

รัตนะ บัวสนธ์. (2556). วิธีการเชิงผสมผสานสำหรับการวิจัยและประเมิน (พิมพ์ครั้งที่ 2, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ลักษณ์ สรวิวัฒน์. (2557). จิตวิทยาสำหรับครู = *Psychology for teachers* (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ *STEM Education* (สะเต็มศึกษา) (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วารุณี หนองห้าง. (2553). ทักษะการคิดพื้นฐานวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองห้างพิทยา จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน เพื่อให้เกิดมโนคติของบรูเนอร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น,
- วิชชุตา อ้วนศรีเมือง. (2555). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิค STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT. วารสารสิ่งแวดล้อม - สสศท, 2555(6), 212-220.
- วินุรักษ์ สุขสำราญ. (2553). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT. สารนิพนธ์ (กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2553.,
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม = *Classical test theory* (พิมพ์ครั้งที่ 7, [ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม]. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเพ็ญ ไหมวัด. (2551). การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาปีที่ 6. In: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศูนย์นวัตกรรมนโยบาย. (2557). การจัดการเรียนการสอนในแนว *Project-based Learning* สำหรับโรงเรียนเทคโนโลยีฐานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2559). คู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็ม กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). In.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). เอกสารการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะ

- เต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). In (pp. 6).
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). In (pp. 1).
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). In (pp. ก).
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564)
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. สสวท. ปีที่ 42, ฉบับที่ 185 (พ.ย.-ธ.ค. 2556), หน้า 10-13.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2558). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. สสวท ปีที่ 43, ฉบับที่ 192 (ม.ค.-ก.พ. 2558), หน้า 14-17.
- สุมาลี ชัยเจริญ. (2557). การออกแบบการสอน : หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ = *Instructional design : principles and theories to practices*. ขอนแก่น: ขอนแก่น : สาขาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุวิมล ตีรกานันท์. (2557). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์ : แนวทางสู่การปฏิบัติ (พิมพ์ครั้งที่ 12, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- เสาวภา วิชาดี. (2554). รูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนในมุมมองของทฤษฎีการเรียนรู้แบบประสบการณ์. นักบริหาร ปีที่ 31, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มี.ค. 2554), หน้า 175-180.
- อัครา เิบสุขสิริ. (2556). จิตวิทยาสำหรับครู (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.). กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อาทิตยา พูนเรือง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. ปริญญา นิพนธ์ (กศ.ม. (ชีววิทยา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.,





รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ

รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์แก้ว อุดมสมุทรหิรัญ	อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร. วิชุดา บุญรัตกลิน	อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
นายสรรพพร กลิ่นทอง	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสิริรัตนาร
นางชัชมน เต็มพรชัย	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดพุทธบูชา
นางสาววรรณนา อัสสะกระวิน	ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดพุทธบูชา



ตาราง 8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence : IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

ข้อ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	-1	0.60	ใช้ได้
2	0	1	1	1	0	0.60	ใช้ได้
3	-1	1	1	1	1	0.60	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
6	1	1	0	1	0	0.60	ใช้ได้
7	0	1	1	1	1	0.80	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
10	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
11	1	1	-1	1	1	0.60	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
13	-1	1	1	1	1	0.60	ใช้ได้
14	0	1	1	1	1	0.80	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
17	0	1	0	1	1	0.60	ใช้ได้
18	1	-1	1	1	1	0.60	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
21	1	1	1	-1	1	0.60	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
23	1	0	1	1	1	0.80	ใช้ได้
24	1	-1	1	1	1	0.60	ใช้ได้

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
25	1	1	1	0	1	0.80	ใช้ได้
26	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
27	-1	1	1	1	1	0.60	ใช้ได้
28	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
29	1	1	1	1		1	ใช้ได้
30	1	1	1	1		1	ใช้ได้

ตาราง 9 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
ฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

