

การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน
เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
มิถุนายน 2559

การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน
เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
มิถุนายน 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงานทดแทน
เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
มิถุนายน 2559

กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงานทดแทน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 โดยกำหนดเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 70/70 และศึกษาประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงานทดแทน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ชุดกิจกรรมนี้ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวชิรธรรมสาริตภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 40 คน พบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E_1/E_2 เท่ากับ 76.25/74.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงานทดแทน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงานทดแทน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION ACTIVITY PACKAGES ON “PETROLEUM AND
ALTERNATIVE ENERGY” TO PROMOTE CRITICAL THINKING AND PROBLEM SOLVING
FOR HIGH SCHOOL



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Chemistry
at Srinakharinwirot University

June 2016

Khanokthip Yathongchai. (2016). *Development of STEM Education Activity Packages on "Petroleum and Alternative Energy" to Promote Critical Thinking and Problem Solving for High School*. Master's thesis, M.Ed. (Chemistry). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst.Prof.Dr. Piyarat Dornbundit.

This study aimed to develop and evaluate the efficiency of STEM education activity packages on the topic of petroleum and alternative energy for high school, using E_1/E_2 which should not be less than the criteria of 70/70 and to compare learning achievement, critical thinking and problem solving abilities of the students who learned using STEM education activity packages on the topic of petroleum and alternative energy for high school between before and after learning. The STEM education activity packages were evaluated by five experts and ranked by score. The activity packages were used by a sample of 40 high school students in the second semester of the 2015 academic year. The results revealed that the efficiency of the packages E_1/E_2 was 76.25/74.67 satisfied the criteria; the learning achievement, critical thinking and problem solving skills of the students after using the STEM education activity packages were significantly higher at a level of .05.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน
เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ของ
กนกทิพย์ ยาทองไชย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกุล)
วันที่ เดือน พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต)

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความกรุณาเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา หลักการคิด/แนวคิด วิธีการดำเนินการวิจัย ตลอดจนกระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยดีตลอดมา จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรณี ลีกิจวัฒน์ ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. รัชนก ปิ่นแก้ว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ อาจารย์ ดร. ดวงแข ศรีคุณ อาจารย์ วชิรภรณ์ สันตวงษ์ และอาจารย์ ณัฐณีย์ ศิริโชติ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ โดยให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณบุคลากรภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเบิกอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สำหรับใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครูอาจารย์โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการทดลองทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเป็นอย่างดี ขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) และโรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ ที่ให้ความร่วมมือในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และคอยเป็นกำลังใจ ตลอดจนเป็นแรงผลักดันที่สำคัญให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสพัฒนาตนเองอยู่เสมอ คุณค่าและประโยชน์อันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา ผู้มีพระคุณ ตลอดจนครู อาจารย์ทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่คอยอบรมสั่งสอน และให้ความเมตตาต่อผู้วิจัยเสมอมา

กนกทิพย์ ยาทองไชย

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	5
สมมติฐานในการวิจัย	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน	8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	18
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม	26
เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับทักษะในศตวรรษที่ 21	27
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	38
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	45
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	45
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	46
การเก็บรวบรวมข้อมูล	56
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	57
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	62
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	62
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	68
ความมุ่งหมายของการวิจัย	68
สมมติฐานในการวิจัย	68
วิธีดำเนินการวิจัย	68

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	
สรุปผลการวิจัย.....	71
อภิปรายผลการวิจัย.....	71
ข้อเสนอแนะ.....	75
บรรณานุกรม.....	76
ภาคผนวก.....	83
ภาคผนวก ก.....	84
ภาคผนวก ข.....	86
ภาคผนวก ค.....	104
ภาคผนวก ง.....	115
ภาคผนวก จ.....	133
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	137

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ของรายวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียม	8
2 แสดงตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6 ของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์.....	10
3 แสดงตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4- ม.6 ของรายวิชาเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ที่นำมา บูรณาการในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) เรื่องปิโตรเลียมและพลังงาน ทดแทน.....	12
4 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและ พลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	45
5 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของ องค์ประกอบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา.....	50
6 แสดงแบบแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design.....	56
7 แสดงประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม โดยมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจาก แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (E_1) และร้อยละของ คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (E_2) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย โรงเรียนวชิรธรรมสาริต.....	62
8 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและ พลังงานทดแทน.....	63
9 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุด กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน.....	64
10 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ในแต่ละด้าน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน.....	65
11 แสดงค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	86

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
12 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของ องค์ประกอบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา.....	88
13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียม และพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	90
14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ การเรียนรู้.....	92
15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความ เชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน.....	95
16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ และการแก้ปัญหา.....	98
17 แสดงค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและ พลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	102
18 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงาน ทดแทนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอน ปลาย.....	105
19 แสดงคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียน ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงาน ทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	107
20 แสดงผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาก่อนเรียนด้วย ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย.....	109
21 แสดงผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาลงเรียนด้วย ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย.....	112

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
2 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม.....	20
3 ภาพโดยรวมของการผลิตไบโอดีเซล.....	25
4 แสดงตัวอย่างการบูรณาการเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ตามแบบสะเต็ม (STEM).....	47
5 แสดงตัวอย่างภาพกิจกรรมเกมเศรษฐีน้ำมัน.....	48
6 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ในแต่ละด้าน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน.....	66
7 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน.....	134
8 แสดงตัวอย่างโปสเตอร์ที่นักเรียนจัดทำขึ้นในกิจกรรม Energy Festival.....	135
9 แสดงภาพกิจกรรมเกมเศรษฐีน้ำมันระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม สะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน.....	136
10 แสดงภาพกิจกรรม Energy Festival ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม สะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน.....	136

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในปี ค.ศ. 2006 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการสำรวจทักษะที่สำคัญในการรับเข้าทำงานของพนักงานใหม่ 4 อันดับแรก คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical thinking and Problem solving) ทักษะเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information technology application) ทักษะการทำงานเป็นทีมและทักษะความร่วมมือ (Teamwork /Collaboration) และทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creatively /Innovation) ตามลำดับ ในยุคปัจจุบันการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการเรียนรู้ และการดำเนินชีวิตอย่างมีคุณค่า แต่จากการสำรวจผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เข้าสู่ตลาดแรงงาน พบว่าร้อยละ 70 ยังขาดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Craig D. Jerald. 2009; อ้างอิงจาก Conference. 2006) ดังนั้น ประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้สร้างกรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ขึ้น เพื่อพัฒนาเยาวชนให้มีทักษะ รู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลกในด้านต่างๆ เช่น ด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี เป็นต้น ซึ่งทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and innovation skills) ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and career skills) และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, media and technology skills) จะเห็นได้ว่าทักษะในศตวรรษที่ 21 นี้มีความสัมพันธ์กับทักษะที่ต้องมีในการเข้าทำงานในปัจจุบัน

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบัน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา (STEM education) ซึ่งเป็นการบูรณาการแนวความคิดทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ไปปรับใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต อีกทั้งยังสอดแทรกพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ได้แก่ การกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสำรวจตรวจสอบ เป็นต้น (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2557) ดังนั้น สะเต็มศึกษานอกจากจะเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันแล้ว ยังสามารถช่วยให้เกิดการคิดแก้ปัญหา และการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ (สนธิ พลชัยยา. 2557)

สำหรับสะเต็มศึกษาในประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความมุ่งมั่นที่จะส่งเสริมการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาให้เกิดขึ้นทุกระดับ โดยสามารถจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาให้มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียนในชั่วโมงเรียนปกติ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2557) แต่จากการศึกษาข้อมูลจากชุดสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี พบว่ากิจกรรมการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่แยกออกจากบทเรียนปกติ และไม่ระบุรายวิชาที่ชัดเจน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2558) ทำให้ครูยุ่งยากในการใช้สะเต็มศึกษาในโรงเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พิโตรเลียมและพลังงานทดแทน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีเนื้อหาในเรื่องการเกิดและการสำรวจปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมันดิบ การแยกแก๊สธรรมชาติ ปิโตรเคมีภัณฑ์ วิกฤตการณ์พลังงานพลังงานทดแทน และเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งสอดคล้องกับบทเรียนเคมีเรื่องเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ และเพิ่มเติมเรื่องพลังงานให้เนื้อหามีความทันสมัยและรองรับการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงานในอนาคต พร้อมทั้งสามารถพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาที่จำเป็นในการดำรงชีวิตต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีคุณภาพ ประกอบด้วยกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ที่หลากหลาย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ซึ่งมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตในยุคปัจจุบัน สามารถแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ รวมทั้งเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมเสริมความรู้ด้านพลังงานในรายวิชาเคมีให้กับนักเรียน และปรับเปลี่ยนเนื้อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัยและใช้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นฐานในการเรียนรู้ตลอดจนเป็นแนวทางสำหรับครูและผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาชุดกิจกรรม

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนนวมิยวชิรธรรมสาริต ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 40 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

2. ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

เนื้อหา

เนื้อหาในชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 2 หน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ 1 : ปิโตรเลียม

หน่วยการเรียนรู้ 2 : พลังงานทดแทน

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยใช้เวลา 12 คาบ ระยะเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **สะเต็มศึกษา** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการ เชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ในทุกสาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในชีวิตจริงได้

2. **ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน** หมายถึง ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science: S) คือ เนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

เทคโนโลยี (Technology: T) คือ การศึกษาการใช้เทคโนโลยี ได้แก่ การขุดเจาะน้ำมัน การพัฒนาพลังงานทดแทน และใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล

วิศวกรรม (Engineering: E) คือ กระบวนการคิดวางแผนอย่างเป็นระบบ ได้แก่ การวางแผนการกลั่นสารละลายผสม การตรวจสอบประสิทธิภาพของการกลั่น เป็นต้น

คณิตศาสตร์ (Math: M) คือ การนำกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา และจัดกระทำข้อมูลด้วยสถิติ ได้แก่ การนำหลักความน่าจะเป็นมาคาดการณ์ล่วงหน้าในสถานการณ์ที่กำหนดให้ การคำนวณรายรับ-รายจ่ายของบริษัทในกิจกรรมเกมเศรษฐีน้ำมัน เป็นต้น

โดยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายประกอบด้วย

2.1 ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ประกอบด้วย 2 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 : ปิโตรเลียม

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 : พลังงานทดแทน

2.2 คู่มือครูของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ซึ่งประกอบด้วย คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา แผนการจัดการเรียนรู้ แนวทางการตอบของปัญหาที่ใช้เป็นฐานในการเรียนรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้ เฉลยของแบบทดสอบย่อยประจำชุดกิจกรรม และเฉลยของแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้

3. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม หมายถึง กระบวนการการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนกับนักเรียนแล้วเกิดประสิทธิผลของ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70/70 โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมเป็นเครื่องมือวัด โดยที่

E_1 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

E_2 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

4. ประสิทธิภาพทางการเรียน หมายถึง ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งพัฒนาผู้เรียนในด้านต่างๆ ดังนี้

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ซึ่งสามารถวัดจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 30 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยวัดจากพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

4.1.1 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จับใจความสำคัญของเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนที่ได้เรียนหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้

4.1.2 การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถที่จะนำความรู้ เช่น มโนทัศน์ หลักการและวิธีการเกี่ยวกับเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

4.1.3 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะข้อมูลลงไปเป็นองค์ประกอบย่อยๆ และหาความเชื่อมโยงระหว่างเหตุและผลของปัญหา

4.1.4 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจวิธีการใดสามารถแก้ปัญหาได้เหมาะสมที่สุดตามหลักเหตุและผล

4.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา หมายถึง กระบวนการคิดขั้นสูงที่มีความซับซ้อน ได้แก่ กระบวนการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย คิดอย่างเป็นระบบ เพื่อแก้ไขปัญหาด้วยความไตร่ตรอง รอบคอบ อย่างเป็นเหตุเป็นผล และสามารถตรวจสอบความคิดของตนเองได้ นำไปสู่การคิดแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยประกอบด้วยดังนี้

1.การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผลของปัญหา

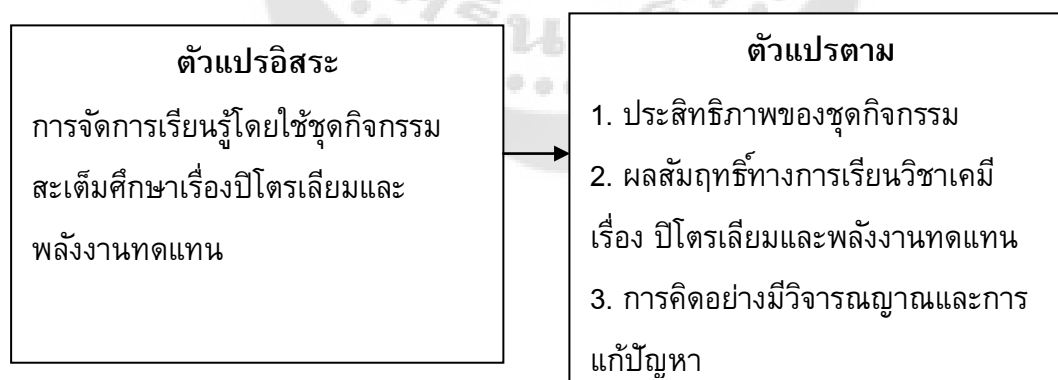
2.การคิดอย่างเป็นระบบ หมายถึง การวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของปัญหา เพื่อนำไปสู่การวางแผน กำหนดแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา

3.การคิดตัดสินใจ หมายถึง การประเมินโดยมีหลักเกณฑ์เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา โดยอาศัยการตีความจากข้อมูล แล้วลงข้อสรุปเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสม

4. การแก้ปัญหา หมายถึง การนำองค์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา สามารถลงมือกระทำการแก้ไขปัญหาตามแนวทางที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้อย่างเหมาะสม และตรวจสอบการแก้ปัญหาด้วยตนเองได้

โดยประเมินจากแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ โดยใช้สถานการณ์ 5 สถานการณ์ ข้อสอบมีทั้งหมด 15 ข้อ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 70/70
2. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงาน

ทดแทน

1.2 ปิโตรเลียม

1.2.1 ความหมายของปิโตรเลียม

1.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเลียม

1.3 พลังงานทดแทน

1.3.1 ความหมายของพลังงานทดแทน

1.3.2 ประเภทของพลังงานทดแทน

1.3.3 ความสำคัญของพลังงานทดแทน

1.3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา

2.1 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา

2.2 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

2.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

3.1 ความหมายของชุดกิจกรรม

3.2 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

4.1 องค์ประกอบของทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

4.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving)

4.3 ความสามารถในการพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

4.4 ศักยภาพครูในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

จากการศึกษาตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่า ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร เนื้อหาเรื่องการเกิดปิโตรเลียม การสำรวจปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมันดิบ การแยกแก๊สธรรมชาติ ปิโตรเคมีภัณฑ์ มีตรงตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ตามมาตรฐาน ว 3.2 ดังตาราง 1 แต่เนื้อหาเรื่องวิกฤตการณ์พลังงานและพลังงานทดแทนยังไม่มีตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง และเพื่อให้เนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน รู้เท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก ส่งผลต่อการพัฒนาประเทศในอนาคตได้ ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มเนื้อหาเรื่องวิกฤตการณ์พลังงานและพลังงานทดแทนเข้าไปในรายวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียม โดยมีเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) การเกิดปิโตรเลียม 2) การสำรวจปิโตรเลียม 3) การกลั่นน้ำมันดิบ 4) การแยกแก๊สธรรมชาติ 5) ปิโตรเคมีภัณฑ์ 6) วิกฤตการณ์พลังงาน 7) พลังงานทดแทน

ตาราง 1 ตารางแสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ของรายวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียม

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. สืบค้นข้อมูล และ อธิบายการเกิดปิโตรเลียม กระบวนการแยกแก๊ส ธรรมชาติ และการกลั่น ลำดับส่วนน้ำมันดิบ	- การสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ที่ทับถมอยู่ใต้ทะเลอย่างต่อเนื่องภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงนานนับล้านปี จะเกิดเป็นปิโตรเลียม โดยมีทั้งสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ซึ่งมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดรวมกัน และอาจมีสารประกอบอื่นปะปนอยู่ด้วย

ตาราง 1 (ต่อ)

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. สืบค้นข้อมูลและอภิปราย การนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วน น้ำมันดิบไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	- การนำแก๊สธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ จะต้องผ่านกระบวนการแยกแก๊ส ส่วนของเหลว หรือน้ำมันดิบจะแยกโดยการกลั่นลำดับส่วน - มีเทน อีเทน โพรเพน และบิวเทน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และสารตั้งต้น สารผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งมีจำนวนอะตอมคาร์บอนเพิ่มขึ้น นำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน - การสัมผัสตัวทำลายและไฮโดรคาร์บอนบางชนิดในรูปของไอและของที่ใช้แล้วอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ รวมถึงการกำจัดอย่างไม่ถูกวิธีก็จะมีผลต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ (2551)

และเมื่อนำเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มาวิเคราะห์ตัวชี้วัดตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM) พบว่า

วิทยาศาสตร์ (S) (เคมี) สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ตามมาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

เทคโนโลยี (T) สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามมาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

วิศวกรรมศาสตร์ (E) ไม่มีในสาระการเรียนรู้ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คณิตศาสตร์ (M) สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตามมาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทาง

คณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์โดยมีรายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6 ของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6			
Science (S)	Technology (T)	Engineering (E)	Math (M)
- สืบค้นข้อมูล และ อธิบายการเกิดปิโตรเลียม กระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ	- ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐาน ของความรู้และความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ หรือ ความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจ ตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าได้ อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้	-	-ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์ต่างๆ ได้ อย่างเหมาะสม
- สืบค้นข้อมูล และอภิปราย การนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบไปใช้ ประโยชน์ รวมทั้งผลของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	-สร้างสมมติฐาน ที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบ		-ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้ อย่างถูกต้องและชัดเจน
	-ค้นคว้ารวบรวม ข้อมูลที่ต้องพิจารณา ปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ		-ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม
			-ใช้ความรู้เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติของมุมในการคาดคะเนระยะทางและความสูง
			-แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ

ตาราง 2 (ต่อ)

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6			
Science (S)	Technology (T)	Engineering (E)	Math (M)
	- จัดกระทำ ข้อมูล โดยคำนึงถึง การรายงานผลเชิงตัว เลขที่มีระดับ ความ ถูกต้องและนำเสนอ ข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่ เหมาะสม		ระยะทางและ ความสูงโดยใช้ อัตราส่วนตรีโกณมิติ - เข้าใจและ สามารถใช้การให้ เหตุผลแบบอุปนัยและ นิรนัย - มีความคิด รวบยอดเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์และ ฟังก์ชันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง กราฟ และ สมการ - สร้าง ความสัมพันธ์หรือ ฟังก์ชันจาก สถานการณ์หรือปัญหา และนำไปใช้ในการ แก้ปัญหา - หาค่าเฉลี่ย เลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ไทล์ของ ข้อมูล - เลือกใช้ค่า กลางที่เหมาะสมกับ ข้อมูลและวัตถุประสงค์

ตาราง 2 (ต่อ)

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6			
Science (S)	Technology (T)	Engineering (E)	Math (M)
			-พิจารณาความ น่าเชื่อถือของวิธีการและ ผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความ คลาดเคลื่อนของการวัด และการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุง วิธีการสำรวจตรวจสอบ

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ. (2551).

โดยปกติการจัดการเรียนรู้ของทั้ง 3 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ไม่มีการบูรณาการในรายวิชาเคมี แต่มีการจัดการเรียนรู้ที่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำองค์ความรู้ในแต่ละวิชามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตจริงได้ ส่วนวิศวกรรมศาสตร์นั้นยังไม่มีในสาระการเรียนรู้ของหลักสูตรแกนกลาง

จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4- ม.6 ของรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ พบว่า วิชาเทคโนโลยีและวิชาคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาบูรณาการในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อให้นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสมได้ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4- ม.6 ของรายวิชาเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ที่นำมาบูรณาการในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6 ที่นำมาบูรณาการในรายวิชาเคมี	
เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
-ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐาน ของความรู้และความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นใน ขณะนั้น ที่สามารถ	-ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม -นำผลที่ได้จากการสำรวจความคิดเห็น

ตาราง 3 (ต่อ)

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-ม.6 ที่นำมาบูรณาการในรายวิชาเคมี	
เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
ทำการสำรวจ ตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้ อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ -สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎี รองรับ หรือ คาดการณ์สิ่งที่พบ หรือสร้างแบบจำลองหรือ สร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ -เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ ที่ใช้ ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่าง ถูกต้อง ทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณ และ คุณภาพ -จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึง การรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับ ความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม	ไปใช้ในการคาดการณ์ในสถานการณ์ที่ กำหนดให้ -อธิบายการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ และนำผลที่ได้ไป ใช้คาดการณ์ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ. (2551).