ข้อ	p	ผลการวิเคราะห์	r	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
1	0.137	ยากมาก	0.071	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
2	0.620	ค่อนข้างง่าย	0.428	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
3	0.241	ค่อนข้างยาก	0.071	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
4	0.586	ยากปานกลาง	0.286	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
5	0.793	ค่อนข้างง่าย	0.357	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
6	0.655	ค่อนข้างง่าย	0.357	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
7	0.379	ยากปานกลาง	-0.214	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
8	0.517	ยากปานกลาง	0.285	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
9	0.413	ยากปานกลาง	0.500	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
10	0.483	ยากปานกลาง	0.285	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
11	0.586	ยากปานกลาง	0.285	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
12	0.137	ยากมาก	-0.143	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
13	0.448	ยากปานกลาง	0.214	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
14	0.586	ยากปานกลาง	0.571	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อ	p	ผลการวิเคราะห์	r	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
15	0.241	ค่อนข้างยาก	0.285	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
16	0.138	ยากมาก	0.142	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
17	0.413	ยากปานกลาง	0.500	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
18	0.379	ยากปานกลาง	0.571	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
19	0.379	ยากปานกลาง	0.500	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
20	0.068	ยากมาก	0.143	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
21	0.103	ยากมาก	0.071	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
22	0.586	ค่อนข้างง่าย	0.428	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
23	0.069	ยากมาก	-0.143	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
24	0.310	ยากปานกลาง	0.500	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
25	0.172	ยากมาก	0.071	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง
26	0.310	ยากปานกลาง	0.357	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
27	0.379	ยากปานกลาง	0.215	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
28	0.345	ยากปานกลาง	0.357	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
29	0.483	ยากปานกลาง	0.214	จำแนกได้พอใช้	คัดเลือก
30	0.379	ยากปานกลาง	-0.214	จำแนกได้ต่ำ	ตัดทิ้ง

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่คัดเลือกไว้มีทั้งหมด 20 ข้อ มีความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.241 – 0.793 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) 0.214 – 0.571 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด (KR-20) เท่ากับ 0.880

ตาราง 10 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence : IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
2	1	1	1	0	0	0.60	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
4	1	1	1	1	0	0.80	ใช้ได้

ตาราง 11 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	p	ผลการวิเคราะห์	r	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
1	0.414	ยากปานกลาง	0.572	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
2	0.586	ยากปานกลาง	0.572	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
3	0.414	ยากปานกลาง	0.643	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก
4	0.568	ยากปานกลาง	0.429	จำแนกได้ค่อนข้างมาก	คัดเลือก

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่คัดเลือกไว้มีทั้งหมด 4 ข้อ มีความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.414 – 0.586 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.429 – 0.643 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด (Coefficient - α) เท่ากับ 0.610

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

เรื่อง ความร้อน

รายวิชาฟิสิกส์ 3 (ว30209)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จำนวน 2 คาบ

มาตรฐาน ว. 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระสำคัญ

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งสามารถถ่ายโอนจากแหล่งที่อุณหภูมิสูงไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ พลังงานความร้อนอาจเปลี่ยนมาจากพลังงานรูปอื่น และในทางกลับกันพลังงานความร้อนสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้

สาระการเรียนรู้

ความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งอาจเปลี่ยนมาจากพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกล หรือพลังงานแสง ฯลฯ และพลังงานความร้อนก็สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ ในระบบเอสไอ (SI) พลังงานความร้อนมีหน่วยเป็นจูล เช่นเดียวกับหน่วยของพลังงานกล แต่บางคนนิยมบอกพลังงานความร้อนเป็นหน่วยอื่นๆ อีก เช่น แคลอรี และบีทียู เป็นต้น

อุณหภูมิ

นักวิทยาศาสตร์กำหนดว่า อุณหภูมิที่แปรผันโดยตรงกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส การที่จะบอกว่าวัตถุร้อนมากหรือน้อยเพียงไร เราสามารถบอกได้ด้วยอุณหภูมิของวัตถุนั้น ถ้าเราเอาวัตถุที่สัมผัสที่มีอุณหภูมิสูงมาสัมผัสวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ พลังงานความร้อนจะถูกถ่ายโอนจากวัตถุแรกไปยังวัตถุหลัง จนกระทั่งวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน ดังนั้น

เราจึงสามารถอธิบายสมบัติทางความร้อนของวัตถุต่างๆ เพื่อวัดอุณหภูมิได้ เช่น ใช้จุดเยือกแข็งของและจุดเดือดของน้ำบอกอุณหภูมิ หรือความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับอุณหภูมิก็สามารถใช้วัดอุณหภูมิได้ เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิมียชื่อเรียกว่า เทอร์มอมิเตอร์ เทอร์มอมิเตอร์มีหลายชนิด

เทอร์มอมิเตอร์ทำงานโดยอาศัยสมบัติของสารที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ เช่น สารขยายตัว คือ มีปริมาตรเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สารที่มีความต้านทานทางไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น สารเปลี่ยนสีเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน เราได้นำสมบัติเหล่านี้ของสารมาทำเป็นเทอร์มอมิเตอร์

ในการสร้างเทอร์โมมิเตอร์ มีการกำหนดอุณหภูมิที่ใช้เป็นมาตรฐานในการแบ่งสเกลดังนี้

1. **จุดเดือด (boiling point)** คือ จุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่ความดัน 1 บรรยากาศ จุดเดือดนี้อาจเรียกอีกอย่างว่า “จุดควบแน่น”
2. **จุดเยือกแข็ง (freezing point)** คือ จุดเยือกแข็งของน้ำบริสุทธิ์ที่ความดัน 1 บรรยากาศ จุดเยือกแข็งนี้อาจเรียกอีกอย่างว่า “จุดหลอมเหลว”

การเทียบอุณหภูมิระหว่างหน่วยของศาเซลเซียส และอุณหภูมิใดๆ เราสามารถกระทำดังนี้ **จะได้**
ว่า (อุณหภูมิที่อ่านได้ – จุดเยือกแข็ง) / (จุดเดือด – จุดเยือกแข็ง)

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{K - 273}{373 - 273} = \frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{R - 0}{80 - 0}$$

$$\boxed{\frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{R}{4}} \dots\dots\dots(1)$$

พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสาร

ในการคำนวณหาพลังงานความร้อน ที่ทำให้อุณหภูมิของสารมีการเปลี่ยนแปลง ต้องอาศัยปริมาณบางปริมาณมาเกี่ยวข้องด้วย คือ

1. **ความจุความร้อน (heat capacity)** สัญลักษณ์ที่ใช้ “C”

ความจุความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารทั้งหมดที่กำลังพิจารณาที่อุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วย เช่น กำหนดให้วัตถุมวล m เมื่อได้รับพลังงานความร้อน ΔQ พบว่ามีอุณหภูมิเปลี่ยนไป

ΔT

อุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT

ต้องใช้พลังงานความร้อน ΔQ

อุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 หน่วย

ต้องใช้พลังงานความร้อน $\frac{\Delta Q}{\Delta T}$

$$\boxed{C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}} \dots\dots\dots(2)$$

ดังนั้น **ความจุความร้อน** คือ ความร้อนที่ทำให้สารนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่งหน่วย ความจุความร้อนเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น (J / K) หรือ (cal / °C)

2. **ความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat capacity)** สัญลักษณ์ที่ใช้ “c”

ความจุความร้อนจำเพาะ คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1

หน่วย เช่น กำหนดให้วัตถุมวล m เมื่อได้รับพลังงานความร้อน ΔQ พบว่ามีอุณหภูมิเปลี่ยนไป

ΔT

วัตถุมวล m

อุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT

ต้องใช้พลังงานความร้อน ΔQ

วัตถุมวล 1 หน่วย

อุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 หน่วย

ต้องใช้พลังงานความร้อน $\frac{\Delta Q}{m\Delta T}$

$$c = \frac{1}{m} \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ดังนั้น ความจุความร้อนจำเพาะ คือ ความจุความร้อนสำหรับมวลหนึ่งหน่วย นั่นคือ

$$c = \frac{C}{m} \quad \dots\dots\dots(4)$$

สมการ (3) อาจเขียนใหม่ได้เป็น

$$\Delta Q = mc\Delta T \quad \dots\dots\dots(5)$$

ΔQ หมายถึง พลังงานความร้อนที่ถ่ายโอนออกจากสาร เมื่อสารมีอุณหภูมิลดลง ΔT ได้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ความจุความร้อนจำเพาะ คือ พลังงานความร้อนที่ทำให้มวลสารมวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งองศา ในระบบเอสไอ ความจุความร้อนจำเพาะมีหน่วยวัดเป็นจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน ($J/kg \cdot K$) ตามปกติความจุความร้อนจำเพาะของสาร “ c ” ขึ้นกับอุณหภูมิ

เมื่อสารมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มจาก T_1 เป็น T_2 ถ้าในช่วงอุณหภูมินี้ความจุความร้อนจำเพาะของสารเปลี่ยนแปลงน้อยมากจึงให้เป็นค่าคงตัว ความร้อนที่สารได้รับอาจเขียนได้เป็น

$$Q = mc\Delta T = mc(T_2 - T_1) \quad \dots\dots\dots(6)$$

เมื่อ

ΔQ คือ พลังงานความร้อน (J)

m คือ มวลของสาร (kg)