1.2 บีโตร์เลียม

1.2.1 ความหมายของบีโตร์เลียม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2556: 80) ได้ให้ความหมายของบีโตร์เลียม ว่าหมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนและสารอินทรีย์หลายชนิดที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ ปรากฏอยู่ทั้งในสถานะของเหลวและแก๊ส ในสถานะของเหลว ได้แก่ น้ำมันดิบ ส่วนในสถานะแก๊สได้แก่ แก๊สธรรมชาติ ซึ่งทั้งน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาตินี้อาจจะมีสารประกอบอื่นๆ ปนอยู่ด้วย เช่น สารประกอบกำมะถัน ไนโตรเจน และสารประกอบออกไซด์อื่นๆ

สถาบันบีโตร์เลียมแห่งประเทศไทย (2541: 9) ได้ให้ความหมายของบีโตร์เลียม ว่าหมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในรูปทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ที่เป็นของเหลว เรียกว่า น้ำมันดิบ แก๊ส เรียกว่าแก๊สธรรมชาติ ส่วนของแข็ง เรียกว่า บีโตร์เมน แอสฟัลท์หรือ ยางมะตอย

ตติยา ใจบุญ (2545: 13) ได้ให้ความหมายของบีโตร์เลียม ว่าหมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีทั้งของแข็ง ของหนืด ของเหลว และแก๊ส ซึ่งในอุตสาหกรรม

ปิโตรเลียมเรียกกันว่า แอสฟัลต์ (asphalt) น้ำมันดิบ (crude oil) แก๊สธรรมชาติเหลว (natural liquid gas) และแก๊สธรรมชาติ (natural gas)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า ปิโตรเลียม หมายถึง สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน และสารอินทรีย์หลายชนิดที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ ซึ่งมีทั้งในรูปของแข็ง ของเหลว หนืด ของเหลว และแก๊ส ประกอบไปด้วย น้ำมันดิบ แก๊สธรรมชาติ แอสฟัลต์หรือยางมะตอย

1.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเลียม

ศิริลักษณ์ วิทยา (2555: 102-112) ได้ทำการศึกษางานวิจัย เรื่อง การพัฒนา ชุดกิจกรรมวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนา และศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ความมีเหตุผล และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 พลังงานทดแทน

1.3.1 ความหมายของพลังงานทดแทน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2554: 101) ได้ให้ความหมายว่า พลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่ใช้แทนพลังงานจาก เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม น้ำ พลังงานชีวมวล เซลล์เชื้อเพลิง และพลังงาน ความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น

อนุตร จำลองกุล (2555: 2) ได้ให้ความหมายว่า พลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่ใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง จำแนกตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท

พลังงานทดแทนจากแหล่งที่สิ้นเปลือง ได้แก่ ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น และพลังงานทดแทนจากแหล่งพลังงานที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้โดยไม่สิ้นเปลือง อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล เป็นต้น

สุชาติ สุภาพ (2557: 1) ได้ให้ความหมายของพลังงานทดแทน ว่าหมายถึง แหล่งพลังงานที่จะนำมาใช้ทดแทนพลังงานจากน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ เช่น การผลิตเอทานอล เพื่อนำมาผสมกับน้ำมัน หรือการนำเอาน้ำมันพืชมาผสมกับน้ำมันดีเซล เพื่อลดการใช้น้ำมันที่เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า พลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานที่ได้จาก แหล่งพลังงานธรรมชาติและพลังงานสังเคราะห์ทุกชนิด ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่จำกัดและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม พลังงานทดแทนที่กล่าวถึงในงานวิจัยนี้ ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ และพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร

1.3.2 ประเภทของพลังงานทดแทน

วรณัฐ แจ่มสว่าง (2551: 14-19) ได้กล่าวว่า พลังงานทดแทน แบ่งออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ พลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของพลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ ด้วย เช่น พลังงานชีวมวล พลังงานลม พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร เป็นต้น นอกจากนี้ ดวงอาทิตย์ยังเป็นต้นกำเนิดของพลังงานจากเชื้อเพลิงบรรพชีวินด้วย

การประยุกต์นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรง และการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปผลิตกระแสไฟฟ้า เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลังงานดังกล่าว โดยเฉพาะการนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์โดยตรง ได้มีการพัฒนาและใช้กันอย่างแพร่หลาย จนอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมในเชิงพาณิชย์ เช่น การทำน้ำร้อน การอบแห้ง เป็นต้น แต่สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์นั้น ในปัจจุบันราคาต้นทุนไฟฟ้าที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์จะสูงกว่าเชื้อเพลิงที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ น้ำมัน เนื่องจากประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ค่อนข้างจะต่ำ และราคายังสูงอยู่ แต่อย่างไรก็ตาม การที่จะพัฒนานำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดได้ มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้น แต่สิ่งหนึ่งที่ทุก ๆ คนให้ความสนใจ ในการที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์นอกจากศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ทั่วโลกแล้ว คือ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานรูปแบบเดิม

2. พลังงานลม (Wind energy) เป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่มีต้นกำเนิดมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ เกิดจากการขยายตัว และการพาความร้อนของอากาศ เนื่องจากพลังงานความร้อนถูกดูดกลืนบนพื้นโลกไม่เท่ากันในแต่ละบริเวณ ระบบพลังงานลมสามารถทำเป็นระบบเดี่ยว (Stand alone) เพื่อให้พลังงานกล เช่น ระหัดวิดน้ำที่ใช้ในงานชลประทาน หรือการระบายน้ำ และผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้ในชนบทหรือต่อเข้าระบบสายส่ง (Grid connected) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ ในกรณีนี้จะต้องใช้กังหันลมจำนวนมาก ปัจจุบันมีการใช้กังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าทั่วโลกมากกว่า 20,000 แห่ง และเพื่อใช้ในการสูบน้ำมากกว่า 1,000,000 เครื่อง

3. พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy) คือพลังงานที่ได้จากความร้อนใต้ผิวโลก ซึ่งอาจอยู่ในรูปของน้ำร้อนหรือไอน้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในแหล่งใต้พื้นดิน พลังงานความร้อนใต้พิภพถือว่าเป็นพลังงานหมุนเวียน เนื่องจากความร้อนที่นำออกมาใช้จะไม่มีวันหมดตร

เท่าที่ใจกลางของโลกยังร้อนอยู่ การดึงความร้อนออกมาใช้อาจทำได้โดยการอัดน้ำลงไปใต้พื้นโลก เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางและรับความร้อน แล้วนำน้ำร้อนนั้นกลับขึ้นมาใช้ ความร้อนที่ได้สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า หรือใช้เพื่อการเกษตร เป็นต้น

4. พลังงานชีวมวล (Biomass energy) เป็นแหล่งพลังงานที่มีปริมาณมากเป็นอันดับที่ 4 ของโลก ชีวมวลมีกระจายอยู่ทั่วไปเกือบทุกบริเวณในโลก นับว่าชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานภายในประเทศที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาซึ่งถือว่าชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศ การแปรรูปชีวมวลเพื่อให้เกิดพลังงานนั้นแบ่งเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการทางความร้อนเคมี เป็นกระบวนการสลายชีวมวลโดยใช้ความร้อน ได้แก่ กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) กระบวนการกลั่นสลาย (Liquefaction) และกระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว หรือเชื้อเพลิงแก๊สก็ได้ และกระบวนการทางชีวเคมี เป็นกระบวนการสลายชีวมวลโดยกระบวนการชีวเคมี ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายในที่ไมใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นแก๊สชีวภาพ และกระบวนการหมัก (Fermentation) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นเอทิลแอลกอฮอล์

5. พลังงานน้ำ (Hydro energy) การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ เป็นการเปลี่ยนพลังงานศักย์ของน้ำที่อยู่ในเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ผ่านกังหันน้ำและระดับความสูงของหัวน้ำ

6. พลังงานคลื่น (Wave energy) คือพลังงานลมที่ถ่ายทอดให้กับผิวน้ำในมหาสมุทรเกิดเป็นคลื่นวิ่งเข้าสู่ชายฝั่ง การนำพลังงานคลื่นมาผลิตกระแสไฟฟ้าต้องอาศัยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พลังงานคลื่นที่ลอยตัวอยู่บนผิวน้ำบริเวณหน้าอ่าวที่หันเข้าหาคลื่น ด้านหน้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีช่องเปิดให้คลื่นที่วิ่งเข้าสู่อ่าวซัดผ่านช่องนี้เข้าไป ช่องว่างนี้เป็นช่องโล่ง เปิดทะลุถึงปล่องอากาศด้านบน เมื่ออากาศที่อยู่ในช่องนี้ถูกคลื่นซัดเข้ามาจากด้านล่างอย่างแรง อากาศจะถูกดันให้ขึ้นสู่ปล่องเปิดด้านบน ซึ่งมีใบพัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้ใบพัดหมุน คลื่นที่ถูกซัดเข้ามาในตอนต้นจะเป็นยอดคลื่น เมื่อพ้นช่วงนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะตกลงสู่ช่วงท้องคลื่น อากาศด้านบนปล่องอากาศ ก็จะเคลื่อนที่สวนลงมาหมุนใบพัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกรอบหนึ่ง เกิดหมุนเวียนเช่นนี้ไปตลอดเวลาที่มีคลื่น

7. พลังงานน้ำขึ้น-น้ำลง (Tidal energy) หลักการนำพลังงานจากน้ำขึ้น-น้ำลงไปใช้ประโยชน์ อาศัยความแตกต่างของระดับน้ำที่ขึ้นลง ทำให้สามารถเปลี่ยนพลังงานศักย์ให้เป็นพลังงานจลน์และเป็นพลังงานไฟฟ้า ศักยภาพของพลังงานจากน้ำขึ้น-น้ำลงทั่วโลกมีค่าประมาณ 3×10^{12} วัตต์ สำหรับในประเทศไทย ได้มีการศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ ในการนำพลังงานน้ำขึ้น-น้ำลงมาใช้ประโยชน์ในบริเวณที่มีพิสัยของน้ำลงสูงสุดที่บริเวณปากน้ำระนอง แต่ก็ยังไม่ได้มีการพัฒนาพลังงานทางด้านนี้ เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องสถานที่สำหรับสร้างอ่างเก็บน้ำ

8. พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร (Ocean thermal energy) หลักการผลิตพลังงานความร้อนจากมหาสมุทรอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวน้ำด้านบนกับผิวน้ำด้านล่างจากความต่างอุณหภูมิของน้ำสองบริเวณในมหาสมุทรนี้นักวิทยาศาสตร์ได้นำมาเป็นหลักในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า พลังงานทดแทน มี 8 ประเภท ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ พลังงานคลื่น พลังงานน้ำขึ้น – น้ำลง และพลังงานความร้อนจากมหาสมุทร

1.3.3 ความสำคัญของพลังงานทดแทน

สุชาติ สุภาพ (2557: 5) ได้กล่าวถึงความสำคัญของพลังงานทดแทน ไว้ดังนี้

พลังงานหลักที่มนุษย์ใช้เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่มาจากปิโตรเลียม ซึ่งเป็นพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิล ในปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำมันเป็นจำนวนมาก แต่ปริมาณน้ำมันมีจำนวนจำกัดทำให้ราคาน้ำมันดิบสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานอื่นมาทดแทน ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำพลังงานทดแทนมาใช้แล้ว เช่น น้ำมันแก๊สโซฮอล์ น้ำมันไบโอดีเซล แก๊สชีวภาพ เป็นต้น การนำพลังงานดังกล่าวมาใช้จะช่วยรักษาเงินตราของประเทศ สร้างความมั่นคงและสามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของประเทศ อีกทั้งช่วยสร้างตลาดที่มั่นคงให้กับผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย

นอกจากนี้การนำเอาพลังงานทดแทนมาใช้โดยเฉพาะพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ จะช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย

1.3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทดแทน

งานวิจัยในประเทศ

วรพจน์ งามชมพู (2557: 1-13) ได้ศึกษาเรื่อง การใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากวัชพืชและวัสดุเหลือใช้จากการทำนาเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากวัชพืชและวัสดุเหลือใช้จากการทำนา เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงพื้นบ้าน ที่มีการดำเนินการ 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ 1) การหาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหมาะสมที่สุด 2) ศึกษาการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้มาทดลองใช้เผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา 3) เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ผลการวิจัยพบว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้งแบบอัดแห้งและแบบอัดเปียก ที่อัตราส่วน 50:50 มีค่าความร้อนสูงที่สุด คือ 3,245 แคลอรีต่อกรัม และ 3,012 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งกับราคาเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ศึกษามีต้นทุนการผลิต 2.14 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าราคาของถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งและฟืนไม้

ยุทธศักดิ์ จันทโรทัย (2556: 81-83) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พลังงานลมร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโครงการศูนย์ฝึกอบรมศิริราช โดยมี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยหาความแตกต่างค่าพลังงานที่เกิดจากการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในทิศทางแนวอาคารกับวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทางทิศใต้แล้วนำมาพิจารณาประกอบกับผลการศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมที่ความสูงกังหันลมผลิตไฟฟ้าต่าง ๆ กัน ผลการวิจัยพบว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนแผงเซลล์เมื่อหันแผงเซลล์ไปทางทิศใต้จะมีปริมาณมากกว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์เมื่อหันแผงเซลล์ตามแนวอาคาร แต่การวางแผงเซลล์ไปทางทิศใต้จะได้จำนวนแผงเซลล์น้อยกว่าจึงผลิตกระแสไฟฟ้าได้ต่ำกว่าและในพื้นที่ที่จำกัดต้องใช้แผงเซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงจึงเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Monocrystalline วางไปตามแนวอาคารเต็มพื้นที่ที่ติดตั้งพร้อมกับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลม กังหันความเร็วลมต่ำติดตั้งที่ความสูง 40 เมตร มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 9.54 ปี

จินตวิทย์ โยสีดา (2554: 64-65). ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เรื่องไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องไบโอดีเซลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจต่อการใช้ชุดกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมาก

กฤติภาส สิงคิบุตร (2554: 93-95) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัย โดยศึกษาเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน คือ ระบบ Plug Flow ระบบ CSTR แบบ 1-Stage และระบบ CSTR แบบ AMR ผลการวิจัยพบว่า ระบบการผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษอาหารในขนาด 200 กิโลกรัม เศษอาหารต่อวัน เติบโตระบบ 330 วันต่อปี อายุโครงการ 15 ปี ให้แก๊สชีวภาพโดยเฉลี่ย 3,087 กิโลกรัมต่อปี เทคโนโลยีที่ให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดคือ เทคโนโลยี Plug flow อัตราผลตอบแทน IRR เท่ากับ 6.61 % และระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด 9.34 ปี

บริษัทอินเทล (Intel Education STEM Resources. 2015: online) ได้สร้างกิจกรรมเรื่อง นวัตกรรมพลังงาน (Energy innovations) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3-4 (Grade 9-10) โดยมีลักษณะการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ซึ่งขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหา ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา และขั้นที่ 3 หาคำตอบ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

2.1 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556: 50) ได้ให้ความหมายว่า สะเต็มศึกษา (STEM education) หมายถึง การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่าง ศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ

ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆในสถานการณ์โลก

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556: 16) ได้ให้ความหมายว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ โดยไม่เน้นให้เด็กท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือสมการคณิตศาสตร์ แต่เป็นการฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะการคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูล ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และสาขาอื่นๆ มาบูรณาการกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้

โรเบิร์ต (Robert) (2557: 15) ได้ให้ความหมายว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การเรียนการสอนแบบสหวิทยาการและวิธีการเรียนรู้ที่ครอบคลุม 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยบูรณาการองค์ประกอบสี่สาขามีประสิทธิภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการ เชื่อมโยงเนื้อหา ทั้ง 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ในทุกสาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในชีวิตจริงได้

2.2 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

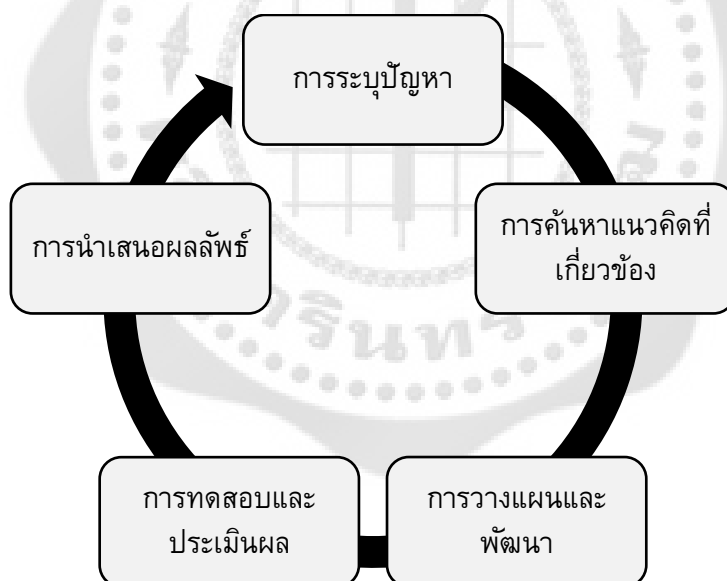
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558: 4) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหที่พบในชีวิตจริง เพื่อเป็นการเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะการใช้ชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เชื่อมโยงกันจนทำให้ได้นวัตกรรมใหม่ๆในอนาคต ซึ่งการบูรณาการสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับดังนี้

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

การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการหรือปัญหาเป็นฐานที่บูรณาการการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี กับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยนักเรียนจะทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ ฝึกทักษะการคิดขั้นสูง และฝึกให้นักเรียนมีทักษะในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีและนำองค์ความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่ปัญหาเพื่อหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ สำหรับแก้ปัญหาดังกล่าว
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) ผู้แก้ปัญหามustนำเสนอผลลัพธ์โดยออกแบบวิธีนำเสนอให้เข้าใจง่ายและน่าสนใจ



ภาพประกอบ 2 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556: 50-51) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิด และลักษณะดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการ ระหว่างสาขาวิชาต่างๆ ได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของแต่ละสาขามารวมผสมผสานกัน กล่าวคือ

- วิทยาศาสตร์ เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจใน ธรรมชาติ ซึ่งการสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษานั้นจะทำให้ให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบ ความสำเร็จในการเรียน

- เทคโนโลยี เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการ แก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการ ทำงานทางเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดการคิดค้นสิ่งใหม่ๆ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT อย่างเดียว

- วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิด สร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ โดยใช้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้แต่จากการ ศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

- คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับ จำนวนเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังรวมทั้ง

- กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การ จัดแบบรูป และการบอกรูปร่าง

- ภาษาคณิตศาสตร์ ผู้เรียนจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือ ความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ

- การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-level math thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

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

3. เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ รอบด้านทั้งด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะ

การทำงานเป็นกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์หรือความคิดเห็นที่แตกต่างจากผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

จากแนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปว่า แนวคิดและลักษณะสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะชีวิต เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังเป็นการจัดการเรียนการสอนที่นำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาออกแบบวิศวกรรมเพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ๆได้

ตัวอย่างลักษณะของสะเต็มศึกษา

บริษัทอินเทล (Intel Education STEM Resources. 2015: online) ได้สร้างกิจกรรมเรื่อง นวัตกรรมพลังงาน (Energy innovations) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3-4 (Grade 9-10) โดยมีลักษณะการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ซึ่งขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหา ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา และขั้นที่ 3 หาคำตอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหา (Presenting the problem)

กระตุ้นนักเรียนด้วยคำถาม “คุณภาพชีวิตคืออะไร” ให้นักเรียนจับคู่และระบุรายการที่เป็นปัจจัยต่อคุณภาพชีวิตโดยจัดลำดับจากปัจจัยที่มีความสำคัญมากไปน้อย จากนั้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม (4 คน) และจัดลำดับใหม่ตามมติของทีม นักเรียนอภิปรายหน้าชั้นเรียน โดยครูจะชี้แนะให้นักเรียนเชื่อมโยงเข้าสู่พลังงาน

ครูทบทวนความรู้เรื่องพลังงาน แนวคิดการใช้พลังงานที่เหมาะสม

ถามนักเรียนว่าอะไรที่เป็นอิทธิพลต่อการอนุรักษ์พลังงานในครอบครัวของนักเรียนและมีวิธีการอนุรักษ์พลังงานอย่างไร นำเสนออัลบั้มเดียวที่มีการพาหัวหน้าจากหนังสือพิมพ์และนิตยสารที่มีหัวข้อเกี่ยวกับพลังงาน ซึ่งตลอดการเรียนรู้นี้นักเรียนจะต้องมีสมุดบันทึกตลอดระยะเวลาในการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem)