C คือ ความจุความร้อน (J / K)

c คือ ความจุความร้อนจำเพาะ ($J / kg.K$)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (K)

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) ผู้เรียนสามารถอธิบายความหมายของความร้อนได้
- 2) ผู้เรียนสามารถอธิบายความหมายของอุณหภูมิสัมบูรณ์ และบอกความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยเคลวินกับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสได้
- 3) ผู้เรียนสามารถอธิบายความหมายของความจุความร้อน ความจุความร้อนจำเพาะ และคำนวณหาค่าปริมาณทั้งสองได้

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ประสบการณ์รูปธรรม (Concrete Experiences)

- 2.1 ครูให้นักเรียนนั่งเป็นวงกลม 1 วง โดยเริ่มทำการพูดแสดงความรู้สึกก่อนการเรียนรู้ (Check in) ทั้งครูและนักเรียน
- 3.1 เมื่อ Check in เสร็จแล้ว ครูสุ่มสิ่งที่ได้ยินจากนักเรียนทุกคน เพื่อเป็นการเปิดใจพร้อมการเรียนรู้ จากนั้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนกัน
- 4.1 ครูตั้งปัญหาให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าจุดไฟที่เตาและเอามือของเราไปใกล้เตาไฟ เราจะรู้สึกร้อน ถามผู้เรียนว่าความร้อนเปลี่ยนแปลงมาจากพลังงานรูปใด และเราจะใช้อะไรในการวัดความร้อนที่เกิดขึ้น เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

ขั้นที่ 2 การไตร่ตรอง (Reflective Observation)

- 1) ผู้เรียนและผู้สอนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเปลี่ยนพลังงานต่าง ๆ ไปเป็นพลังงานความร้อน และพลังงานความร้อนก็สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ
- 2) ผู้สอนถามคำถามกระตุ้นความคิดผู้เรียนอีกครั้ง ในเรื่องของอุณหภูมินั้นคือ เราจะทราบได้อย่างไรว่าวัตถุก่อนหน้านี้ร้อนหรือเย็นเท่าไร หลังจากนั้นผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า การวัดอุณหภูมิของวัตถุต่าง ๆ นั้นจะต้องใช้เครื่องวัดเทอร์โมมิเตอร์
- 3) ครูให้นักเรียนรวมกลุ่มสืบค้นร่วมกันอภิปรายความร้อน อุณหภูมิ การถ่ายโอนพลังงาน ความร้อน อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ ชนิดของเทอร์โมมิเตอร์ การเทียบอุณหภูมิระหว่างหน่วยองศาเซลเซียส และอุณหภูมิใด ๆ และพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสารซึ่งครูเป็นคนกำหนดหัวข้อให้

ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแนวความคิดนามธรรม (Abstract Conceptualization)

- 1) นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้สืบค้นมาตามแต่ละหัวข้อหน้าชั้นเรียน ให้ครูและเพื่อนนักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้

ขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง(Active Experimentation)

- 1) ครูให้นักเรียนตกผลึกความรู้เนื้อหาที่เรียน โดยนักเรียนเป็นผู้ออกแบบแผนผังความคิด
ความรู้เอง ดังนี้

- ☐ ความร้อน คือ ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งถ่ายโอนจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูง
ไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้ พลังงานความร้อนอาจเปลี่ยนมาจากพลังงาน
รูปอื่น
- ☐ อุณหภูมิ คือ ปริมาณที่แปรผันโดยตรงกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส การที่จะ
บอกว่าวัตถุร้อนมากหรือร้อนน้อยเพียงไร เราสามารถบอกได้ด้วยอุณหภูมิของ
วัตถุนั้น อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิมี ชื่อเรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ ในการสร้างเทอร์ม
มิเตอร์ มีการกำหนดอุณหภูมิที่ใช้เป็นมาตรฐานในการแบ่งช่วงสเกล ดังนี้
 - ☐ จุดเดือด คือ จุดที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส จุดเดือดของน้ำ
บริสุทธิ์อยู่ที่
100 องศาเซลเซียส
 - ☐ จุดเยือกแข็ง คือ จุดที่เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว จุดเยือก
แข็งของน้ำบริสุทธิ์อยู่ที่ 0 องศาเซลเซียส

- 2) ชนิดของเทอร์โมมิเตอร์มีด้วยกัน 4 ชนิด

- 1) แบบเซลเซียส แบ่งสเกล 100 ช่อง จุดเยือกแข็ง 0°C จุดเดือด 100°C
- 2) แบบเคลวิน แบ่งสเกล 100 ช่อง จุดเยือกแข็ง $273.\text{K}$ จุดเดือด 373K
- 3) แบบโรเมอร์ แบ่งสเกล 180 ช่อง จุดเยือกแข็ง 0°R จุดเดือด 80°R
- 4) แบบฟาเรนไฮต์ แบ่งสเกล 80 ช่อง จุดเยือกแข็ง 32°F จุดเดือด 212°F

- 3) การเทียบอุณหภูมิจากหน่วยองศาเซลเซียส และอุณหภูมิใด ๆ ทำได้ดังนี้

$$\frac{C}{5} = \frac{K - 273}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{R}{4}$$

- 4) พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสาร

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 5
- 2) การสืบค้นข้อมูลทาง internet
- 3) สมุดแบบฝึกหัด
- 4) แบบฝึกหัดเรื่องความร้อน

การวัดและการประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือในการวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
ความรู้ ความเข้าใจใน -ความร้อน -อุณหภูมิ -การถ่ายโอนความร้อน	การสังเกต	การซักถาม	ตอบคำถามได้
ทักษะการแก้โจทย์ ปัญหา	การตรวจ แบบฝึกหัดท้ายบท ข้อที่ 1-8	แบบฝึกหัดท้ายบทข้อที่ 1-8	5 คะแนนขึ้นไป : ดี 3-4 คะแนน : ปานกลาง 0-2 คะแนน : ปรับปรุง

ภาคผนวก ง

- แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย x ข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดหมายถึงอุณหภูมิ
 - ก. ความจุความร้อนจำเพาะ
 - ข. ความร้อนแฝงจำเพาะ
 - ค. ระดับความร้อน
 - ง. ปริมาณความร้อน
 2. การถ่ายโอนพลังงานความร้อนแบบใด ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยตัวกลางจะไม่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับพลังงานความร้อน
 - A. การนำความร้อน
 - B. การพาความร้อน
 - C. การแผ่รังสีความร้อน
 - ก. ข้อ A เพียงอย่างเดียว
 - ข. ข้อ A และ ข้อ B
 - ค. ข้อ A และ ข้อ C
 - ง. ข้อ B และ ข้อ C
 3. แก๊สในถังเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 300 K เป็น 290 K อุณหภูมิของแก๊สลดลงกี่องศาเซลเซียส
 5. $273/(300 - 290)$
 6. $273 - (300 - 290)$
 7. $(300 - 290) + 273$
 8. $300 - 290$
 4. ไอน้ำมวล 1 กิโลกรัม ควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำหมด อุณหภูมิ 30 °C จะต้องใช้พลังงานความร้อนเท่าไร

$$(C_{\text{น้ำ}} = 4.2 \text{ kJ/kg.K} \quad L_{\text{น้ำ}} = 2,256 \text{ kJ/kg})$$
 - ก. 294 kJ
 - ข. 2,256 kJ
 - ค. 2,382 kJ
 - ง. 2,550 kJ
 5. ต้องการให้สารชนิดหนึ่งมวล 200 กรัม เปลี่ยนอุณหภูมิจาก 20°C เป็น 60°C จะต้องให้พลังงานความร้อนกี่จูล

$$(C_{\text{สาร}} = 450 \text{ J/kg.K})$$
 - ก. 2200 J
 - ข. 2600 J
 - ค. 3200 J
 - ง. 3600 J
 6. เมื่ออุณหภูมิของแก๊สในอุดมคติเพิ่มขึ้น โดยปริมาตรของแก๊สในภาชนะคงที่ อยากทราบว่าปริมาณต่อไปนี้ สิ่งใดที่ไม่เปลี่ยนแปลง
 - ก. จำนวนครั้งที่โมเลกุลของแก๊สชนกับผนังของภาชนะ
 - ข. โมเมนตัมเฉลี่ยของแก๊ส
 - ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊ส
 - ง. พลังงานภายในระบบของแก๊ส
 7. เมื่ออัดสูบลมในกระบอกสูบอย่างรวดเร็ว ปริมาตรแก๊สภายในกระบอกสูบลดลง
 - A. พบว่าความดันแก๊สสูงขึ้น เพราะความหนาแน่นของแก๊สเพิ่มขึ้น
 - B. จำนวนครั้งของโมเลกุลแก๊สชนผนังถี่ขึ้น เพราะพื้นที่ถูกชนน้อยลง
 - C. อุณหภูมิแก๊สสูงขึ้น

ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

 - ก. ข้อ A และข้อ B
 - ข. ข้อ B และ ข้อ C
 - ค. ข้อ A และ ข้อ C
 - ง. ข้อ A ,B และ C

8. จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งมวล 100 กรัม อุณหภูมิ 0°C กลายเป็นน้ำมวล 100 กรัม อุณหภูมิ 20°C ($C_{\text{น้ำ}} = 4.2 \text{ kJ/kg K}$, $L_{\text{น้ำแข็ง}} = 333 \text{ kJ/kg}$)

ก. 37.9 kJ ข. 41.7 kJ
ค. 75.9 kJ ง. 90.5 kJ

9. นำแท่งเหล็กมวล 1 kg อุณหภูมิ 60°C ใส่ลงในน้ำมวล 1 kg อุณหภูมิ 0°C ซึ่งอยู่ในภาชนะฉนวนปิดมิดชิด จะได้อุณหภูมิสุดท้ายเป็นเท่าใด ($C_{\text{น้ำ}} = 4180 \text{ J/kg K}$, $C_{\text{เหล็ก}} = 500 \text{ J/kg K}$)

ก. 8.4°C ข. 6.4°C
ค. 5.0°C ง. 3.0°C

10. เมื่ออุณหภูมิของแก๊สอุดมคติ แบบอะตอมเดี่ยวลดลงจากอุณหภูมิ 273 องศาเซลเซียสเป็น 0 องศาเซลเซียสแล้ว ข้อความใดถูกต้อง

- A. อัตราเร็วรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง
B. ค่าพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลแก๊สลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง
C. ค่าพลังงานภายในของแก๊สในระบบลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง

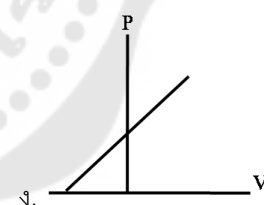
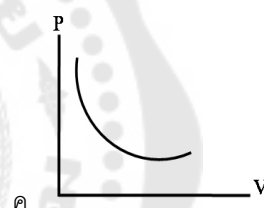
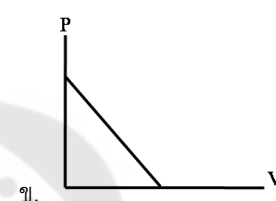
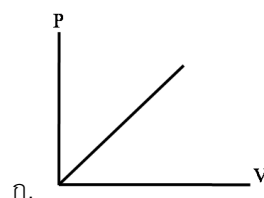
ก. ข้อ A, B และ C ข. ข้อ A และ ข้อ C

ค. ข้อ B และ ข้อ C ง. ข้อ B เท่านั้น

11. ความสัมพันธ์ของความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิสัมบูรณ์ตามกฎของแก๊สขึ้นอยู่กับปริมาณใด

ก. ความหนาแน่น ข. จำนวนโมล
ค. ความเร่งโน้มถ่วง ง. ความชื้นอากาศ

12. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับปริมาตร (V) ของแก๊สอุดมคติหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิคงตัว ข้อใดถูกต้อง



13. ออกแรงกดลูกสูบของกระบอกสูบซึ่งบรรจุแก๊สชนิดหนึ่ง ทำให้ปริมาตรของแก๊สลดลงโดยอุณหภูมิคงที่ และแก๊สไม่รั่วออกมา จงพิจารณาว่าข้อความใดถูกต้อง

- ก. ความดันเพิ่มขึ้น
ข. พลังงานภายในคงที่
ค. พลังงานภายในเพิ่มขึ้น
ง. อัตราเร็ว v_{rms} ของโมเลกุลของแก๊สลดลง

14. สมมติแก๊สชนิดหนึ่งจำนวน 4 โมเลกุล มีอัตราเร็วเป็น 1, 1, 2 และ 3 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ จงหาอัตราเร็วรากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของโมเลกุลแก๊ส ($\sqrt{15} = 3.8$)

ก. 2.7 m/s ข. 2.5 m/s
ค. 2.2 m/s ง. 1.9 m/s

15. จงหาพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลแก๊สที่อุณหภูมิ 17°C ($k_B = k_B \text{ J/K}$)