ให้นักเรียนแบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม ตามพลังงานคือ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานไฮโดรเจน พลังงานคลื่นและกระแสน้ำทะเล เนื่องจากจะมีการจัดศูนย์การเรียนรู้เกี่ยวกับพลังงาน ให้นักเรียนจัดทำโบชัวร์และโปสเตอร์ เพื่อนำเสนอข้อดี-ข้อเสีย กราฟ แผนภูมิเกี่ยวกับพลังงานของแต่ละกลุ่มที่ได้รับมอบหมาย โดยหลังจากที่นำเสนอและอภิปราย ให้นักเรียนเดินดูแต่ละศูนย์การเรียนรู้

ขั้นที่ 3 หาคำตอบ (Finding the solutions)

ให้นักเรียนตอบคำถามประจำหน่วย โดยครูอาจตั้งสถานการณ์ว่า ถ้านักเรียนจะตัดสินใจซื้อสินค้า นักเรียนจะดำเนินการอย่างไร กำหนดวิธีการ ขั้นตอนในการเลือกซื้อหรือตัดสินใจ (เน้นกระบวนการตัดสินใจ)

ครูแสดงภาพเมืองใหญ่ที่มีมลพิษทางอากาศ และถามนักเรียนว่านักเรียนคิดอย่างไรเกี่ยวกับรถยนต์/ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ให้นักเรียนอธิบายว่าจะดำเนินการอย่างไร ค้นหาเกี่ยวกับวิธีการที่ได้รับผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตมีอยู่ 2 ปัจจัย คือ

1. ผลกระทบของการปล่อยมลพิษของรถยนต์ในสภาพแวดล้อม
2. การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือก

ให้นักเรียนนำเสนอการทดสอบการปล่อยมลพิษของแต่ละประเทศ 5 ประเทศที่แตกต่างกัน แล้วเปรียบเทียบ

ถ้ามีวัสดุที่มีความเป็นไปได้ ให้นักเรียนวางแผนการทดลอง สำหรับรถยนต์ที่เกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์และไฮโดรเจน ผลพลอยได้ การเผาไหม้ การปล่อยแก๊สเรือนกระจก

ให้นักเรียนจับคู่กันจัดลำดับว่าใช้น้ำมันชนิดไหนดีที่สุดสำหรับรถยนต์ (ข้อดี-ข้อเสีย เหตุผลต่อการจัดลำดับของนักเรียน) แสดงการเปรียบเทียบความคิดของตนเองกับคนอื่น ๆ

จำลองกระบวนการของการเลือกซื้อรถยนต์ 2 คัน คือรถยนต์ที่เป็นทางเลือกและรถยนต์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แล้วเปรียบเทียบกัน

2.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่

21

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558: 35-127) ได้กล่าวถึงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา (STEM education) เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อย่างเท่าเทียมกัน ซึ่งเป็นการตอบสนองในการเตรียมผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เพื่อการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการดำรงชีวิตที่ดีและมีคุณภาพในอนาคต การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำเอาทักษะการคิด และทักษะอื่นๆมาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า สร้างและพัฒนาความคิดค้นสิ่งต่างๆ เน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน สารสนเทศและเทคโนโลยีที่มีในปัจจุบันบวกกับความคิดสร้างสรรค์ในสิ่งใหม่ และความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชาที่เรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถปรับตัวในชีวิตจริงได้ เกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข

2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2556: 18) ได้กล่าวว่าประโยชน์ของสะเต็มศึกษามีดังนี้

1. ผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน
2. ผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะเรียนสนุก และมองเห็นอาชีพการทำงานที่สนใจจะทำหลังจากที่สำเร็จการศึกษาแล้ว
3. ผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษา ผลการประเมินทางด้านผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ควรจะดีขึ้น
4. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็มที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

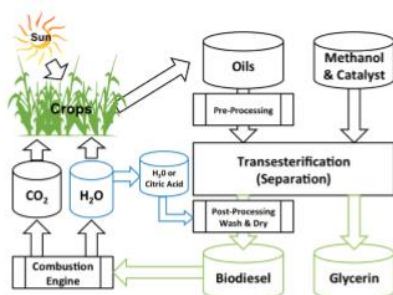
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558: 6) ได้กล่าวว่าประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีดังนี้

1. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบวิศวกรรม เป็นพื้นฐาน
2. ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
3. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกันระหว่างกลุ่มสาระวิชา
4. หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครู และบุคลากรทางการศึกษา
5. สร้างกำลังคนด้านสะเต็มของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชาติ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา

งานวิจัยในต่างประเทศ

แอนดริว (Andrew. 2014: 1379-1389) ได้ศึกษาเรื่อง ไปโอดีเซลและบูรณาการสะเต็มโดยการจัดวางตำแหน่งในแนวตั้งของโรงเรียนมัธยมศึกษาในรายวิชาชีววิทยา ชีวเคมี และเคมี มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาแนวทางที่หลากหลายและยั่งยืนมากขึ้นในการผลิตเชื้อเพลิงไปโอดีเซล ซึ่งใช้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การเรียนรู้แบบสืบเสาะ การออกแบบทางวิศวกรรม และ SSI ผ่านกระบวนการเรียนรู้จากห้องปฏิบัติการสู่ห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่า การบูรณาการสะเต็มศึกษาส่งผลต่อทักษะและเจตคติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาเคมี คือนักเรียนมีความสนใจในวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และความมั่นใจในความสามารถของตนเองในการใช้เครื่องมือเพิ่มขึ้น และจากการบูรณาการสะเต็มศึกษากับหัวข้อเรื่องไปโอดีเซลช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้ และทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อสะเต็มศึกษา



ภาพประกอบที่ 3 ภาพโดยรวมของการผลิตไบโอดีเซล

ที่มา: Andrea C. Burrows. 2014: 1381.

ริสซานเนน (Rissanen. 2014: 1-7) ได้ศึกษาเรื่อง การเรียนรู้แบบกระตุ้นและการเรียนรู้แบบเพียร์ (Active and peer learning) ในกลยุทธ์การศึกษาสะเต็ม มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะแนะนำหัวข้อและแง่มุมที่สำคัญเมื่อพิสูจน์ได้ว่าการเสริมสร้างกิจกรรมนักศึกษา ความคิดสร้างสรรค์ และ แรงจูงใจที่มหาวิทยาลัยปกป้องราชอาณาจักรฟินแลนด์ (The Finnish National Defence University : NDU) ซึ่งจะช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนดีขึ้น ผลการวิจัยพบว่าการบรรยายที่มีการเน้นย้ำและบทบาทหน้าที่ในสะเต็มศึกษา ซึ่งก็คือการจัดสรรเวลาการบรรยาย แผนวิธีการและการออกแบบเนื้อหาของการบรรยายจะต้องวางแผนด้วยความระมัดระวัง การพิจารณาจะต้องกำหนดให้มีวิธีการที่ให้ข้อมูลที่สื่อสารในลักษณะวิธีการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล มีความคิดสร้างสรรค์ และวิธีการที่นักเรียนสามารถได้รับการกระตุ้นอย่างเหมาะสม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในสาระสำคัญของเนื้อหาวิชา ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่ดี

ปีเตอร์ (Peter. 2014: 345-350) ได้ศึกษาเรื่อง การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ช็อคโกแลต โดยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเพิ่มความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งให้นักเรียนเข้าค่ายฤดูร้อน (Jumstart STEM chocolate science investigation camp) เป็นเวลา 4 วัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยั่งยืนให้เกิดความท้าทาย ผู้วิจัยได้สำรวจข้อมูลโดยใช้แบบประเมินตนเอง ในด้านแรงจูงใจในวิทยาศาสตร์ ความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และช่องทางการใช้เทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีแรงจูงใจในวิทยาศาสตร์ ความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และช่องทางการใช้เทคโนโลยีที่เพิ่มขึ้น เมื่อได้เข้าร่วมค่ายฤดูร้อน และการเรียนรู้จากการเข้าค่ายนี้ นักเรียนใช้ทักษะและความรู้จากหลายวิชา ซึ่งสอดคล้องกับสะเต็ม

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรมที่นำมาใช้ในการประกอบการเรียนการสอนในห้องเรียน ได้มีผู้วิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้ ดังนี้

3.1 ความหมายของชุดกิจกรรม

เครือวัลย์ แสงโสภา (2556: 27) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมว่า หมายถึง สื่อประสมที่ครูผู้สอนสร้างขึ้น โดยมีการวางแผนการผลิตอย่างเป็นระบบ เพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ที่เน้นให้นักเรียนสามารถศึกษา และปฏิบัติกิจกรรมฝึกทักษะได้ด้วยตนเอง โดยให้สอดคล้องกับ เนื้อหาวิชาตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ศศิธร มงคลทอง (2548: 27) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมว่า ชุดกิจกรรมเป็นสื่อที่ใช้ประกอบการสอน ภายในชุดกิจกรรม มีการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดศึกษาค้นคว้า ได้ลงมือปฏิบัติทดลอง ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามความสามารถและความสนใจ เพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยครูคอยให้คำแนะนำช่วยเหลือแก่ผู้เรียน

ศิริลักษณ์ หนองเส (2545: 12) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมว่า หมายถึง สื่อการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง ตามศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนโดยมีรูปแบบและขั้นตอนดังที่กำหนด

ปวีณา ซาลีเครือ (2553: 13) ชุดกิจกรรม เป็นสื่อการเรียนการสอน เป็นนวัตกรรมทางการศึกษามีลักษณะที่มีการจัดเป็นระบบแบบมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษา และปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามความสามารถและความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตามขั้นตอนที่ระบุไว้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยมีครูเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกกับนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จและบรรลุตามวัตถุประสงค์

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมหมายถึง สื่อการเรียนการสอนที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอน ที่มีการจัดระบบเป็นขั้นเป็นตอน มีการวางแผน เพื่อให้นักเรียนสามารถศึกษา ค้นคว้า ปฏิบัติกิจกรรมตามชุดกิจกรรมด้วยตนเองตามความสามารถและความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยมีครูคอยช่วยอำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำแก่นักเรียน

3.2 ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม

จิรพร แขวงเพชร (2552: 25) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม เพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. ศึกษาเพื่อจัดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ โดยกำหนดเนื้อหาวิชา
2. กำหนดหน่วยการสอน เพื่อให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและเวลา

3. กำหนดหัวเรื่องที่น่าสนใจ และตรงกับเนื้อหา
4. กำหนดมโนทัศน์และหลักการ โดยการชี้แนะว่าจะสอนไปในทิศทางใด
5. กำหนดวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการที่จะวัดพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของนักเรียน
6. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นส่วนที่สำคัญมากเพราะเป็นกิจกรรมที่จัดให้กับนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
7. กำหนดแบบประเมินผล เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์และพฤติกรรมที่เกิดจากการใช้ชุดกิจกรรม
8. เลือกและผลิตสื่อการสอนโดยเลือกให้เหมาะสมกับเนื้อหา
9. หาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมเพื่อดูคุณสมบัติของชุดกิจกรรมว่ามีคุณภาพหรือไม่ซึ่งจะต้องทำให้มีประสิทธิภาพตรงตามที่กำหนด
10. การใช้ชุดกิจกรรม เป็นการนำชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียน

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

4.1 องค์ประกอบของทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

นักการศึกษาหลายท่านได้มีแนวคิดเกี่ยวกับทักษะสำคัญที่เด็กและเยาวชนควรมีในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

เบอร์นี; และคาเรส (สคูนธ์ สิ้นรพานนท์. 2558: 16-17; อ้างอิงจาก Bernie; & Charles. 2009: 175-177) ได้กล่าวว่าทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 คือ 3Rs x 7Cs

3Rs หมายถึง ทักษะการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย การอ่าน (Reading) การเขียน (Writing) และการคำนวณ (Arithmetic) คือการนำทักษะเหล่านี้มาเพิ่มความสำเร็จให้กับนักเรียน

7Cs ประกอบด้วย

Creatively and innovation (ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม)

Critical thinking and problem solving (ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา)

Collaboration, teamwork and leadership (ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ)

Cross-cultural understanding (ทักษะความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์)

Communication, information and media literacy (ทักษะการสื่อสาร ข้อมูลสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ)

Computing and media literacy (ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร)

Career and learning self-reliance (ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้)

สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค.) ได้สรุปทักษะสำคัญที่เด็กและเยาวชนควรมีในศตวรรษที่ 21 คือ 3R และ 4C

3Rs ได้แก่ การอ่าน (Reading) การเขียน (‘Riting) และการคำนวณ (‘Rithmetic)

4C ประกอบด้วย

Critical thinking (การคิดอย่างมีวิจารณญาณ)

Communication (การสื่อสาร)

Collaboration (การร่วมมือ)

Creativity (ความคิดสร้างสรรค์)

นรินทร์ สังข์รักษา (2557: 49) ได้นำเสนอตัวแบบของภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยมีองค์ประกอบทักษะในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and innovation skills)

1.1 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creatively and innovation)

1.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving)

1.3 การสื่อสารและการมีส่วนร่วม (Communication and collaboration)

2. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, media and technology skills)

2.1 ความรู้พื้นฐานด้านสารสนเทศ (Information literacy)

2.2 ความรู้พื้นฐานด้านสื่อ (Media literacy)

2.3 ความรู้พื้นฐานด้านไอซีที (ICT: Information, communication and technology literacy)

3. ทักษะชีวิตและงานอาชีพ (Life and career skills)

3.1 ความยืดหยุ่นและการปรับตัว (Flexibility and adaptability)

3.2 เป็นผู้มีความคิดริเริ่ม (Initiative and self-direction)

3.3 ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม (Social and cross-cultural skills)

3.4 การเพิ่มผลผลิตและการรับผิดชอบ (Productivity and accountability)

3.5 ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Leadership and responsibility)

จากการได้ศึกษาข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้สรุปว่า ทักษะสำคัญที่ผู้เรียนควรมีในศตวรรษที่ 21 นั้นคือ 3Rs และ 7Cs ซึ่ง 3Rs คือการอ่าน (Reading) การเขียน (‘Riting หรือ Writing) และการคำนวณ (‘Rithmetic หรือ Arithmetic) และ 7Cs คือ

Creatively and innovation (ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม)

Critical thinking and problem solving (ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา)

Collaboration, teamwork and leadership (ทักษะความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ)

Cross-cultural understanding (ทักษะความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์)

Communication, information and media literacy (ทักษะการสื่อสาร ข้อมูลสารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ)

Computing and media literacy (ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร)

Career and learning self-reliance (ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้)

ซึ่งผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 คือทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม นั่นก็คือการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving)

4.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving)

4.2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ดิวอี้ (Dewey. 1933: 30) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง การคิดอย่างไตร่ตรอง ไคร่ครวญ และสะท้อนความคิดออกมา เป็นการคิดที่เริ่มต้นจากปัญหาและเกิดสถานการณ์ที่ยุ่งยาก สับสนและจบลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

เอนนิส (Ennis. 1985: 10) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง กระบวนการคิดที่ผ่านการพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล เพื่อตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อ สิ่งใดไม่ควรเชื่อ สิ่งใดควรทำ สิ่งใดไม่ควรทำ เพื่อตัดสินใจในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

วูดส์ (Woods. 1993: 65) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่มีความคล่องแคล่วในการติดต่อสื่อสาร รวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินผล ผ่านการสังเกต การไตร่ตรอง การใช้เหตุผล มีทักษะในการคิดรวบยอดและการประยุกต์ใช้

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2549: 4) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าหมายถึง การคิดไคร่ครวญเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างลึกซึ้ง จนเกิดปัญหาที่สามารถรู้หรือให้เหตุผลที่ถูกต้อง

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2552:72) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าหมายถึง กระบวนการคิดที่ใช้เหตุผลโดยมีการศึกษาข้อเท็จจริง หลักฐาน และข้อมูล

ต่างๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจ แล้วนำมาพิจารณาวิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผล ก่อนที่จะตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อหรือไม่ควรเชื่อ

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556: 110) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าหมายถึง ความสามารถในการคิดรวบยอด การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับรวบรวมมาอย่างรอบด้านทั้งข้อมูลเชิงวิชาการ ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม และข้อมูลส่วนตัวของผู้คิดซึ่งเป็นกระบวนการคิดขั้นสูง พิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบในการตัดสินใจ ให้เกิดความชัดเจน ถูกต้องแม่นยำ ตรงประเด็น มีหลักฐานตรวจสอบได้ มีเหตุผล มีความกว้างขวาง และเป็นธรรม ไม่ลำเอียง นำไปสู่การสรุปและตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ที่เป็นปัญหาอย่างถูกต้องและเหมาะสม

บรรจง อมรชีวิน (2556: 2-3) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าหมายถึง ความสามารถในการที่จะคิดได้อย่างกระจ่างแจ่มแจ้งและอย่างมีเหตุผล การคิดอย่างไตร่ตรอง และรวมถึงความสามารถในการที่จะคิดได้อย่างอิสระและการสะท้อนคิด

ลักขณา สรวิวัฒน์ (2549: 89) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าหมายถึง การใช้ความคิดเพื่อวิเคราะห์ สังเคราะห์ ตัดสินใจ และแก้ปัญหา โดยยึดหลักการคิดด้วยเหตุผล อาศัยข้อมูลที่เป็นจริง รวมทั้งทักษะการคิดไตร่ตรองด้วยความรอบคอบ ใช้สติปัญญาในการคาดเดาส่งต่างๆ โดยปราศจากอารมณ์

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การคิดพิจารณาหมายถึง กระบวนการคิดขั้นสูงที่มีความซับซ้อน ได้แก่ กระบวนการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย คิดอย่างเป็นระบบ โดยอ้างอิงเหตุและผล รวมทั้งการคิดพิจารณา ไตร่ตรอง อย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูล สถานการณ์ที่เป็นปัญหา มีการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล โดยมีหลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้ ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ และตัดสินใจได้ว่า สิ่งใดเหมาะสม สิ่งใดไม่เหมาะสม สิ่งใดควรทำ สิ่งใดไม่ควรทำ สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ มีถูกต้อง และเหมาะสม สามารถตรวจสอบความคิดของตนเองได้

4.2.2 ความหมายของการแก้ปัญหา

บรูเนอร์ (อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์. มปป.: 206; อ้างอิงจาก Bruner. 1969) ได้ให้ความหมายกระบวนการแก้ปัญหาว่า หมายถึงกระบวนการคิดที่เกิดจากโจทย์ที่ท้าทาย และเกิดการตอบสนองต่อโจทย์นั้นให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่แท้จริง

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551: 145) ได้ให้ความหมายการแก้ปัญหาว่า หมายถึง การคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างพินิจพิเคราะห์สิ่งต่างๆ ที่เป็นประเด็นสำคัญของเรื่องหรือสิ่งต่างๆ ที่คอยสร้างความรำคาญ สร้างความยุ่งยากและความวิตกกังวล และหาหนทางขจัดสิ่งที่เป็นปัญหานั้นให้หมดไป

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2552: 72) ได้ให้ความหมายความสามารถในการคิดแก้ปัญหาว่า หมายถึง การนำประสบการณ์เดิมที่เกิดจากการเรียนรู้มาเป็นพื้นฐานการ

แก้ปัญหาในสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ โดยมีขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ปัญหาให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้

อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์ (มปป.: 207) ได้ให้ความหมายความสามารถในการคิดแก้ปัญหาว่า หมายถึง กลยุทธ์ทางการคิดของมนุษย์ที่เกิดขึ้น โดยมีขั้นตอนที่รับรู้ปัญหา เห็นปัญหา เข้าใจประเด็นปัญหาว่าข้อมูลหรือความรู้อะไรที่เกี่ยวข้องกับการหาทางออก มีการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ สังเคราะห์ ซึ่งอาจต้องผ่านกระบวนการทดลอง ทดสอบ หรือตรวจสอบก่อนที่จะได้คำตอบที่ถูกต้อง

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การแก้ปัญหา หมายถึง การนำองค์ความรู้ ประสบการณ์เดิม ผ่านกระบวนการ ขั้นตอน วิธีการเพื่อคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งอาจจะผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะได้คำตอบ เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

4.2.3 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

จากที่ได้ศึกษาความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความหมายของการแก้ปัญหา ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา หมายถึง กระบวนการคิดขั้นสูงที่มีความซับซ้อน ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย คิดอย่างเป็นระบบ เพื่อแก้ไขปัญหาด้วยความไตร่ตรอง รอบคอบ อย่างเป็นเหตุเป็นผล และสามารถตรวจสอบความคิดของตนเองได้ นำไปสู่การคิดแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยประกอบด้วยดังนี้

1. การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผลของปัญหา
2. การคิดอย่างเป็นระบบ หมายถึง การวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของปัญหา เพื่อนำไปสู่การวางแผน กำหนดแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา
3. การคิดตัดสินใจ หมายถึง การประเมินโดยมีหลักเกณฑ์เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา โดยอาศัยการตีความจากข้อมูล แล้วลงข้อสรุปเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสม
4. การแก้ปัญหา หมายถึง การนำองค์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา สามารถลงมือกระทำการแก้ไขปัญหาตามแนวทางที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้อย่างเหมาะสม และตรวจสอบการแก้ปัญหาด้วยตนเองได้

4.2.4 กระบวนการขั้นตอนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

บลูมและกานเย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545: 197-198 อ้างอิงจาก Bloom. 1961 และ Gagne. 1985) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าเป็นกระบวนการที่เริ่มจากสัญลักษณ์ทางภาษาจนโยงมาเป็นความคิดรวบยอด เป็นกฎเกณฑ์และนำกฎเกณฑ์ไปใช้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.สังเกต ให้ผู้เรียนสังเกต รับรู้ และพิจารณาคำ ข้อความ หรือภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ให้ทำกิจกรรมการรับรู้ เข้าใจ ได้ความคิดรวบยอดที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ สรุปเป็นใจความสำคัญครบถ้วน ตรงตามหลักฐานข้อมูล

2.อธิบาย ให้ผู้เรียนอธิบายหรือตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น เห็นด้วยหรือไม่ เห็นด้วยกับสิ่งที่กำหนด เน้นการใช้เหตุผลด้วยหลักการ กฎเกณฑ์ อ้างหลักฐานข้อมูลประกอบให้น่าเชื่อถือ

3.รับฟัง ให้ผู้เรียนได้รับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างจากความคิดเห็นของตน ได้ฟัง และตอบคำถามตามความคิดเห็นที่แตกต่าง เน้นการปรับเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล ไม่ใช่อารมณ์หรือถือความคิดเห็นของตนเองเป็นใหญ่

4.เชื่อมโยงความสัมพันธ์ ให้นักเรียนได้เปรียบเทียบความแตกต่างและความคล้ายคลึงของสิ่งต่างๆ จัดกลุ่มสิ่งที่เป็นพวกเดียวกัน หาเหตุผลหรือหลักเกณฑ์มาเชื่อมโยงในลักษณะอุปมาอุปไมย

5. วิจารณ์ จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนวิเคราะห์เหตุการณ์ คำกล่าว แนวคิดหรือการกระทำที่กำหนด แล้วให้จำแนกหาข้อดี ข้อด้อย ส่วนดี ส่วนด้อย ส่วนสำคัญหรือส่วนที่ไม่สำคัญจากสิ่งนั้น ด้วยการยกเหตุผลและหลักฐานประกอบ เช่น บอกว่าการกระทำนั้นไม่เหมาะสมเพราะอะไร ทำถูกต้องเพราะอะไร

6.สรุป ให้ผู้เรียนพิจารณาการกระทำ หรือข้อมูลต่างๆ ที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกัน แล้วสรุปผลอย่างตรงไปตรงมาตามหลักฐานข้อมูล เช่น การกระทำนั้นผู้เรียนเห็นว่าเป็นการกระทำที่ถูกต้องควรประพฤติปฏิบัติอย่างไร มีเหตุผลสนับสนุนอย่างไร ข้อความที่กล่าวมานั้นเชื่อถือได้หรือไม่อย่างไร

เดรสเซล; และเมย์ฮิว (Dressel; & Mayhew. 1957: 179-181) กล่าวว่า กระบวนการคิดวิจารณ์ญาณ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

1.การนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการกำหนดปัญหา ข้อโต้แย้ง วิเคราะห์ข้อความหรือข้อมูลที่คลุมเครือให้ชัดเจน และเข้าใจความหมายของคำหรือข้อความ หรือแนวคิดภายในขอบเขตข้อเท็จจริงที่กำหนดให้ ระบุงค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา จัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอน

2.การรวบรวมข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการพิจารณาปรากฏการณ์ต่างๆ ด้วยความเป็นปรนัย เลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาข้อโต้แย้ง หรือข้อมูลที่คลุมเครือ แสวงหาข้อมูลที่ถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.การจัดระบบข้อมูล เป็นความสามารถในการแสวงหาแหล่งที่มาของข้อมูล วินิจฉัยความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ระบบ ข้อตกลงเบื้องต้นของข้อความ พิจารณาความเพียงพอของข้อมูล จัดระบบโดยวิธีการต่างๆ เช่น จำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา ข้อเท็จจริงกับความคิดเห็น

พิจารณาข้อมูลที่แสดงถึงความลำเอียงและการโฆษณาชวนเชื่อ และตัดสินความขัดแย้ง และเสนอข้อมูลได้

4.การเลือกสมมติฐาน เป็นความสามารถในการเลือกสมมติฐาน ที่สามารถเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก การกำหนดสมมติฐานจากความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูล พิจารณาทางเลือกหลายๆทางในการแก้ปัญหา

5.การสรุป เป็นความสามารถในการคิดพิจารณาข้อความคลุมเครือของข้อมูล โดยจำแนกข้อมูลที่มีเหตุผลหนักแน่น และน่าเชื่อถือว่ามี ความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจสรุป ถ้าการสรุปไม่มีเหตุผลเพียงพอต้องมีการหาเหตุผลเพิ่มเติมมาพิจารณาตัดสินการสรุปใหม่ แล้วจึงนำข้อสรุปและหลักการไปประยุกต์ใช้

สுகนธ์ สินธพานนท์ (2558: 139) ได้สรุปกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การทำความเข้าใจกับปัญหา / ประเด็นปัญหา / สถานการณ์ที่พบ
2. การรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาหรือการตัดสินใจ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาข้อมูล เพื่อหาทางเลือกหรือคำตอบที่ถูกต้องอย่างรอบคอบประเมินทางเลือกหลายๆทาง

4. การสรุป เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้ นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ที่มีความสอดคล้องในทักษะในศตวรรษที่ 21 และคุณภาพการศึกษาที่ว่าในประเทศไทยนี้การที่จะสอนให้ผู้เรียนมีการคิดวิเคราะห์ และมีการแก้ปัญหาเป็นนั้น ผู้เรียนควรจะเรียนรู้จากการใช้สถานการณ์ปัญหา เน้นกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดอย่างเป็นระบบ และบรรลุตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่มีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกิจกรรมที่สร้างขึ้นในชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย

4.3 ความสามารถในการพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

สมรรถนะเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ ซึ่ง นรินทร์ สังข์รักษา ได้กำหนดไว้ 5 ด้าน (นรินทร์ สังข์รักษา. 2557: 52-53) ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร ได้แก่ การรับและส่งสารอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ภาษาและการสื่อสารอย่างมีวัฒนธรรม การใช้การสื่อสารเพื่อถ่ายทอดความคิด ความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนะ การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและประสบการณ์ การเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่างๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยความ

มีเหตุผลและพิจารณาอย่างถูกต้อง และการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่จะตามมาทั้งต่อตนเอง สังคม และประเทศชาติ

2. ความสามารถในการคิด ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดอย่างมีระบบ

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา ได้แก่ การแก้ปัญหาอุปสรรคต่างๆ อย่างถูกต้องเหมาะสม การเข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคม การแสวงหาความรู้ การนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการป้องกันและการแก้ปัญหา การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ ถูกต้องและเหมาะสม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต ได้แก่ การนำหรือประยุกต์กระบวนการต่างๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ในการทำงาน การเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน หรือแม้กระทั่งการอยู่ร่วมกันในสังคม การเสริมสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งอย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมหรือสังคมโลกในปัจจุบัน ซึ่งต้องหลีกเลี่ยงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมที่ส่งผลกระทบต่อตนเอง ผู้อื่น สังคมและประเทศชาติ

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ได้แก่ การเลือกใช้เทคโนโลยีต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม และการใช้กระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

4.4 ศักยภาพครูในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

การพัฒนาครูเพื่อให้มีศักยภาพในการจัดการเรียนรู้ตามเป้าหมายนั้น ครูควรได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถดังนี้ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. 2556: 11)

1. ครูสามารถจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21 เครื่องมือการเรียนรู้และกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ไปสู่การปฏิบัติการในชั้นเรียน

2. ครูสามารถจัดการเรียนการสอนโดยจัดการบูรณาการเนื้อหาวิชาทั้งภายในและระหว่างสาขาวิชา

3. ครูสามารถจัดการเรียนการสอนโดยมุ่งเน้นการทำโครงการเชื่อมโยงการเรียนรู้ให้เข้ากับชีวิตจริง

4. ครูสามารถจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ผึกคิด และส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาทักษะที่เป็นพื้นฐานและทักษะในศตวรรษที่ 21

5. ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้และทำงานแบบร่วมมือ

6. ครูสามารถออกแบบพัฒนา การวัดและประเมินผลที่รองรับการประเมินผลในการพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน

7. ครูสามารถใช้เทคโนโลยี สื่อมัลติมีเดียเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการเรียนการสอน

8. ครูสามารถจัดการเรียนการสอนที่ควรจะให้มาส่งเสริมการพัฒนาเป็นรายบุคคลตามศักยภาพของผู้เรียน

จากการศึกษาศักยภาพครูในการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยจึงได้นำมาปรับใช้ในการเรียนการสอนในชุดกิจกรรม ดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเนื้อหาวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงในชีวิตจริงได้

2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการฝึกทักษะการคิด วิธีการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

3. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี

4. ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นหาข้อมูลในการเรียนรู้

4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

4.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

งานวิจัยในประเทศ

วิภาวี ศิริลักษณ์ (2557: 155-165) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาตัวบ่งชี้ทักษะของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ทักษะ และเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้เชิงทักษะของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมในการบ่งชี้ทักษะของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 มี 5 องค์ประกอบ 24 ตัวบ่งชี้ คือ องค์ประกอบที่ 1-5 ประกอบด้วย ทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ มี 3 ตัวบ่งชี้ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มี 4 ตัวบ่งชี้ ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี มี 6 ตัวบ่งชี้ ทักษะการสื่อสาร มี 4 ตัวบ่งชี้ และทักษะชีวิตและอาชีพ มี 7 ตัวบ่งชี้ ตามลำดับ และผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง พบว่า โมเดลองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ทักษะของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งรายละเอียดขององค์ประกอบที่ 2 คือ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ดังนี้

1. มีความสามารถในการนิยามและทำความเข้าใจปัญหา

2. มีความสามารถในการวิเคราะห์ ประเมิน สรุปและเลือกใช้ข้อมูลในการแก้ปัญหา

3. สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย

4. ตัดสินใจลงข้อสรุปในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงผลกระทบที่จะตามมาหลังจากที่ได้เลือกทางเลือกนั้นได้อย่างมีเหตุผล

ซึ่งตัวบ่งชี้ทั้ง 4 นี้มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.43-0.54 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกตัวบ่งชี้

4.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา งานวิจัยในประเทศ

ศิริลักษณ์ วิทยา (2555: 102-112) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมีเรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ด้านความมีเหตุผล และความสามารถในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนด้านความมีเหตุผล และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วราภรณ์ ศรีวิโรจน์ (2557: 1-11) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์แบบเน้นการบูรณาการการฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แบบเน้นการบูรณาการ การฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้แบบร่วมมือ และเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการใช้รูปแบบการเรียนการสอน เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ แบบเน้นการบูรณาการการฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีและสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิชาติ พยัคฆิน (2557: 77-88) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยรูปแบบ 2(PCA) ในหน่วยการเรียนรู้สหวิทยาการเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยรูปแบบ 2(PCA) ในหน่วยการเรียนรู้สหวิทยาการเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้สหวิทยาการ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผ่านรูปแบบ 2(PCA) มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้สหวิทยาการ เรื่อง การเปลี่ยนแปลง

สภาพภูมิอากาศ ผ่านรูปแบบ 2(PCA) หลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุทธภา บุญแถม (2553: 131-135) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 โรงเรียนบัวใหญ่ อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) สูงกว่าก่อนการสอน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กรรณการ์ ทองรักษ์ (2557: 1-9) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบแผนการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1.เพื่อศึกษาแนวดำเนินการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 2.เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 3. เพื่อทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยศึกษาผลของการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนก่อนเรียนกับหลังเรียน เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า

1.การจัดการเรียนการสอนของครูต้นแบบวิทยาศาสตร์ พบว่า ครูมีบทบาทสำคัญทั้งในการเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ และวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2.รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนา พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

3.ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ทัชยา อุดมรักษ์ (2557: 139-150) ได้ศึกษาเรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รุ่งอรุณ โยธารมณตรี (2556: 221-234) ได้ศึกษาเรื่อง ผลการใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จิราวรรณ สอนสวัสดิ์ (2555: 40-47) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ลิขิต พวงประโคน (2553: 126-130) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจในการเรียนการสอน เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อม จากการจัดการเรียนรู้บูรณาการ แบบสอดแทรก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสอดแทรกกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนบ้านหนองแดง จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องชีวิตและสิ่งแวดล้อมจากการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสอดแทรกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์

สุนันท์ ศลโกสุม (มปป.: 117) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถบุคคลที่เกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกฝน อบรม หรือการสอน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529: 29) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการ เรียนการสอน หรือประสบการณ์ที่บุคคลได้รับการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆ ของสมรรถภาพทางสมอง

สมนึก ภัททิยธนี (2541: 73) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่า หมายถึง สมรรถภาพสมองในด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2545: 95) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่า หมายถึง ความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จ ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

จากข้อมูลทีกล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความรู้ ความสามารถ ทักษะและสมรรถภาพทางสมองของนักเรียน หลังจากทีนักเรียนได้รับการเรียนรู้แล้วมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากพฤติกรรมเดิม โดยอาจจะมี ความรู้ ความสามารถเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถวัดและประเมินโดยใช้เครื่องมือวัดได้ นั่นก็คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552: 167-169) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สามารถ จำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก ดังนี้

5.2.1 จำแนกตามผู้สร้าง

1. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ด้วยกระบวนการมาตรฐานโดยสำนักทดสอบ หรือบริษัทสร้างแบบทดสอบซึ่งมักออกแบบให้ ครอบคลุมเนื้อหาสาระอย่างกว้าง ๆ ที่สอนในหลักสูตรต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับ สถาบันการศึกษาทั่ว ๆ ไป โดยทั่วไปมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานสำหรับการให้บริการ การดำเนินการ สอบ การตรวจให้คะแนน การแปลผลเปรียบเทียบกับบรรทัดฐานระดับชาติ การรายงานผล และ การรายงานคุณภาพของแบบทดสอบ

2. แบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher-made tests) เป็นแบบทดสอบที่ครูเป็น คนสร้างขึ้นมาใช้เอง จึงมักเป็นแบบทดสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาเฉพาะตามหลักสูตรของสถาบันใด สถาบันหนึ่ง การตรวจให้คะแนนและการแปลผลจึงมักทำการเปรียบเทียบผลเฉพาะกลุ่มที่สอบ ด้วยกัน หรือเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ครูกำหนดไว้เฉพาะ

5.2.2 จำแนกตามเนื้อหาวิชา

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สามารถใช้กับวิชาต่าง ๆ ได้ จึงอาจจำแนก แบบทดสอบตามชื่อเนื้อหาวิชา เช่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ ประวัติศาสตร์ แคลคูลัส สถิติศาสตร์ วิจัยทางสังคมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

5.2.3 จำแนกตามการใช้

1. แบบทดสอบความพร้อม (Readiness test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดทักษะพื้นฐานที่จำเป็น สำหรับการเรียนรู้อื่นๆ บทเรียน หรือหน่วยการเรียนรู้ เพื่อพิจารณาว่านักเรียนมีพื้นฐานเพียงพอหรือไม่ จะได้ทบทวนหรือปูพื้นฐานที่จำเป็นก่อนเริ่มเรียนวิชา บทเรียน หรือหน่วยการเรียนรู้

2. แบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnosis test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดจุดเด่น จุดด้อยของทักษะการเรียนรู้สำคัญ อันเป็นปัญหาของนักเรียน แบบทดสอบมุ่งตรวจสอบกลไก องค์ประกอบย่อย ๆ ที่ครอบคลุมกระบวนการสำคัญของทักษะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ เพื่อระบุว่านักเรียนมีปัญหาของการเรียนรู้ตรงจุดไหน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขและสอนซ่อมเสริม

3. แบบทดสอบสมรรถภาพ (Proficiency test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดว่า ผู้สอบมีสมรรถนะถึงระดับที่เหมาะสมหรือยัง เพื่อใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงระดับความสามารถสำหรับการคัดเลือกหรือให้สิทธิบางประการ เช่น การสอบใบขับขี่รถยนต์ การสอบความสามารถทางภาษา การสอบความสามารถทางคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เป็นต้น

4. แบบทดสอบเชิงสำรวจ (Survey test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำรวจวัดระดับ ความรู้เชิงสรุปทั่วไป ของนักเรียนหรือนิสิตนักศึกษาในสาขาวิชาเฉพาะ แบบทดสอบจึงควร ครอบคลุมเนื้อหาทั่วไปได้จากมวลเนื้อหาอย่างกว้างขวาง เพื่อทดสอบผลการเรียนรู้ทั่วไป เช่น แบบทดสอบปลายภาคเรียน เป็นต้น

5.2.4 จำแนกตามการแปลผล

1. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm-referenced tests) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัด ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความรู้ ความสามารถของผู้สอบ ข้อสอบอิงกลุ่มจึง ถูกสร้างและเลือกมาใช้เพื่อทำหน้าที่จำแนกระดับความสามารถของผู้สอบที่แตกต่างกัน คะแนนสอบ ที่ได้จึงนำไปใช้แปลความหมายโดยเปรียบเทียบความรู้ ความสามารถระหว่างกลุ่มผู้สอบด้วยกันเอง

2. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced tests) เป็นแบบทดสอบที่มุ่ง วัดระดับการเรียนรู้ของนักเรียนว่ามีความรู้ ความสามารถอะไรบ้าง ข้อสอบอิงเกณฑ์ถูกสร้างให้ ครอบคลุมความรู้ หรือทักษะสำคัญของการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดขึ้น คะแนนสอบที่ได้จึงแปลผล โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้

5.2.5 จำแนกตามรูปแบบการตอบ

1. แบบทดสอบประเภทเสนอคำตอบ (Supply type)

1.1 แบบทดสอบความเรียง (Essay test)

1.2 แบบทดสอบแบบตอบสั้น (Short answer)

1.3 แบบทดสอบแบบเติมคำ (Completion)

2. แบบทดสอบประเภทเลือกคำตอบ (Selection type)

2.1 แบบทดสอบแบบถูก-ผิด (True-false)

2.2 แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching)

2.3 แบบทดสอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple-choice)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น วัดผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความรู้ความสามารถของผู้สอบ เพื่อทำหน้าที่จำแนกระดับความสามารถของผู้สอบที่แตกต่างกัน โดยนำคะแนนสอบที่ได้ไปใช้แปลความหมายเปรียบเทียบความรู้ ความสามารถระหว่างกลุ่มผู้สอบด้วยตนเอง

5.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552: 174-191) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ (Specification of purpose)

จุดมุ่งหมายของการสอบจะต้องมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2. ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ (Test design)

การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้างเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบและแบบทดสอบที่มีคุณภาพ การออกแบบการสร้างแบบทดสอบจะประกอบด้วยกิจกรรมการดำเนินงาน ดังนี้

2.1 วางแผนการทดสอบ (Testing plans)

2.2 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ (Test formats)

2.3 สร้างแผนผังการทดสอบ (testing map)

2.4 สร้างผังข้อสอบ (Test blueprint)

3. เขียนข้อสอบ (Item writing)

หลังจากการสร้างตารางผังข้อสอบแล้ว ครูจะมีความพร้อมสำหรับลงมือเขียนข้อสอบ การเขียนข้อสอบเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดี และยังจะต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียน ตลอดจนการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญการเขียน ข้อสอบที่ดีควรมีลำดับขั้นตอนการเขียน ดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ (Item specification)

3.2 ร่างข้อสอบ (Item drafting)

3.3 ทบทวนร่างข้อสอบ (Item review)

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ (Item editing)

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ (Item tryout and analysis)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สำหรับการเรียนการสอนโดยทั่วไป เมื่อสร้างและทบทวนอย่างดีแล้ว ก็สามารถนำไปใช้ได้ แต่ถ้าเป็นไปได้และต้องการความมั่นใจควรนำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มผู้สอบที่ตั้งใจจะนำไปใช้จริง เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ก่อนข้างคงที่และน่าเชื่อถือ

จุดประสงค์ของการทดลองใช้ข้อสอบเพื่อให้ได้สารสนเทศว่า กลุ่มตัวอย่างตอบสนองต่อข้อสอบอย่างไร และมีปัญหาอะไรบ้าง การวิเคราะห์ผลการตอบจึงควรกระทำทั้งการวิเคราะห์ทางกายภาพและการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่เหมาะสมมาจัดรวมเป็นแบบทดสอบที่ต้องการต่อไป

4.1 การวิเคราะห์ข้อสอบ (Item analysis)

4.2 การคัดเลือกข้อสอบรวมเป็นแบบทดสอบ (Assembling the test)

4.3 การวิเคราะห์แบบทดสอบ (Test analysis)

5. นำแบบทดสอบไปใช้ (Test administration)

เมื่อมีการเตรียมแบบทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว การนำแบบทดสอบไปใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนนั้น ครูจะต้องคำนึงถึงปัจจัยรอบด้านต่าง ๆ ที่จะมามีอิทธิพลต่อการแสดงความสามารถในการตอบคำถามของนักเรียน ตั้งแต่คำสั่ง ระยะเวลาในการตอบ เงื่อนไขการสอบ และการตรวจให้คะแนน

6. วิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ (Test analysis)

เมื่อได้นำแบบทดสอบไปใช้แล้ว ครูควรนำคะแนนสอบที่ได้มาศึกษาเพื่อทราบลักษณะของคะแนนสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย การกระจาย รูปแบบของการกระจาย จากนั้นจึงควรทำการวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อทราบคุณภาพของแบบทดสอบทางด้านความเที่ยงและความตรง

7. ปรับปรุงแบบทดสอบ (Test revision)

ปรับปรุงแบบทดสอบตามข้อบกพร่องที่พบเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มอื่น ๆ ที่มาจากประชากรเป้าหมายเดียวกัน การนำไปใช้ควรเป็นไปตามเงื่อนไขมาตรฐานที่กำหนดไว้ แล้วทำการวิเคราะห์ซ้ำอีก ถ้าผลการวิเคราะห์ยืนยันว่าเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพ ควรพัฒนาปกติวิสัยหรือเกณฑ์ เพื่อเป็นบรรทัดฐานของการเปรียบเทียบความหมายคะแนน และเก็บไว้ในคลังข้อสอบไว้ใช้ต่อไป

5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

งานวิจัยในประเทศ

จินตวิทย์ โยสีดา (2554: 59-65) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และเพื่อศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไบโอดีเซล หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่องไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริลักษณ์ วิทยา (2555: 102-112) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมีเรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เครือวัลย์ แสงโสภา (2556: 64-65) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ในอ่างเก็บน้ำคลองลำกง ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ หลังการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพในอ่างเก็บน้ำคลองลำกง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปวีณา ซาลีเครือ (2553: 58) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01

ลิขิต พวงประโคน (2553: 126-130) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจในการเรียนการสอน เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อมจากการจัดการเรียนรู้บูรณาการ แบบสอดแทรก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสอดแทรกกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนบ้านหนองแดง จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องชีวิตและสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสอดแทรก สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุทธภา บุญแซม (2553: 131-135) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 โรงเรียนบัวใหญ่

อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุพัตรา ฝ่ายจันทร์ (2552: 61) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จิรพันธุ์ ทศนศรี (2548: 72) ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยรูปแบบซิปปากับแบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบซิปปากับการสอนโดยใช้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบซิปปาหลังได้รับการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้หลังได้รับการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พรศรี ดาวรุ่งสวรรค์ (2548: 54) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมใจ มีสมวิทย์ (2548: 51) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบอริยสัจ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนโดยสอนแบบอริยสัจ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุมาลี โชติชุ่ม (2544: 85) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเชาว์อารมณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอน โดยใช้ชุดการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมเชาว์อารมณ์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมเชาว์อารมณ์กับการสอนตามคู่มือครูมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนวชิรธรรมสาริต เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 40 คน

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยใช้เวลา 12 คาบ ใน 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ มีการแบ่งช่วงเวลาในการใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่พัฒนาขึ้น ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	ทดสอบก่อนเรียน พร้อมชี้แจงการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน	2
1-2	หน่วยที่ 1 เรื่องปิโตรเลียม	6
3	หน่วยที่ 2 เรื่องพลังงานทดแทน	2
3	ทดสอบหลังเรียน	2
รวม		12

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ชุดกิจกรรมสะสมเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน
3. แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมสะสมเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมสะสมเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

1.1 ศึกษาตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ผลตามตาราง 1

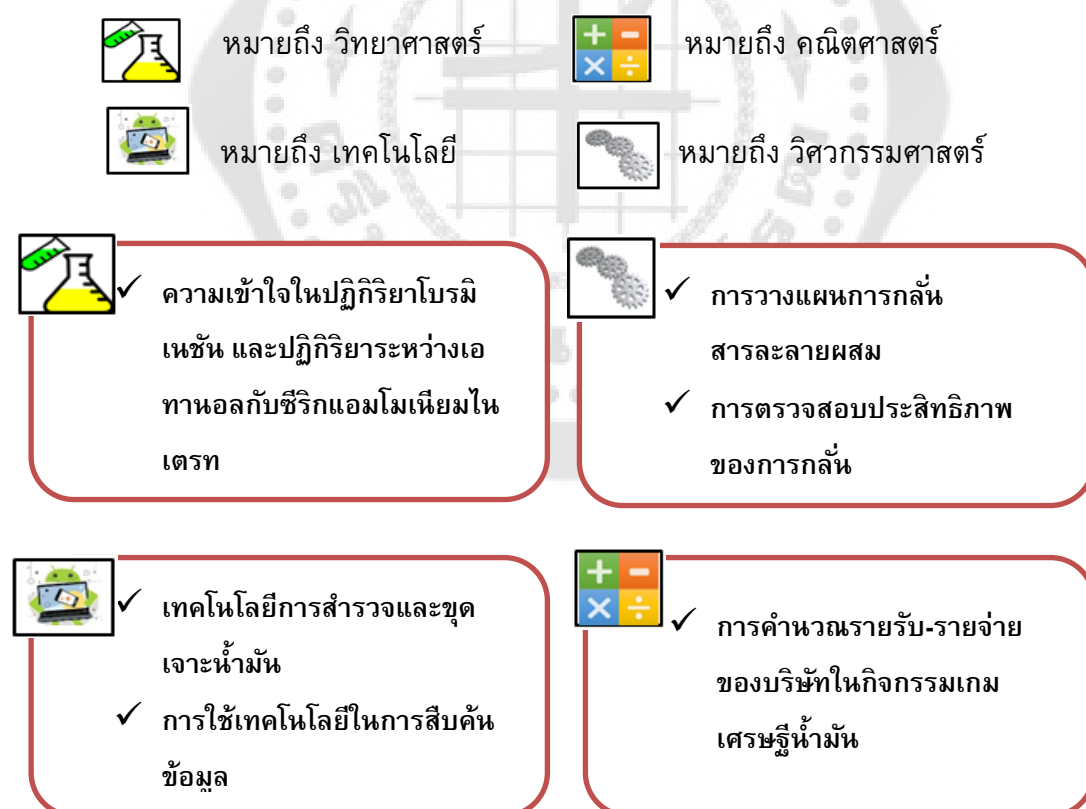
1.2 ศึกษาเนื้อหาเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน จากหนังสือและเอกสารต่างๆ เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยของรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่องปิโตรเลียม ประกอบไปด้วย การเกิดปิโตรเลียม การสำรวจปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมันดิบ การแยกแก๊สธรรมชาติ ปิโตรเคมีภัณฑ์ และผู้วิจัยเพิ่มเติมเนื้อหาเรื่องวิกฤตการณ์พลังงานและพลังงานทดแทนเข้ามาในรายวิชานี้ เพื่อให้ทันสมัยและให้ผู้เรียนตระหนักรู้ถึงสถานการณ์การใช้พลังงานในปัจจุบัน และเนื่องจาก การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดกิจกรรมสะสมเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงต้องเพิ่มเนื้อหาให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนไปแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ และกำหนดกรอบสาระการเรียนรู้และจำนวนคาบของชุดกิจกรรม โดยกำหนดให้ชุดกิจกรรมมี 2 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปิโตรเลียม จำนวน 6 คาบเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พลังงานทดแทน จำนวน 2 คาบเรียน

1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดกิจกรรม จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว ซึ่งในงานวิจัยนี้คือชุดกิจกรรมสะสมเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มหรือมีการเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) เข้าด้วยกัน ซึ่งส่วนประกอบของกิจกรรมแต่ละหน่วย

ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง จุดประสงค์การเรียนรู้ สารสำคัญของเรื่อง คำศัพท์ที่ควรรู้ บทนำ จุดประสงค์ และเวลาที่ใช้ในการทำชุดกิจกรรมแต่ละชุด เนื้อหา และคำถามท้ายกิจกรรม

1.4 ศึกษาหนังสือเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา จากหนังสือและเอกสารต่าง ๆ จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว พบว่า การเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนการสอนแบบสหวิทยาการ โดยมีวิธีการเรียนรู้ที่ครอบคลุม 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ รวมทั้งวิธีการสอนแบบผสมผสานกันของแต่ละสาขาวิชา เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้จากทุกวิชามาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลก

2. วางแผนและออกแบบกิจกรรมในชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยกำหนดกรอบการเรียนรู้ ในขั้นตอนนี้จะกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ และกำหนดแนวความคิดในการเรียนรู้ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เป็นการกำหนดขอบเขตว่าต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ความรู้เชื่อมโยงทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบวิศวกรรม และคณิตศาสตร์อย่างไรเพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่วางไว้ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงตัวอย่างการบูรณาการเนื้อหาวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนตามแบบสะเต็ม (STEM)

3. สร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ซึ่งประกอบด้วย หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 2 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่

หน่วยที่ 1 เรื่องปิโตรเลียม ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมรวม 6 คาบ โดยประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้

-กิจกรรมสนุกคิด วิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนแสดงบทบาทสมมติเป็นผู้เชี่ยวชาญในบริษัทน้ำมันระดับชาติ เพื่อให้นักเรียนศึกษาแหล่งปิโตรเลียมในประเทศและในโลก และสืบค้นเพิ่มเติมเพื่อศึกษาวิธีการสำรวจแหล่งน้ำมันเชื้อเพลิง

-กิจกรรมท้าทายความคิด ประกอบด้วย กิจกรรมท้าทายความคิดที่ 1 เป็นกิจกรรมเกมเศรษฐีน้ำมัน ดังภาพประกอบ 5 เพื่อฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยแต่ละบริษัทร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเล่นเกม ประเมินความเป็นไปได้ที่จะพบน้ำมัน รวมทั้งคาดการณ์ล่วงหน้า ตัดสินใจ และลงข้อสรุป และกิจกรรมท้าทายความคิดที่ 2 เป็นกิจกรรมที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความคิดวิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหา โดยกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับวิกฤติการณ์พลังงาน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนศึกษา ทำความเข้าใจ และสืบค้นข้อมูล ระดมความคิดเห็นกันภายในบริษัท รวมทั้งตัดสินใจ ลงข้อสรุปและหาแนวทางในการแก้ปัญหา



ภาพประกอบ 5 แสดงตัวอย่างภาพกิจกรรมเกมเศรษฐีน้ำมัน

-กิจกรรมทดลองเพื่อรู้ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองการกลั่นสารละลายผสมระหว่างเฮกเซนกับเอทานอล เพื่อให้นักเรียนนำกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการวางแผน ตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้ พร้อมทั้งทำการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตรงตามมาตรฐาน

หน่วยที่ 2 เรื่องพลังงานทดแทน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรม 2 คาบ โดยประกอบด้วย กิจกรรม ดังนี้

-กิจกรรม Energy Festival เป็นกิจกรรมที่กำหนดสถานการณ์ปัญหา กระตุ้นให้นักเรียนใช้วิจารณญาณในการสืบค้นและเลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อนำเนื้อหา มาจัดทำโปสเตอร์นำเสนอผลงานในงานนิทรรศการ Energy Festival ที่จัดขึ้น

4. สร้างคู่มือครูของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประกอบด้วย คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา แผนการจัดการเรียนรู้ แนวทางการตอบในแต่ละกิจกรรม และเฉลยของแบบทดสอบย่อยของแต่ละกิจกรรมและคำถามท้ายหน่วย

วิธีการหาคุณภาพของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 2 ท่าน ในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ระหว่างระดับ 1-5 ดังนี้

มากที่สุด ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 5

มาก ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4

ปานกลาง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3

น้อย ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2

น้อยที่สุด ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1

การแปลความหมาย ใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

จากการนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบพิจารณาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ พบว่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของทั้งชุดกิจกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.50 แสดงว่าองค์ประกอบของทั้งชุดกิจกรรม

มีความเหมาะสมในระดับมาก และเมื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมในแต่ละประเด็น มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.60-4.60 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่าง 0.45-1.22 แสดงว่าทุกองค์ประกอบของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมในระดับมาก และมากที่สุด ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.สภาพปัญหาและความจำเป็นมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพสังคมปัจจุบัน	4.40	0.55	มาก
2.หลักการของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4.20	0.45	มาก
3.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเป็นไปได้	4.20	0.45	มาก
4.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.40	0.89	มาก
5.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีประโยชน์สำหรับนักเรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
6.จุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความชัดเจนและเป็นไปได้	4.40	0.89	มาก
7.จุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.40	0.55	มาก
8.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาครอบคลุมความรู้ที่นักเรียนควรได้รับ	3.80	0.84	มาก
9.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม	4.00	0.71	มาก
10.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง	4.40	0.84	มาก
11.การกำหนดหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.20	0.84	มาก

ตาราง 5 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
12.กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมาย	4.20	0.45	มาก
13.ระยะเวลาในการเรียนตามชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีความเหมาะสม	4.40	0.71	มาก
14.กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเหมาะสม	4.60	0.45	มากที่สุด
15.ความถูกต้องของภาษา	4.40	1.14	มาก
16.การใช้สีสันทัดตัวอักษรและภาพ เหมาะสม	4.40	1.22	มาก
17.การประเมินผลของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน	3.80	0.89	มาก
18.การประเมินผลชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4.00	0.71	มาก
19.การประเมินผลชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเหมาะสมในการตรวจสอบการบรรลุจุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	4.40	0.55	มาก
20.รูปแบบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเหมาะสม	3.60	0.89	มาก
ภาพรวม	4.10	1.50	มาก

1.2 ด้านความสอดคล้องขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 2 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อการปรับปรุงชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนนดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่ได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าเท่ากับ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.3 จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นในการปรับปรุงชุดกิจกรรม สรุปได้ดังนี้ ปรับปรุงแบบประเมินต้องสอดคล้องกับทักษะ/กระบวนการ ปรับปรุงเนื้อหาบางส่วนให้มีความชัดเจนมากขึ้น การลำดับเนื้อหายังไม่ต่อเนื่อง ภาพประกอบบางรูปไม่ชัดเจนควรแก้ไขและบอกที่มาของภาพ และในชุดกิจกรรมต้องไม่มีมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เนื่องจากเป็นรายวิชาเพิ่มเติม มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดจะอยู่ในส่วนของรายวิชาพื้นฐาน โดยผู้วิจัยทำการปรับปรุงชุดกิจกรรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังนี้ คือ ปรับเนื้อหาโดยจัดทำเป็นตาราง แผนภาพ เพื่อให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายขึ้น พร้อมทั้งจัดลำดับเนื้อหาให้มีความต่อเนื่อง และทำการปรับเปลี่ยนภาพประกอบที่ไม่ชัดเจน พร้อมบอกที่มาของภาพ และได้ตัดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดออกจากชุดกิจกรรม แล้วจึงนำไปทดลองใช้

2. นำชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม และศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนี้

2.1 ทดลองกลุ่มเล็กกับนักเรียน 5 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมเวลาที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยผู้วิจัยมีสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แล้วนำข้อมูลต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไข พบว่า เนื้อหาบางประโยคในชุดกิจกรรมนี้นักเรียนยังสื่อสารไม่ตรงกัน ทำให้เข้าใจผิดพลาด และสีของกรอบข้อความในชุดกิจกรรมเข้มไป ทำให้นักเรียนอ่านลำบาก เนื่องจากตัวหนังสือไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มใหญ่

2.2 ทดลองกลุ่มใหญ่กับนักเรียน จำนวน 20 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากที่นักเรียนทำกิจกรรมในชุดกิจกรรมผู้วิจัยพบข้อบกพร่องในการจัดกิจกรรมการทดลองการกลั่นสารละลายผสมระหว่างเอทานอลกับเฮกเซนใช้เวลานานเกินไป ผู้วิจัยจึงได้ปรับกิจกรรมนี้โดยลดปริมาณสารละลายผสมที่จะกลั่น เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมเสร็จทันเวลาที่กำหนด นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมเกมเศรษฐีน้ำมัน ผู้วิจัยจึงได้ปรับแก้ไขโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กันโดยกำหนดให้ทุกคนต้องมีหน้าที่ เช่น ผู้เล่น (ทอยลูกเต๋า) ผู้จัดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการเล่นเกมเศรษฐีน้ำมัน เป็นต้น รวมทั้งระหว่างการเล่นเกมเศรษฐีน้ำมัน พบว่าการบริหารการจัดการระหว่างกลุ่มต่อกลุ่มไม่ดี จึงได้แก้ไขโดยสร้าง สามเหลี่ยม player ขึ้นมาเพื่อระบุว่า

กลุ่มใดกำลังเล่นอยู่ และกลุ่มอื่นไม่สามารถเล่นได้หากกลุ่มนี้เล่นยังไม่เสร็จ ก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบและการเขียนข้อสอบสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. ศึกษาตัวชี้วัดของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากหลักสูตร คู่มือครูและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ และด้านการประเมินค่า
3. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน จำนวน 60 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แต่ละข้อจะมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน โดยสร้างแบบทดสอบให้ตรงตามผลการเรียนรู้และครอบคลุมสาระการเรียนรู้

วิธีการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 2 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อการปรับปรุงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนนดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าเท่ากับ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) โดยมี 3 ข้อที่ไม่ถึงเกณฑ์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนที่จะนำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

2. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหานี้มาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 55 คน

3. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนนโดยข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ผิดให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจสอบคะแนนเรียบร้อยแล้ว หาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เป็นรายข้อ จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ ตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.71 มีค่าความยากง่าย (p) รายข้ออยู่ระหว่าง 0.26 ถึง 0.84 ไว้จำนวน 30 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ต่อไป (ดูตัวอย่างแบบทดสอบในภาคผนวก ข)

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

ในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการสร้างแบบวัดผู้วิจัยใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีเนื้อหาปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั่วไป

2. กำหนดจุดมุ่งหมายในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ซึ่งวัด 4 ด้าน คือ 1) การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ 2) การคิดอย่างเป็นระบบ 3) การคิดตัดสินใจ 4) การแก้ปัญหา

3. สร้างนิยามปฏิบัติการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เพื่อให้แบบทดสอบที่สร้างครอบคลุมเนื้อหา และวัดความสามารถในด้านนั้นๆ ครบทั้ง 4 ด้าน

4. สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ โดยมีสถานการณ์ 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบ 4-5 ข้อ ข้อสอบทั้งหมดรวม 25 ข้อ ประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริคส์ มีลักษณะเป็นมาตรฐานค่า 5 ระหว่างระดับที่ 0-4 ดังนี้

มากที่สุด	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4
มาก	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3
ปานกลาง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2
น้อย	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1
ไม่มีหรือไม่ปรากฏ	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมี 2 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเป็นมาตรฐานค่า 3 ระดับ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อการปรับปรุงแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหานำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนนดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าเท่ากับ 0.6-1.0 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหานี้มาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 55 คน

3. นำกระดาษที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อตรวจสอบคะแนนเรียบร้อยแล้ว หาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เป็นรายข้อ โดยคำนวณจากสูตรของวิทนีและชาเบอร์ จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายรายข้ออยู่ระหว่าง 0.27 ถึง 0.64 มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.63 ไว้จำนวน 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบ 3 ข้อ รวมข้อสอบทั้งหมด 15 ข้อ

4. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยคำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่าแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.84 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่าแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ต่อไป (ดูตัวอย่างแบบทดสอบในภาคผนวก ข)

แบบแผนการทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งทำการทดลองตามแบบแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design (ชูศรี วงศ์รัตน์ และ งามอาจ นัยวัฒน์. 2551: 34)

ตาราง 6 แสดงแบบแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design

สอบก่อน	การทดลอง	สอบหลัง
T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

T_1 แทน การทดสอบก่อนการทดลอง

T_2 แทน การทดสอบหลังการทดลอง

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและ

พลังงานทดแทน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวชิรธรรมสาริต โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 40 คน

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนและแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

3. ดำเนินการสอนโดยใช้ระยะเวลาในการสอน จำนวน 8 คาบๆ ละ 50 นาที

4. เมื่อสิ้นสุดตามกำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

5. นำผลคะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยคำนวณจากสูตร E_1/E_2 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528: 294-295) โดยที่