ก. $435 k_B$ ข. $335 k_B$
ค. $220 k_B$ ง. $110 k_B$

16. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 1 ลิตร อุณหภูมิ 27°C ความดัน 1.5 บรรยากาศ จงหาปริมาตรของแก๊สนี้ที่อุณหภูมิ 127°C ความดัน 0.5

บรรยากาศ
ก. 4 ลิตร ข. 3 ลิตร
ค. 2 ลิตร ง. 1 ลิตร

17. แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในกล่องปริมาตร 3 ลิตร อุณหภูมิ 27°C อุณหภูมิเปลี่ยนเป็น 227°C ความดันคงที่ 2 บรรยากาศ แก๊สทำงานเท่าไร

ก. 320 J ข. 400 J
ค. 450 J ง. 500 J

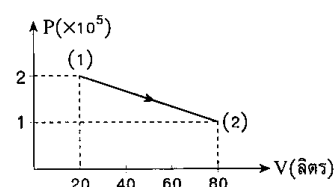
18. แก๊สชนิดหนึ่งเปลี่ยนสภาวะจาก (1) ไป (2) ตามรูป จงหาว่าพลังงานภายในระบบของแก๊สสภาวะจาก (1) ไป (2) นี้มีค่าเท่าใด

ก. เพิ่มขึ้น 6,000 J

ข. ลดลง 6,000 J

ค. เพิ่มขึ้น 9,000 J

ง. ลดลง 9,000 J



19. เมื่อให้ความร้อน 50 J แก่แก๊สชนิดหนึ่งที่บรรจุอยู่ในกระบอกสูบ พบว่าแก๊สจะขยายตัวโดยทำงาน 20 เพื่อดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ พลังงานภายในระบบของแก๊สเพิ่มขึ้นกี่จูล

ก. 30 J ข. 50 J

ค. 60 J ง. 70 J

20. จงหาพลังงานภายในระบบของแก๊สออกซิเจนจำนวน 2 โมล ที่อุณหภูมิ 27°C ($R = R \text{ J/mol.K}$)

ก. $300R$ ข. $600R$

ค. $900R$ ง. $1200R$

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนอธิบายคำตอบให้ชัดเจนที่สุด

1. ภูมิใจหัดทำแกงจืดมะระ ภูมิใจสังเกตว่าเมื่อเริ่มต้มแกงจืดน้ำบริเวณก้นหม้อมีลักษณะปกติ หลังจากนั้นไม่นาน น้ำบริเวณก้นหม้อก็มีการเดือดและลอยขึ้นมาด้านบนผิวน้ำ จนกลายเป็นน้ำร้อน ภูมิใจจึงสงสัยว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น ภูมิใจคิดว่าการที่น้ำในอุณหภูมิปกติเมื่อได้รับความร้อนบริเวณก้นหม้อจนน้ำลอยขึ้นมากลายเป็นน้ำเดือดนั้น การให้ความร้อนผ่านก้นหม้อน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้อง ภูมิใจจะทำอย่างไรในการยืนยันว่าน้ำเดือดที่ลอยขึ้นมาเป็นผลจากการให้ความร้อนผ่านก้นหม้อ

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

2. พอลิเมอร์ในกองไฟ ถ้าพอลิเมอร์ที่เผาจนร้อนแดงลงในแก้วซึ่งใส่น้ำพอสมควร อุณหภูมิของน้ำและตะปูจะเปลี่ยนแปลง โดยอุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น และของตะปูจะลดลง และเมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้เป็นเวลานานพอ อุณหภูมิจนกระทั่งอุณหภูมิทั้งสองเท่ากัน พอลิเมอร์จะทำการอย่างไรเพื่อเป็นการยืนยันว่าพลังงานความร้อนของตะปูและน้ำมีการถ่ายโอนให้แก่กันและพลังงานความร้อนของตะปูและน้ำมีการถ่ายโอนให้แก่สิ่งแวดล้อม

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

3. สมหวังได้ทำการอัดแก๊สลงในขวดและแก๊สนี้ก็ฟุ้งกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุและจากนั้นสมหวังก็พยายามบีบอัดให้มีปริมาตร น้อยลงกว่าเดิมได้ยาก สมหวังจะทำไมอย่างไรรื่อยืนยันว่าแก๊สที่ฟุ้งกระจายเต็มภาชนะเมื่อบีบอัดให้มีปริมาตรน้อยลงกว่าเดิมได้ยาก

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

4. เราจะทำให้แก๊สจำนวนหนึ่งมีความดันและปริมาตรเปลี่ยนไป โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงได้อย่างไร

1. ขั้นระบุปัญหา

.....