E_1 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

E_2 หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test Dependent Samples

3. ศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test Dependent Samples

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

4.1 สถิติพื้นฐาน

4.1.1 หาค่าเฉลี่ยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 137)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน คำนวณจากสูตร

(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 143)

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

เมื่อ $S. D.$ แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

4.2 สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

4.2.1 หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง

ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียม และพลังงานทดแทน แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง คำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 117)

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัด

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้เทคนิค 50 % โดย วิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ คำนวณจากสูตร (พิชิต ฤทธิ์จัญญ. 2545: 141)

$$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

เมื่อ	p	แทน ค่าความยากง่าย
	r	แทน ค่าอำนาจจำแนก
	P_H	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	P_L	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	n	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

4.2.3 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยคำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ โดยใช้เทคนิค 50% โดยวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ ซึ่งคำนวณจากสูตร

$$p = \frac{S_H + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

$$r = \frac{S_H - S_L}{N(X_{max} - X_{min}^2)}$$

เมื่อ S_H แทนผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทนผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ

N แทนจำนวนผู้สอบในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

X_{max} แทนคะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทนคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

4.2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 123)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของคนที่ทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนที่ทำผิดในแต่ละข้อ = 1- p

S_t^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

4.2.5 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach)

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

เมื่อ α คือ ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

k คือ จำนวนข้อคำถาม

S^2 คือความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

$\sum S_i^2$ คือผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

4.2.6 หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงาน

ทดแทน สูตร E_1/E_2 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528: 294-295)

$$\text{สูตรที่ 1 } E_1 = \frac{\frac{\sum X}{n}}{A} \times 100$$

$$\text{สูตรที่ 2 } E_2 = \frac{\frac{\sum F}{n}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดกิจกรรม
คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการ
ทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

E_2 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดกิจกรรม
คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$\sum X$ แทน คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบท้ายหน่วย

$\sum F$ แทน คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนของนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบท้ายหน่วย

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียน

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

4.3 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน คำนวณจากสูตร t-test Dependent Sample
(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 165-167)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} ; df = n - 1$$

เมื่อ	t	แทน ค่าที่ใช้พิจารณาการแจกแจงแบบที
	D	แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
	$\sum D$	แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมเคมี
	$\sum D^2$	แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมเคมีแต่ละตัวยกกำลังสอง
	n	แทน จำนวนคู่ของคะแนนจากการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูล ผู้วิจัยเสนอตามสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 70/70

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูล คณะผู้วิจัยได้เสนอตามสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 70/70

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง) จากนั้นนำไปหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษากับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จากการศึกษาและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 7 แสดงประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม โดยมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ

ระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (E_1) และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (E_2) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต

การทดสอบ	ชุดกิจกรรมเคมี	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD.	ค่าร้อยละ
ระหว่างเรียน	หน่วยที่ 1	40	10	7.30	1.20	73.00
	หน่วยที่ 2	40	10	7.95	1.13	79.50
	รวม 2 หน่วย (E_1)	40	20	15.25	-	76.25
หลังเรียน	-	40	30	22.40	2.57	74.67

จากตาราง 7 พบว่า ในการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 76.25 และจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนครบทุกกิจกรรม นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 74.67 จึงสรุปได้ว่าชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.25/74.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test dependent samples ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8

ตาราง 8 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ΣD	ΣD^2	t	df	p
ก่อนเรียน	40	30	14.23	3.35	327	3,211	-16.44*	39	.000
หลังเรียน	40	30	22.40	2.01					

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เท่ากับ 14.23 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.35 จากนั้นจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน แล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 22.40 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.01 และจากการทดสอบสถิติ t-test ได้ค่า t เท่ากับ -16.44 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียม และพลังงานทดแทน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบคะแนนของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test dependent samples ได้ผลดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	$\sum D$	$\sum D^2$	t	df	p
ก่อนเรียน	40	60	24.00	5.98	384	4,388	-12.71*	39	.000
หลังเรียน	40	60	34.00	4.68					

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 9 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีคะแนนเฉลี่ยของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาก่อนเรียนเท่ากับ 24.00 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.98 จากนั้นจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน แล้ววัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังเรียน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 34.00 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.98 และจากการทดสอบสถิติ t-test ได้ค่า t เท่ากับ -12.71 มีเลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นักเรียนมีการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

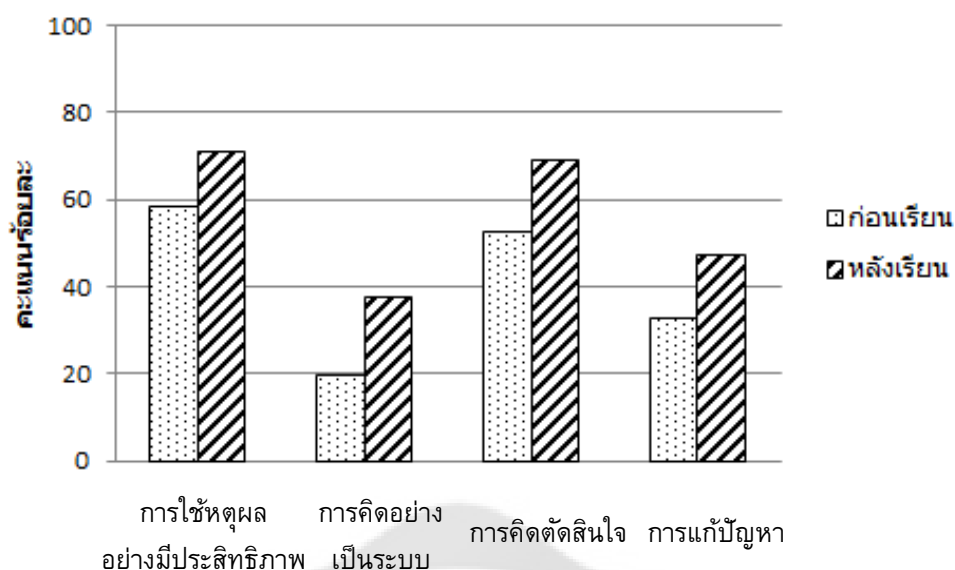
ตาราง 10 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาในแต่ละด้าน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปีโตรเลียมและพลังงานทดแทน

การคิดอย่างมี วิจารณญาณ และการ แก้ปัญหาที่ เปรียบเทียบ	การ ทดสอบ	n	$\bar{X}$	$\sum D$	$\sum D^2$	df	t	Sig (2- tailed)	ความหมาย
การใช้เหตุผล อย่างมี ประสิทธิภาพ	ก่อนเรียน	40	7.00						แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญที่ .05
	หลังเรียน	40	8.50	88	318	39	-1.52*	.000	
การคิดอย่าง เป็นระบบ	ก่อนเรียน	40	3.08						แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญที่ .05
	หลังเรียน	40	6.00	115	469	39	-7.13*	.000	
การคิด ตัดสินใจ	ก่อนเรียน	40	10.48						แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญที่ .05
	หลังเรียน	40	13.80	149	815	39	-7.03*	.000	
การแก้ปัญหา	ก่อนเรียน	40	3.88						แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญที่ .05
	หลังเรียน	40	5.63	74	210	39	-7.39*	.000	

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 10 เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหามาวิเคราะห์ โดยการเปรียบเทียบก่อนและหลังเรียนในแต่ละด้าน ที่วัดด้วยข้อสอบแบบเขียนตอบที่เป็นสถานการณ์ จะเห็นว่าแต่ละด้าน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นำข้อมูลในตาราง 10 มาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบคะแนนร้อยละก่อนเรียนและหลังเรียนของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาในแต่ละด้านดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 6 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาในแต่ละด้าน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปีโตรเลียมและพลังงานทดแทน

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปีโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในแต่ละกิจกรรมเป็นดังนี้
หน่วยที่ 1 เรื่องปีโตรเลียม

กิจกรรมสนุกคิด วิทยาศาสตร์ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำกิจกรรมครบทุกขั้นตอนพบว่า ขณะเรียนนักเรียนมีความตื่นเต้น ครึกครื้น เนื่องจากกิจกรรมนี้เริ่มต้นด้วยสถานการณ์ปัญหา และมีการแสดงบทบาทสมมติเป็นผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งโดยปกตินักเรียนเรียนรู้แบบบรรยายไม่เคยเรียนรู้จากสถานการณ์หรือแสดงบทบาทสมมติ ทำให้กระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี อีกทั้งนักเรียนยังช่วยกันสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต เพื่อวิเคราะห์ และสรุป โดยบันทึกข้อมูลหรือเนื้อหาลงในชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และมีนักเรียนหลายกลุ่มที่ไม่เขียนแหล่งที่สืบค้นเพิ่มเติม ลงในชุดกิจกรรม

กิจกรรมท้าทายความคิด ประกอบด้วย

กิจกรรมท้าทายความคิดที่ 1 นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำกิจกรรมครบทุกขั้นตอนพบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนเป็นอย่างมาก เนื่องจากในกิจกรรมนี้เป็นการจัดการเรียนรู้เรื่องการสำรวจและการขุดเจาะแหล่งปีโตรเลียมผ่านการเล่นเกมด้วยเกมเศรษฐีน้ำมัน เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นเรื่องใหม่สำหรับนักเรียน ทำให้นักเรียนเล่นเกมเศรษฐีน้ำมันกันอย่างสนุกสนาน จนบางครั้งนักเรียนลืมไปเลยว่าต้องคิดวิเคราะห์ พิจารณา ไตร่ตรอง ให้รอบคอบก่อนที่จะตัดสินใจขุดเจาะแหล่งปีโตรเลียม และมีนักเรียนหลายกลุ่มที่ไม่เข้าใจความเป็นไปได้ที่จะพบน้ำมัน โดยเขียนปริมาณน้ำมันที่พบ

มีเพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่บอกถึงโอกาสที่จะพบน้ำมันว่ามีมากหรือน้อยเพียงใด (ดังภาพประกอบ 6 ในภาคผนวก)

กิจกรรมท้าทายความคิดที่ 2 เรื่องวิกฤตการณ์พลังงาน พบว่า นักเรียนได้ระดมความคิดและช่วยกันหาคำตอบ เนื่องจากกิจกรรมนี้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน นักเรียนสามารถพบเจอจากข่าวหนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ เป็นต้น

กิจกรรมทดลองเพื่อรู้ เรื่องการกลั่นสารละลายผสมระหว่างเฮกเซนกับเอทานอล พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะการทดลองและการใช้อุปกรณ์สำหรับการกลั่น เนื่องจากการทดลองเรื่องการกลั่นนี้ เริ่มทำการทดลองในระดับอุดมศึกษาขึ้นไป โรงเรียนมัธยมจึงไม่มีอุปกรณ์นี้ ทำให้นักเรียนไม่คุ้นและใช้ไม่คล่อง นอกจากนี้ในระหว่างที่ทำการทดลองนักเรียนใช้ไฟแรงไปทำให้เฮกเซนที่กลั่นได้นั้นไม่บริสุทธิ์ เมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของเฮกเซน จึงทำให้ไม่ได้ผลตามที่กำหนด ส่วนการกลั่นเอทานอลส่วนใหญ่แต่ละกลุ่มได้มีการตรวจสอบคุณภาพแล้วได้ผลตามที่กำหนด

หน่วยที่ 2 เรื่องพลังงานทดแทน

กิจกรรม Energy Festival นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำกิจกรรมครบทุกขั้นตอน พบว่า นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่กันในการสืบค้นหาแหล่งข้อมูล และมีความร่วมมือกันเป็นอย่างดีในการจัดทำโปสเตอร์ เพื่อนำเสนอในกิจกรรมนิทรรศการ Energy Festival และทุกกลุ่มมีการบันทึกกิจกรรมครบถ้วน พร้อมทั้งลงข้อสรุปในการหาแนวทางในการแก้ปัญหาไว้ในชุดกิจกรรมอย่างชัดเจน (ดังภาพประกอบ 7 ในภาคผนวก)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมุ่งหวังพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพ
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

สมมติฐานในการวิจัย

1. ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 70/70
2. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการในแต่ละขั้นตอนดังนี้

การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้กำหนดเนื้อหา จุดประสงค์ การวัดและประเมินผล ในการจัดกิจกรรมของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. นำผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยชุดกิจกรรมนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่า ความเหมาะสมขององค์ประกอบของทั้งชุดกิจกรรมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.10 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.50 แสดงว่าองค์ประกอบของทั้งชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมในระดับมาก มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6-1.0 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3. นำชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปทดลองใช้เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ จำนวน 5 คนและ 20 คน ตามลำดับ

4. หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปิโตรเลียม และพลังงานทดแทน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวชิรธรรมสาริต จำนวน 40 คน โดยใช้สูตร E_1/E_2 คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนทั้ง 2 หน่วย นำมาคิดเป็นคะแนนร้อยละของ E_1 ส่วน E_2 หาจากคะแนนร้อยละจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

การศึกษาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้ศึกษาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา 2 ด้าน ได้แก่ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดในแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

1. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ดำเนินการดังนี้

1.1 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน จำนวน 60 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

1.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าเท่ากับ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.3 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 55 คน จากนั้นนำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนนเพื่อหา

ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนเป็นรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.26 ถึง 0.84 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ไว้จำนวน 30 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ที่ได้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวชิรธรรมสาริต จำนวน 40 คน

2. ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ดำเนินการดังนี้

2.1 สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 4 ด้าน คือ ด้านการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ ด้านการคิดอย่างเป็นระบบ ด้านการคิดตัดสินใจ และด้านการแก้ปัญหา โดยใช้สถานการณ์ 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบชนิดเขียนตอบจำนวน 4-5 ข้อ รวมมีข้อสอบทั้งหมด 25 ข้อ

2.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2.3 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหาเรื่องนี้มาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 55 คน จากนั้นนำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วมาตรวจให้คะแนนเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เป็นรายข้อโดยคำนวณจากสูตรของวิทนีและซาเบอร์ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.27 ถึง 0.64 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ไว้จำนวนสถานการณ์ 5 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวมทั้งหมด 15 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2.4 นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) พบว่าแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2.5 นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่ได้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวชิรธรรมสาริต จำนวน 40 คน

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลได้ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.25/74.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70
2. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาสามารถอภิปรายได้ดังนี้

1. การอภิปรายผลด้านการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.25/74.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 เนื่องจากชุดกิจกรรมมีการออกแบบกิจกรรมอย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอน โดยการพิจารณามาตรฐาน และตัวชี้วัด มีการพัฒนาคำถาม สถานการณ์ของปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง มีการบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อย่างเป็นระบบและครบถ้วนโดยให้ผู้เรียน รวบรวมข้อมูล ตัดสินใจจากข้อมูล และหาแนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเองและเชื่อมโยงกับอาชีพและลักษณะการทำงานที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเลียม สอดคล้องกับ สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2558: 14-17) ที่กล่าวว่า การออกแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 นั้นจะต้องมีองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้โดยกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ สร้างแรงจูงใจในการเรียน และใช้ข้อมูลข่าวสาร สื่อ เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาทักษะชีวิตและอาชีพได้ รวมทั้งศึกษาหลักสูตรและวิเคราะห์เนื้อหาที่จะสร้าง กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ และวางแผนการสอน อีกทั้งชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการประเมินและตรวจสอบในด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาของกิจกรรม

ภาษาที่ใช้ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนำข้อบกพร่องนั้นมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะนำชุดกิจกรรมดังกล่าวไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 5 คน และนักเรียนกลุ่มใหญ่จำนวน 20 คน เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริลักษณ์ วิทยา (2555: 102) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ ซึ่งผลการประเมินชุดกิจกรรมอยู่ในระดับดีมาก และจากที่ได้นำชุดกิจกรรมไปทดลองใช้จำนวน 5 คน และ 40 คน ตามลำดับ เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ 80/80 พบว่าชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ 92.25/90.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับ จินตวีร์ โยสีดา (2554: 59-65) พบว่าการนำชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่องไบโอดีเซล ไปทดลองสอนกับนักเรียนที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ 85.00/81.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70/70 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพรศักดิ์ แสงพรหมศรี (2557: 401-418) โรเบิร์ต (Robert. 2557: 15) และซีวิล (Sevil. 2558: 223-228) ที่ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาใช้ในการทำวิจัย และพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.25/74.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 70/70

2. การอภิปรายผลด้านการศึกษาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.1 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเองทั้งที่เป็นการทดลอง การสืบค้นจากแหล่งต่างๆ นักเรียนมีการตื่นตัวอยู่ตลอดเวลา และจากการศึกษาพบว่า นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การแสดงบทบาทสมมติ การแบ่งหน้าที่และช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม ร่วมกันคิดค้น ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนมากขึ้น พร้อมทั้งนักเรียนได้ทำกิจกรรมอย่างตั้งใจ ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในสิ่งที่เรียน (Peter D. Marle. 2014) (Kristy M. Meyrick. 2011) และมีความกระตือรือร้นในการแสวงหาแนวทางในการศึกษาค้นคว้าข้อมูล จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยสอดคล้องกับ พรหมศักดิ์ แสงพรหมศรี (2557: 401-418) ที่ทำการศึกษาเรื่อง

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ วิทยา (2555: 102-112) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมีเรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ จินตวิทย์ โยสีดา (2554: 59-65) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไบโอดีเซล หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่องไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ ซีวิล (Sevil. 2558: 223-228) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 9.75 คะแนน และหลังเรียน เท่ากับ 23.25 คะแนน

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 เนื่องจากการจัดกิจกรรมในชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เริ่มต้นด้วยสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่เชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นความสำคัญว่าประเด็นปัญหาดังกล่าวเป็นเรื่องใกล้ตัว กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย และสนใจศึกษาข้อมูล เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง และใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ และลงข้อสรุป ซึ่งเป็นการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และนำไปสู่แนวทาง

ในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ สุพรรณิ ชายประเสริฐ (2557: 3-5) ที่ว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดแก่นักเรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหา กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้ สำรวจตรวจสอบ ส่งเสริมให้คิดอย่างมีเหตุผลเชิงตรรกะ ทำให้สามารถพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้ นอกจากนี้ในชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปีโตรเลียมและพลังงานทดแทนได้นั้นให้ทุกกิจกรรมจะต้องทำงานเป็นกลุ่มจึงส่งเสริมการคิดวิจรณ์ญาณและการแก้ปัญหาของผู้เรียน สอดคล้องกับ สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2552: 81-95) ที่กล่าวว่า การทำงานเป็นกลุ่มมีการกำหนดบทบาทในกลุ่ม เกิดความร่วมมือกันสามารถส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณได้ จะเห็นได้ว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมที่จะนำไปใช้จัดการเรียนรู้ในโรงเรียน สอดคล้องกับ ฮาโนเวอร์ (Hanover. 2011: 6-11) ที่ได้อธิบายว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในโรงเรียน เป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 มีสมรรถนะด้านความรู้ในวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ รวมทั้งการคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณและการแก้ปัญหา

จากการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละด้าน ได้แก่ 1) การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ 2) การคิดอย่างเป็นระบบ 3) การคิดตัดสินใจ 4) การแก้ปัญหา พบว่า ทั้ง 4 ด้าน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 อาจเนื่องมาจากนักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณและการแก้ปัญหอย่างเป็นขั้นตอน โดยให้มีการศึกษาข้อมูล คิดอย่างมีเหตุผล จากข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้า จัดระบบความคิดอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อตัดสินใจ และแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ วิทยาและคณะ (2556) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานหรือที่มีสถานการณ์ทำให้ผู้เรียนได้แสดงศักยภาพแฝงในตัวผู้เรียนอย่างเต็มความสามารถ นอกจากนี้การที่ผู้เรียนมีอิสระในการทำกิจกรรม เป็นการสร้างให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ ศึกษาวิเคราะห์ สร้างความหมายของการเรียนรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับ ปิยรัตน์ ด้รบัณฑิต (2551: 146-150) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น โดยมีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ และศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณโดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และการคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเรียนมากขึ้น

จากข้อมูลดังได้กล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปีโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจรณ์ญาณและการแก้ปัญหา โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ทั่วไป

1.1 ครูสามารถนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ทุกวิชาเพื่อเป็นการบูรณาการความรู้ในห้องเรียนสู่ชีวิตจริง

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาควรจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา โดยเน้นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้มี การแสดงออกทั้งความคิดและการเขียน รวมทั้งเพิ่มระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบ ยืนยันถึงคุณภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างความเชื่อมั่นต่อการนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง

2.2 ควรมีการศึกษาผลการใช้รูปแบบนี้ที่คาดว่าจะมีผลต่อนักเรียนในด้านอื่นๆ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะการสื่อสาร ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นต้น