.....

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

.....

.....

3. ขั้นกำหนดวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

.....

.....

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

.....

.....

ภาคผนวก จ

- แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
- แบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning log)

นักเรียนผู้ถูกสังเกต.....ครั้งที่.....

วันที่สังเกต.....เรื่องที่เรียน.....

ประเด็นการสังเกต

ขั้นที่ 1 ประสิทธิภาพรูปธรรม

กระบวนการในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียน

- ☐ การระบุสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหาและสิ่งที่กำหนดให้

.....

- ☐ ความกระตือรือร้น

.....

- ☐ การแสดงออกทางอารมณ์

.....

ขั้นที่ 2 การไตร่ตรอง

กระบวนการในการวางแผนในการแก้ปัญหาของนักเรียน

- ☐ การวางแผนการทำงาน

.....

- ☐ ขั้นตอนการวางแผน

.....

- ☐ การบอกวิธีการแก้ปัญหา

.....

ขั้นที่ 3 สรุป

กระบวนการในการลงมือแก้ปัญหาของนักเรียน

- ☐ การแก้ปัญหาตามแผน

.....

- ☐ ระบบการวางแผน

.....

- ☐ ความชัดเจนในการแก้ปัญหา

.....

ขั้นที่ 4 ทดลองปฏิบัติจริง

กระบวนการในการตรวจสอบและสรุปคำตอบ

☐ ความพยายามในการแก้ปัญหา

.....

☐ การตรวจสอบคำตอบ

.....

☐ การระบุคำตอบ

.....

☐ การนำไปประยุกต์ใช้

.....



แบบบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log)

ชื่อ – สกุล.....วันที่.....

เรื่องที่เรียน

.....

1. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการเรียนเนื้อหาวิชานี้

.....

2. หลังจากเรียนเนื้อหาแล้วนักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนครั้งนี้มากหรือน้อยเพียงใดและสิ่งใดที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ

.....

3. กรณีที่เกิดข้อสงสัยในการเรียน นักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร

.....

4. ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาเป็นอย่างไร

.....

5. นักเรียนคิดว่าเรื่องที่เรียนสามารถนำไปเชื่อมโยง ปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ อย่างไร

.....

ภาคผนวก จ

- คณะแผนกสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีพและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับ วัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

ตาราง 12 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป

คนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (20 คะแนน)		การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (16 คะแนน)	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	4	7	0	10
2	6	10	0	12
3	4	11	0	8
4	3	18	1	12
5	5	13	1	8
6	4	12	1	8
7	7	15	3	14
8	6	7	0	12
9	5	7	0	6
10	3	8	0	6
11	2	7	0	8
12	5	16	2	10
13	3	13	1	10
14	3	17	4	8
15	5	14	2	14
16	8	15	4	10
17	6	16	2	8
18	5	16	0	10
19	4	9	0	10
20	5	9	0	8
21	5	7	0	8
22	5	14	1	10
23	2	11	1	8

ตาราง 13 (ต่อ)

คนที่	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (20 คะแนน)		การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (16 คะแนน)	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
24	4	9	2	10
25	8	8	0	6
26	4	13	1	8
27	3	15	2	8
28	1	9	0	6
29	2	4	0	2
30	5	7	0	8
31	6	18	4	14
32	4	11	1	6
33	3	6	0	6
34	6	18	4	10
35	3	8	0	10
36	5	7	0	6
37	5	12	0	8
38	3	10	0	10
39	5	16	1	12
40	6	8	0	6
41	5	6	0	4
42	6	15	1	10
43	3	11	2	8
44	6	10	0	6

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	มนตรา พึ่งไพศาล
วัน เดือน ปี เกิด	20 กุมภาพันธ์ 2531
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2549 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์ พ.ศ. 2554 ระดับปริญญาตรี การศึกษาด้านจิต (กศ.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์ - ฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2562 ระดับปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ แขนงการวิจัยและสถิติทางการศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	297/59 อาคารเดอะไพร์เวชีประชาอุทิศ โครงการซี ถนนประชาอุทิศ แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร 10140