2.3 ควรมีการวัดผลตามสภาพจริง โดยประเมินจากชิ้นงาน และพฤติกรรมระหว่าง การเรียนรู้ของนักเรียนด้วย



บรรณานุกรม

- กรรณิการ์ ทองรักษ. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอิงแนวคิดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านสื่อกลางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 16(4): 1-9.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). คู่มือกิจกรรมสะเต็ม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.
- กฤตภาส สิงคิบุตร. (2554) การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะเศษอาหารในมหาวิทยาลัย. ปรินญานิพนธ์ วท.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2549). การคิดเชิงวิพากษ์. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ชัดเชสมิเดีย.
- เกรียงวีย์ แสงโสภา. (2556). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ในอ่างเก็บน้ำคลองลี้ล้าก อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์.สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาศรีนครินทรวิโรฒ เขต 1. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. ถ่ายเอกสาร.
- จินตวีร์ โยสีดา. (2554). การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จิราวรรณ สอนสวัสดิ์. (2555). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและชุดกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์. วารสารสิ่งแวดล้อม-สสศท. 3(5): 40-47.
- เชิดศักดิ์ ภัคศิริโรจน์. (2556). ผลของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความเชื่อมั่นในตนเอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ณัฐกรณ์ ดำชะอม. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และวิธีการทางประวัติศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประวัติศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ดวงพร ผกามาศ. (2554). ความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมประกอบอาหารประเภทขนมไทย. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การศึกษาปฐมวัย). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ตติยา ใจบุญ. (2545). วิฤตการณ์น้ำมันโลก: กับชะตากรรมของมนุษย์ในวิถีบริโภคนิยม. กรุงเทพฯ: แปลน พรินต์ติ้ง.
- ทัชยา อุดมรักษ์. (2557). ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์. 9(26): 131-152.
- ทับทิม สุกใส. (2548). การพัฒนาชุดการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บรรจง อมรชีวิน. (2556). การคิดอย่างมีวิจารณญาณ. กรุงเทพฯ: หจก. ภาพพิมพ์.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). การพัฒนาการคิด. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิค พรินต์ติ้ง.
- ปวีณา ซาลีเครือ. (2553). การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต. (2551). การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556, เมษายน-มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21: STEM Education and 21st Century Skills Development. วารสารนักบริหาร. 33(2): 49-56.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เอ็นเอส ออฟ เคอร์มีสท์.
- ยุทธศักดิ์ จันทโรทัย. (2556). *การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พลังงานลมร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาโครงการศูนย์ฝึกอบรมศิริราช*. ปรินุญานินพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ลักขณา สริวัฒน์. (2549). *การคิด (Thinking)*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ลิขิต พวงประโคน. (2553). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจในการเรียนการสอน เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อม จากการจัดการเรียนรู้บูรณาการ แบบสอดแทรก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารราชพฤกษ์*. 8(1): 126-130.
- วรพจน์ งามชมภู. การใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากวัชพืชและวัสดุเหลือใช้จากการทำนาเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน. *วารสารราชภัฏพระนคร*. 9(1): 2-13.
- วรรณภา เหล่าไพศาลพงษ์. (2554). *การศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและความสนใจในการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่จัดการเรียนรู้แบบกระบวนการแก้ปัญหากับการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู*. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วรรณภา บุญนิม. (2541). *ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วรารณ ศรีวิโรจน์. (2557). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แบบเน้นการบูรณาการการฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์*. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 16(3): 1-12.
- วรรัตน์ ชูมาลา. (2553). *ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์*. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ม. (การศึกษาปฐมวัย). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วัจนรัตน์ ควตี่. (2558). *การปฏิรูปการศึกษาไทย เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21*. *วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา*. 27(93): 18-19.

- วินุรักษ์ สุขสำราญ. (2553). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิภาวี ศิริลักษณ์. (2557). การพัฒนาตัวบ่งชี้ทักษะของนักเรียนในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 16(4): 155-165.
- ศศิธร มงคลทอง (2548). การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- คันสนีย์ ฉัตรคุปต์; และอุษา ชูชาติ. (2545). รายงานเรื่อง การฝึกสมองให้คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ (*Critical Thinking*). กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- ศิริลักษณ์ วิทยา. (2555). การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริลักษณ์ วิทยา. (2556). การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และความมีเหตุผลของนักเรียน. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 32(3): 70-82.
- ศิริลักษณ์ หนองเส. (2545). การศึกษาความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิวัช พงษ์เพียจันทร์; และชัญญา โกะสุวรรณ. (2555). อุตสาหกรรมเทรนด์ใหม่ ปฏิบัติการกู้โลกจาก “Nippon Steel” ถึง “IRPC” ต้นแบบอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ 10 กรณีศึกษาเจาะลึกยักษ์ใหญ่ แบรนต์ดั่ง ทัวโลก. กรุงเทพฯ: มติชนปากเกร็ด.
- สถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. (2541). รอบรู้เรื่องปิโตรเลียม: เรื่องราวของอุตสาหกรรมน้ำมันและแก๊สในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์ จำกัด (มหาชน).
- สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท. 42(186): 7-10.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2541). การวัดผลการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สุคนธ์ สินธพานนท์; วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์; และพรรณิ สินธพานนท์. (2552). การพัฒนาทักษะการคิด พิชิตการสอน. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: เลียงเชียง.
- สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่ เพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิควิธีคิด.

- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท.* 42(185): 10-11.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท.* 42(186): 3-5.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2558). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับ การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท.* 43(192): 14-17.
- สุพัทธา ฝ่ายพันธ์ (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิด แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การ มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อนุตร จำลองกุล. (2555). *พลังงานทดแทน*. กรุงเทพฯ: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น.
- อรุณ โยธารมนตรี. (2556). ผลการใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสาร บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.* 10(46): 221-234.
- อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์. (มปป.). *การพัฒนาทักษะความคิดขั้นสูง (Developing Higher Level of Thinking Skills)*. สำนักพิมพ์ ไอ.คิว.บุ๊คเซ็นเตอร์.
- Alpaslan, S. (2015). A Practice-based Model of STEM Teaching. 173-188.
- Andrea, C. B. (2014). Biodiesel and Integrated STEM: Vertical Alignment of High School Biology/Biochemistry and Chemistry. *J. Chem. Educ.* 91: 1379-1389.
- Craig, D. J. (2009). *Defining a 21st century education*. The Center for Public Education.
- Ennis, R.H. (1985). *A concept of Critical Thinking: A proposed Basic for Research and Evaluation of Thinking Ability: Psychological concept in Education*. Chicago: Rand McNally and Company.
- Hanover Research (2011). *K-12 STEM Education Overview*. District Administration Practice.
- <http://www.intel.com/content/www/us/en/education/k12/stem.html> สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ส.ค. 2558.
- Joseph, A. W. (2013). Cultivating Institutional Transformation and Sustainable STEM Diversity in Higher Education through Integrative Faculty Development. *Innov. High Educ.* 263-275.
- Kristy, M. M. (2011). How STEM Education Improves Student Learning. *Meridian K-12 School Computer Technologies Journal.* 14(1): 1-6.

Lisa, G. S.; & Mark, J. S. (2008). Teaching Critical Thinking and Problem Solving Skills. *The Delta Pi Epsilon Journal*. 90-99.

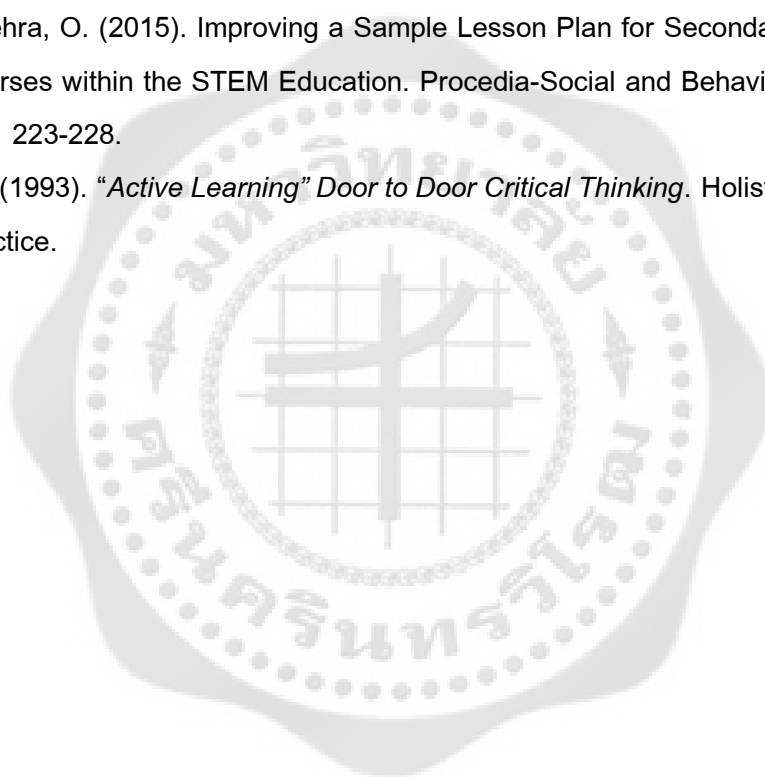
Peter, D.M. (2014). CSI-Chocolate Science Investigation and the Case of the Recipe Rip-Off: Using an Extended Problem-Based Scenario to Enhance High School Students' Science Engagement. *J. Chem. Educ.* 91: 345-350.

Rissanen, J.A. (2014). Active and Peer Learning in STEM Education Strategy. *Science Education International*. 1-7.

Sufian, A. F. (2016). Standard-based Science Education and Critical Thinking. *Thinking Skill and Creativity*. 20: 52-62.

Svil, C.; & Zehra, O. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 177: 223-228.

Woods, A.E. (1993). "Active Learning" Door to Door Critical Thinking. *Holistics Learning Practice*.







ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้านเนื้อหา

รศ.ดร. รัชนก ปิ่นแก้ว

อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ ดร. ดวงแข ศรีคุณ

อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ผศ.ดร. สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ

อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านการสอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

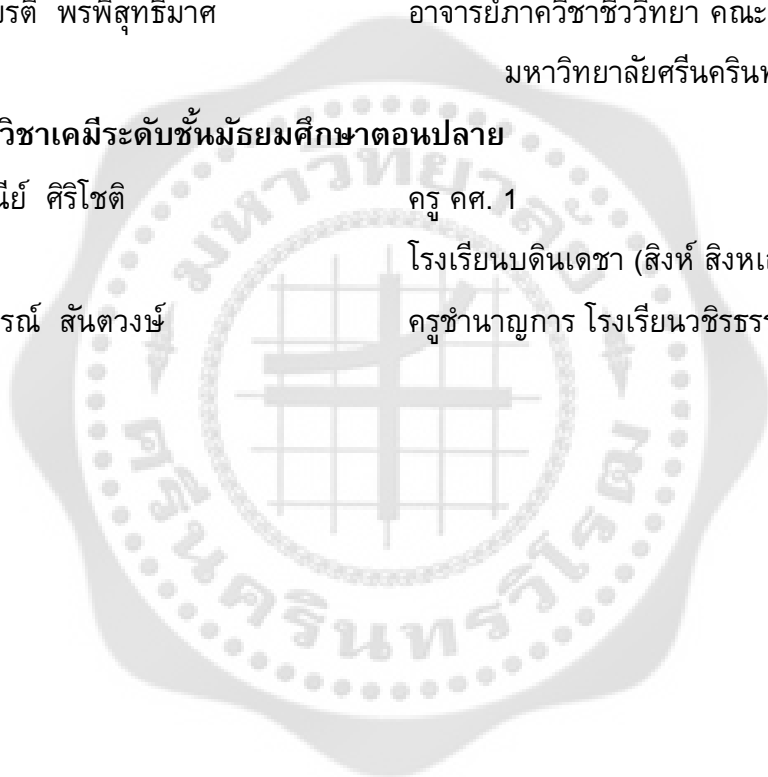
อาจารย์ ณัฐณีย์ ศิริโชติ

ครู คศ. 1

โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนีย์)

อาจารย์ วชิรภรณ์ สันตวงษ์

ครูชำนาญการ โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต



ภาคผนวก ข

ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

ตาราง 11 แสดงค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปีโตรเลียม และพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	$\bar{X}$
	1	2	3	4	5		
1.สภาพปัญหาและความจำเป็นมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพสังคมปัจจุบัน	5	4	5	4	4	22	4.40
2.หลักการของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4	4	4	4	5	21	4.20
3.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเป็นไปได้	4	4	4	4	5	21	4.20
4.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	5	3	4	5	5	22	4.40
5.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีประโยชน์สำหรับนักเรียน	5	5	4	4	5	23	4.60
6.จุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความชัดเจนและเป็นไปได้	5	3	4	5	5	22	4.40
7.จุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4	4	4	5	5	22	4.40
8.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาครอบคลุมความรู้ที่นักเรียนควรได้รับ	4	3	3	4	5	19	3.80
9.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม	4	4	3	4	5	20	4.00
10.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง	4	4	3	5	5	21	4.20
11.การกำหนดหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4	3	3	4	5	19	3.80

ตาราง 11 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	$\bar{X}$
	1	2	3	4	5		
12.กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมที่จะนำไปสู่ การบรรลุจุดมุ่งหมาย	4	4	4	4	5	21	4.20
13.ระยะเวลาในการเรียนตามชุดกิจกรรมสะ เต็มศึกษา มีความเหมาะสม	4	4	3	4	5	20	4.00
14.กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอน เหมาะสม	4	4	4	4	5	21	4.20
15.ความถูกต้องของภาษา	4	4	2	3	5	18	3.60
16.การใช้สีสันท ขนาดตัวอักษรและภาพ เหมาะสม	4	5	2	4	5	20	4.00
17.การประเมินผลของชุดกิจกรรมสะเต็ม ศึกษาครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน	4	4	2	4	4	18	3.60
18.การประเมินผลชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4	4	3	4	5	20	4.00
19.การประเมินผลชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีความเหมาะสมในการตรวจสอบการบรรลุ จุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	4	4	4	5	5	22	4.40
20.รูปแบบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามี ความเหมาะสม	4	4	2	4	4	18	3.60

ตาราง 12 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมขององค์ประกอบ
ของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
1.สภาพปัญหาและความจำเป็นมีความสอดคล้อง และเหมาะสมกับสภาพสังคมปัจจุบัน	4.40	0.55	มาก
2.หลักการของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเป็นไปได้ในการ นำไปปฏิบัติจริง	4.20	0.45	มาก
3.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเป็นไปได้	4.20	0.45	มาก
4.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับวัยของ นักเรียน	4.40	0.89	มาก
5.เป้าหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีประโยชน์สำหรับ นักเรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
6.จุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความชัดเจนและ เป็นไปได้	4.40	0.89	มาก
7.จุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับวัยของ นักเรียน	4.40	0.55	มาก
8.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาครอบคลุมความรู้ที่ นักเรียนควรได้รับ	3.80	0.84	มาก
9.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีการจัดเรียงลำดับที่ เหมาะสม	4.00	0.71	มาก

ตาราง 12 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
10.เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง	4.40	0.84	มาก
11.การกำหนดหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.20	0.84	มาก
12.กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมาย	4.20	0.45	มาก
13.ระยะเวลาในการเรียนตามชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีความเหมาะสม	4.40	0.71	มาก
14.กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเหมาะสม	4.60	0.45	มากที่สุด
15.ความถูกต้องของภาษา	4.40	1.14	มาก
16.การใช้สีส้น ขนาดตัวอักษรและภาพ เหมาะสม	4.40	1.22	มาก
17.การประเมินผลของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน	3.80	0.89	มาก
18.การประเมินผลชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4.00	0.71	มาก
19.การประเมินผลชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเหมาะสมในการตรวจสอบการบรรลุจุดมุ่งหมายของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	4.40	0.55	มาก
20.รูปแบบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเหมาะสม	3.60	0.89	มาก
ภาพรวม	4.10	1.50	มาก

ตาราง 13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและ
พลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
.ด้านจุดประสงค์ของกิจกรรม								
1. สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ การศึกษาขั้นพื้นฐาน	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้ได้
2. สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วง ชั้น	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้ได้
3. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4. สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
5. สอดคล้องกับเนื้อหา ด้านเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
6. เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
7. เนื้อหามีความต่อเนื่องเป็นลำดับ ขั้นตอน	1	0	1	1	0	3	0.6	ใช้ได้
8. เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่ กำหนด	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
9. เนื้อหามีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
10. เนื้อหากะทัดรัดเหมาะสมกับกิจกรรม การเรียนรู้	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้ได้
11. เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับของ ผู้เรียน ด้านการใช้ภาษา	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
12. ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
13. ความถูกต้องในการใช้ภาษา	1	1	0	0	1	3	0.6	ใช้ได้
14. มีความน่าสนใจ กระตุ้นให้เกิดการ เรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
15. มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
16. ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง ด้านกิจกรรมวิทยาศาสตร์	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้ได้
17. สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
18. สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
19. จัดลำดับกิจกรรมถูกต้องเหมาะสม	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
20. เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการทำ กิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
21. มีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับ ของผู้เรียน	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
22. อุปกรณ์ที่ใช้เหมาะสมกับกิจกรรม การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
23. มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน คำถามท้ายกิจกรรม	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
24. สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
25. มีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับของ ผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
26. สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
27. คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
28. จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

ตาราง 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
1	+1	0	-1	+1	+1	2	0.4	นำไปปรับปรุง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3	+1	+1	-1	+1	0	2	0.4	นำไปปรับปรุง
4	+1	0	-1	+1	0	+1	0.2	นำไปปรับปรุง
5	+1	0	-1	-1	+1	0	0	นำไปปรับปรุง
6	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
9	0	0	+1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
11	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
14	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
15	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
16	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
19	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
20	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	0.4	นำไปปรับปรุง
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
28	-1	+1	-1	0	+1	0	0.4	นำไปปรับปรุง
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3+1	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
33	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
34	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
51	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
52	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
53	0	+1	0	+1	+1	3	0.6	ใช้ได้
54	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
55	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
56	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
58	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
59	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
60	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

หมายเหตุ ข้อที่มีค่า IOC ไม่ถึง 0.5 ผู้วิจัยได้นำข้อสอบมาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหาเรื่องนี้มาแล้ว คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบดินเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

ตาราง 15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
1	0.127	0.298	นำไปปรับปรุง	/
2	0.400	0.396	ใช้ได้	/
3	0.527	0.580	ใช้ได้	/
4	0.291	0.274	ใช้ได้	/
5	0.582	0.237	ใช้ได้	/
6	0.655	0.185	ตัดทิ้ง	
7	0.091	-0.134	ตัดทิ้ง	
8	0.727	0.238	ใช้ได้	/
9	0.255	0.425	ใช้ได้	/
10	0.843	0.333	ใช้ได้	/
11	0.691	0.331	ใช้ได้	
12	0.691	0.450	ใช้ได้	/
13	0.800	0.498	ใช้ได้	/
14	0.527	0.004	ตัดทิ้ง	
15	0.345	0.101	ตัดทิ้ง	
16	0.655	0.371	ใช้ได้	
17	0.818	0.338	ใช้ได้	
18	0.455	0.098	ตัดทิ้ง	
19	0.691	0.582	ใช้ได้	
20	0.255	0.027	ตัดทิ้ง	
21	0.291	0.317	ตัดทิ้ง	
22	0.182	0.340	นำไปปรับปรุง	/
23	0.382	0.427	ใช้ได้	/
24	0.418	0.493	ใช้ได้	/
25	0.727	0.379	ใช้ได้	/

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
26	0.473	0.185	ตัดทิ้ง	
27	0.218	0.133	ตัดทิ้ง	
28	0.600	0.407	ใช้ได้	
29	0.455	0.264	ใช้ได้	/
30	0.709	0.510	ใช้ได้	
31	0.582	0.595	ใช้ได้	
32	0.618	0.431	ใช้ได้	/
33	0.327	0.374	ใช้ได้	
34	0.200	-0.281	ตัดทิ้ง	
35	0.436	0.388	ใช้ได้	/
36	0.509	0.555	ใช้ได้	/
37	0.691	0.595	ใช้ได้	/
38	0.691	0.637	ใช้ได้	/
39	0.509	0.401	ใช้ได้	/
40	0.182	0.055	ตัดทิ้ง	
41	0.509	0.315	ใช้ได้	/
42	0.745	0.429	ใช้ได้	
43	0.273	0.159	ตัดทิ้ง	
44	0.655	0.532	ใช้ได้	/
45	0.455	0.588	ใช้ได้	/
46	0.473	0.488	ใช้ได้	/
47	0.291	0.313	ใช้ได้	/
48	0.545	0.060	ตัดทิ้ง	
49	0.545	0.712	ใช้ได้	/
50	0.327	0.211	ใช้ได้	
51	0.418	0.633	ใช้ได้	/
52	0.436	0.400	ใช้ได้	/
53	0.200	-0.099	ตัดทิ้ง	

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
54	0.618	0.605	ใช้ได้	/
55	0.455	0.256	ใช้ได้	
56	0.218	0.028	ตัดทิ้ง	
57	0.327	0.110	ตัดทิ้ง	
58	0.109	0.211	ตัดทิ้ง	
59	0.418	0.106	ตัดทิ้ง	
60	0.127	0.151	ตัดทิ้ง	

ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์และการแก้ปัญหา

สถานการณ์ ที่	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การพิจารณา
		1	2	3	4	5			
1	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 16 (ต่อ)

สถานการณ์ ที่	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	การพิจารณา
		1	2	3	4	5			
6	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
	5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้



ตาราง 16 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหา

สถานการณ์ที่	ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก(r)	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
1	1	0.287	0.295	ใช้ได้	
	2	0.463	0.244	ใช้ได้	/
	3	0.287	0.455	ใช้ได้	
	4	0.640	0.549	ใช้ได้	/
2	1	0.079	0.209	ใช้ได้	/
	2	0.409	0.529	ใช้ได้	/
	3	0.165	0.501	ใช้ได้	/
	4	0.329	0.528	ใช้ได้	
3	1	0.335	0.453	ใช้ได้	/
	2	0.366	0.583	ใช้ได้	
	3	0.439	0.490	ใช้ได้	
	4	0.366	0.726	ใช้ได้	
4	1	0.335	0.509	ใช้ได้	/
	2	0.293	0.411	ใช้ได้	
	3	0.396	0.384	ใช้ได้	/
	4	0.335	0.173	ตัดทิ้ง	/
5	1	0.274	0.590	ใช้ได้	
	2	0.470	0.609	ใช้ได้	/
	3	0.470	0.621	ใช้ได้	/
	4	0.402	0.554	ใช้ได้	/
6	1	0.390	0.625	ใช้ได้	/
	2	0.384	0.155	ตัดทิ้ง	/
	3	0.445	0.613	ใช้ได้	/
	4	0.110	0.388	ตัดทิ้ง	
	5	0.073	0.279	ตัดทิ้ง	

หมายเหตุ ผู้วิจัยได้นำสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 3 มารวมกันเป็น 1 สถานการณ์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากเนื้อหา มีความสอดคล้องกัน

ตาราง 17 แสดงค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมส่งเสริมศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เลขที่	คะแนน หน่วยที่ 1 (10 คะแนน)	คะแนนหน่วยที่ 2 (10 คะแนน)	คะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน (30 คะแนน)
1	9	8	22
2	7	7	21
3	7	8	23
4	8	9	24
5	6	7	21
6	10	10	27
7	7	8	18
8	7	10	25
9	8	7	22
10	7	8	22
11	8	7	22
12	7	6	21
13	6	8	21
14	7	8	22
15	7	5	22
16	8	8	23
17	9	10	24
18	8	7	22
19	10	9	27
20	7	7	21
21	8	10	24
22	7	8	23
23	7	8	21
24	6	7	21
25	6	8	22
26	7	8	22

ตาราง 17 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน หน่วยที่ 1 (10 คะแนน)	คะแนนหน่วยที่ 2 (10 คะแนน)	คะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน (30 คะแนน)
27	7	8	22
28	5	7	19
29	6	8	22
30	5	8	21
31	7	7	23
32	6	8	22
33	7	8	15
34	7	8	22
35	8	10	26
36	10	10	30
37	7	8	21
38	7	7	21
39	9	8	27
40	7	7	22
รวม	292	318	896
$\bar{X}$	7.3	7.95	22.40
S.D.	1.20	1.13	2.57
ร้อยละ	73.00	79.50	74.67
E ₁ = 76.25		E ₂ = 74.67	
E ₁ /E ₂ = 76.25/74.67			



ภาคผนวก ค

ผลคะแนนสอบของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 18 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ของ
นักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงาน
ทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)	D	D ²
1	17	22	5	25
2	11	21	10	100
3	16	23	7	49
4	9	24	15	225
5	19	21	2	4
6	16	27	11	121
7	11	18	7	49
8	15	25	10	100
9	13	22	9	81
10	12	22	10	100
11	15	22	7	49
12	17	21	4	16
13	10	21	11	121
14	15	22	7	49
15	18	22	4	16
16	17	23	6	36
17	19	24	5	25
18	13	22	9	81
19	18	27	9	81
20	18	21	3	9
21	18	24	6	36
22	11	23	12	144
23	15	21	6	36
24	8	21	13	169
25	17	22	5	25
26	9	22	13	169

ตาราง 18 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	D	D ²
	(30 คะแนน)	(30 คะแนน)		
27	17	22	5	25
28	15	19	4	16
29	15	22	7	49
30	15	21	6	36
31	18	23	5	25
32	9	22	13	169
33	11	15	4	16
34	15	22	7	49
35	11	26	15	225
36	14	30	16	256
37	17	21	4	16
38	11	21	10	100
39	14	27	13	169
40	10	22	12	144
รวม	569	896	327	3,211
$\bar{X}$	14.23	22.40	8.18	80.28
SD.	3.21	2.57	3.71	67.52

ตาราง 19 แสดงคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ของนักเรียนก่อนเรียนและ
 หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษา
 ตอนปลาย

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (60 คะแนน)	D	D ²
1	25	33	8	64
2	29	46	17	289
3	28	36	8	64
4	37	33	4	16
5	22	33	11	121
6	27	41	14	196
7	26	36	10	100
8	6	21	15	225
9	16	24	8	64
10	20	31	11	121
11	20	33	13	169
12	19	33	14	196
13	24	32	8	64
14	29	34	5	25
15	22	29	7	49
16	24	30	6	36
17	29	34	5	25
18	24	35	11	121
19	31	35	4	16
20	26	33	7	49
21	33	39	6	36
22	27	38	11	121
23	24	29	5	25
24	27	34	7	49
25	24	32	8	64
26	24	35	11	121

ตาราง 19 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (60 คะแนน)	D	D ²
27	36	39	3	9
28	24	35	11	121
29	23	34	11	121
30	22	32	10	100
31	21	31	10	100
32	19	27	8	64
33	27	36	9	81
34	15	35	20	400
35	9	29	20	400
36	25	27	2	4
37	25	34	9	81
38	27	43	16	256
39	27	36	9	81
40	24	34	10	100
รวม	992	1,378	382	4,344
$\bar{X}$	24.00	34.00	9.55	108.6
SD.	5.98	4.69	4.22	95.05

ตาราง 20 แสดงผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ก่อนเรียนด้วยชุด
กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (4 คะแนน)	การพิจารณาตามเกณฑ์
1	25	1.67	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
2	29	1.93	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
3	28	1.87	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
4	37	2.47	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
5	22	1.47	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย
6	27	1.80	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
7	26	1.73	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
8	6	0.40	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อยที่สุด
9	16	1.07	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย
10	20	1.33	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย
11	20	1.33	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย
12	19	1.27	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย
13	24	1.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
14	29	1.93	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
15	22	1.47	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย

ตาราง 20 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (4 คะแนน)	การพิจารณาตามเกณฑ์
16	24	1.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
17	29	1.93	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
18	24	1.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
19	31	2.07	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
20	26	1.73	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
21	33	2.20	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
22	27	1.80	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
23	24	1.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
24	27	1.80	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
25	24	1.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
26	24	1.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
27	25	1.67	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
28	36	2.40	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
29	24	1.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
30	23	1.53	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
31	22	1.47	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย
32	21	1.40	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย

ตาราง 20 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (60 คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (4 คะแนน)	การพิจารณาตามเกณฑ์
33	19	1.27	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาบ่อย
34	27	1.80	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
35	15	1.00	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาบ่อย
36	9	0.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาบ่อย
37	25	1.67	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
38	25	1.67	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
39	27	1.80	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
40	27	1.80	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง

ตาราง 21 แสดงผลการวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปีเตอร์เลียมและพลังงานทดแทน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เลขที่	คะแนนหลังเรียน (60 คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (4 คะแนน)	การพิจารณาตามเกณฑ์
1	33	2.20	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
2	46	3.07	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหามาก
3	36	2.40	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
4	33	2.20	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
5	33	2.20	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
6	41	2.73	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหามาก
7	36	2.40	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
8	21	1.40	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาน้อย
9	24	1.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
10	31	2.07	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
11	33	2.20	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
12	33	2.20	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
13	32	2.13	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
14	34	2.27	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
15	29	1.93	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง

ตาราง 21 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนหลังเรียน (60 คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (4 คะแนน)	การพิจารณาตามเกณฑ์
16	30	2.00	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
17	34	2.27	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
18	35	2.33	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
19	35	2.33	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
20	33	2.20	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
21	39	2.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหามาก
22	38	2.53	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหามาก
23	29	1.93	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
24	34	2.27	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
25	32	2.13	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
26	35	2.33	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
27	37	2.47	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
28	39	2.60	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหามาก
29	35	2.33	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
30	34	2.27	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
31	32	2.13	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
32	31	2.07	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง

ตาราง 21 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนหลังเรียน (60 คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (4 คะแนน)	การพิจารณาตามเกณฑ์
33	27	1.80	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
34	36	2.40	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
35	35	2.33	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
36	29	1.93	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
37	27	1.80	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
38	34	2.27	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง
39	43	2.87	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหามาก
40	36	2.40	มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการ แก้ปัญหาปานกลาง



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ชุดกิจกรรม

สะเต็มศึกษา

ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน



เนื้อหาประกอบด้วย

หน่วยที่ 1 : ปิโตรเลียม

หน่วยที่ 2 : พลังงานทดแทน



ผู้วิจัย

นางสาวกนกภักดิ์ ยาทองไชย

รหัสนิสิต 57199110195

ปริญญาโท สาขาเคมี (กศ.ม.เคมี)



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ปิโตรเลียม

คล้ายข้อสงสัย จากหัวข้อต่อไปนี้

- ✓ น้ำมันเชื้อเพลิงที่เราใช้มาจากไหน
- ✓ ทราบได้อย่างไรว่าที่ไหนเป็นแหล่งปิโตรเลียม
- ✓ เราสามารถนำน้ำมันที่อยู่ใต้พิภพมาใช้ได้อย่างไร
- ✓ การกลั่นน้ำมันทำได้อย่างไร
- ✓ น้ำมันที่ได้จากการกลั่นมีการปรับปรุงคุณภาพอย่างไร



<http://www.vcharkarn.com/varticle/43165>

คำสำคัญ (Key word)

ปิโตรเลียม (Petroleum)

น้ำมันดิบ (Crude oil)

แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas)

การกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation)

แก๊สหุงต้ม (Liquefied petroleum gas: LPG)

แก๊สเอนจีวี (Natural Gas Vehicles)

ค่าออกเทน (Octane number)

เคมีภัณฑ์ปิโตรเลียม (Petrochemicals)

ปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ และเป็นแหล่งพลังงานหลักของโลก ที่นำมากลั่นเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงให้พลังงานสูง น้ำมันและแก๊สธรรมชาติได้กลายเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาความเจริญของมนุษย์ สามารถนำปิโตรเลียมมาใช้ประโยชน์ ได้อย่างหลากหลาย ทั้งยังเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันอีกมากมาย ทั้งในด้านการแพทย์ ก่อสร้าง อาหาร และยา เครื่องสำอาง การเกษตร เครื่องนุ่งห่ม อิเล็กทรอนิกส์ ออกแบบ คอมพิวเตอร์ ฯลฯ

คำชี้แจง กำหนดให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์

บริษัทน้ำมันยักษ์ใหญ่

กำหนดให้นักเรียนจับกลุ่มกันเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เพื่อแสดงบทบาทสมมติเป็นกลุ่มของนักลงทุนชาวอเมริกันซึ่งเป็นเศรษฐกิจระดับต้นๆของโลกได้วางแผนจะมาลงทุนก่อตั้งบริษัทน้ำมันอย่างครบวงจร ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ฝ่ายใหญ่ๆ คือ ฝ่ายสำรวจและขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียม ฝ่ายกระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นน้ำมันดิบ และฝ่ายปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน ซึ่งแต่ละฝ่ายจะมีหน้าที่ดังนี้

ฝ่าย	หน้าที่	ความคาดหวัง
สำรวจและขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียม	สำรวจและขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียม	สำรวจและขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียมโดยใช้ต้นทุนน้อยที่สุด
กระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นน้ำมันดิบ	-ออกแบบกระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติ -ออกแบบกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและกลั่นน้ำมันดิบให้มีประสิทธิภาพ	สามารถแยกแก๊สธรรมชาติและกลั่นน้ำมันดิบที่มีประสิทธิภาพ
การปรับปรุงคุณภาพ	ปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้มีคุณภาพ	ได้น้ำมันที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด



ชื่อบริษัท.....



ชื่อ

(ผู้จัดการ)



ชื่อ



ชื่อ



ชื่อ



ชื่อ



ชื่อ



ชื่อ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน
 2. แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีจำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน ให้เวลาทำ 1 ชั่วโมง
 3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว จากข้อ ก ข ค ง โดยขีดเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
- | | | | |
|---|---|---|---|
| ก | ข | ค | ง |
| | X | | |
4. ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ทำเครื่องหมาย — ทับรอยเดิมจึงขีดคำตอบใหม่
 5. ห้ามนักเรียนขีดเขียนเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้
 6. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำ

1. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

1. ซากพืชซากสัตว์ถูกกดทับอยู่ใต้เปลือกโลก
 2. ซากพืชซากสัตว์ถูกแปรสภาพด้วยแรงคทีเรีย ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน อุณหภูมิ และความดันสูง เป็นเวลานาน
 3. บีโตรเลียมถูกกักเก็บในชั้นหินดินดาน
 4. หินต้นกำเนิดบีโตรเลียมคือหินตะกอน
- ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับกระบวนการเกิดบีโตรเลียม

ก. 1, 3

ข. 1, 2, 3

ค. 1, 2, 4

ง. 1, 2, 3, 4

2. ในแหล่งกักเก็บบีโตรเลียม บีโตรเลียมสามารถเปลี่ยนรูปหรือโครงสร้างไปเป็นแก๊สธรรมชาติเหลวหรือแก๊สธรรมชาติได้ขึ้นอยู่กับข้อต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด

ก. ระยะเวลา

ข. ความลึก

ค. ความดัน

ง. ชนิดของซากพืชซากสัตว์

3. จากการสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือน พบโครงสร้างทางธรณีวิทยา ดังรูป



จุด A เป็นโครงสร้างทางธรณีวิทยาในข้อใด

ก. โครงสร้างรูปโดม

ข. โครงสร้างรูปรอยเลื่อน

ค. โครงสร้างรูประดับชั้น

ง. โครงสร้างรูปโค้งประทุนคว่ำ

4. การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประเภทไฮโดรคาร์บอนเกิดจากสาเหตุใด

ก. มีปริมาณเชื้อเพลิงมากเกินไป

ข. มีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ

ค. มีปริมาณของไอน้ำผสมในเชื้อเพลิง

ง. เกิดจากมีสารปรอทปนเปื้อนในสารเชื้อเพลิง

5. ข้อใดกล่าวผิด

- ก. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโมเลกุลเล็กที่สุดคือ มีเทน (CH_4)
- ข. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีอยู่ทั้งในน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ
- ค. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารที่ประกอบด้วยธาตุ C และ H เท่านั้น
- ง. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อมตั้จะมีพันธะระหว่างคาร์บอนเป็นพันธะคู่ทั้งหมด

6. เพราะเหตุใดในการกลั่นน้ำมันดิบจึงใช้การกลั่นลำดับส่วนแทนที่จะเป็นการกลั่นแบบธรรมดา

- ก. การกลั่นแบบธรรมดาจะได้ปรอทและโลหะหนักออกมาด้วย
- ข. การกลั่นแบบธรรมดาใช้เชื้อเพลิงมากกว่าการกลั่นลำดับส่วน
- ค. การกลั่นลำดับส่วนจะไม่เกิดเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์
- ง. ในน้ำมันดิบมีสารที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกัน จึงแยกด้วยวิธีการกลั่นแบบธรรมดาไม่ได้

7. ข้อใดเรียงลำดับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบจากจุดสุดท้ายของหอกลั่นลงมาได้อย่างถูกต้อง

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1. แก๊สหุงต้ม | 4. น้ำมันเบนซิน |
| 2. น้ำมันก๊าด | 5. น้ำมันดีเซล |
| 3. น้ำมันเตา | 6. ยางมะตอย |

- ก. 1 2 3 4 5 6
- ข. 1 4 2 5 3 6
- ค. 1 3 5 2 4 6
- ง. 1 2 3 5 4 6

8. น้ำมันที่กันหอกลั่น หรือกากกลั่น หากนำไปผ่านเตากากกลั่นและหอกลั่นสูญญากาศจะได้ผลิตภัณฑ์ในข้อใด

- ก. น้ำมันก๊าด ยางมะตอย
- ข. น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันเตา
- ค. น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันก๊าด
- ง. น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันเตา ยางมะตอย

9. เหตุใดในกระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติจึงต้องมีหน่วยกำจัดปรอทออกก่อน

- ก. เพราะไอปรอทมีพิษ
- ข. เพราะปรอทเป็นของแข็งจะเกิดการอุดตันท่อ
- ค. เพื่อป้องกันการผุกร่อนของท่อจากการรวมตัวกับปรอท
- ง. ถูกทุกข้อ

10. แก๊สโซฮอล (Gasohol) หรือ เบนโซฮอล (Benzohol) เป็นของเหลวผสมระหว่างสารใด และเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันด้วยวิธีใดตามลำดับ

- ก. เอทานอลกับน้ำมันดีเซล, การผสม
- ข. เอทานอลกับน้ำมันเบนซิน, การผสม
- ค. เมทานอลกับน้ำมันดีเซล, การเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี
- ง. เอทานอลกับน้ำมันเบนซิน, การเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี

11. ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน วิธีการในข้อใดให้สารโมเลกุลเท่าเดิม

- ก. กระบวนการแตกสลาย
- ข. กระบวนการรีฟอร์มมิง
- ค. กระบวนการแอลคิลเลชัน
- ง. กระบวนการโอลิโกเมอไรเซชัน

12. แก๊สอีเทนและโพรเพนนำไปใช้ประโยชน์อย่างไร

- ก. ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า
- ข. ใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์และเซรามิก
- ค. ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปุ๋ยเคมี
- ง. ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติกและเส้นใยสังเคราะห์

13. น้ำมันชนิดใดที่มีความสำคัญมากในภาคเกษตรกรรมเพราะใช้กับเรือประมงทะเลและเครื่องจักรกลการเกษตรต่างๆ

- ก. น้ำมันเตา
- ข. น้ำมันก๊าด
- ค. น้ำมันดีเซล
- ง. น้ำมันหล่อลื่น

14. แก๊สชนิดใดที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำแข็งแห้ง

- ก. บิวเทน
- ข. ออกเทน
- ค. ไฮโดรเจนซัลไฟด์
- ง. คาร์บอนไดออกไซด์

15. จากวิกฤตการณ์พลังงานที่ผ่านมา ปัญหาพลังงานของประเทศที่สำคัญมากคือข้อใด
- ก. การใช้แหล่งทรัพยากรได้ไม่เต็มที่
 - ข. น้ำมันไม่เพียงพอกับความต้องการ
 - ค. การที่ต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ
 - ง. การขาดแคลนเงินทุนในการจัดหาแหล่งพลังงาน
16. พลังงานหมุนเวียนคือพลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ข้อใดไม่ใช่พลังงานหมุนเวียน.
- ก. พลังงานน้ำ ป่าไม้ กากอ้อย
 - ข. พลังงานชีวมวล พลังงานลม
 - ค. พลังงานชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์
 - ง. พลังงานคลื่น พลังงานเชื้อเพลิง แก๊สธรรมชาติ
17. พลังงานทดแทนมีความสำคัญอย่างไรกับโลกของเราในปัจจุบัน
- ก. ช่วยแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน
 - ข. เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ
 - ค. ลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ
 - ง. สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่จำกัดและเกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมน้อยมาก
18. พลังงานทดแทนลักษณะใดที่ทำให้เกิดการพัฒนายั่งยืน
- ก. พลังงานที่สะอาด
 - ข. พลังงานที่ทำให้เศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น
 - ค. พลังงานที่ทำให้คุณภาพชีวิตของประชากรดีขึ้น
 - ง. พลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย
19. ข้อใดต่อไปนี้อธิบายพลังงานชีวมวล (Biomass energy) ได้อย่างถูกต้อง
- ก. พลังงานทดแทนที่สะอาดไม่สร้างมลพิษใดๆ ขณะใช้งาน
 - ข. พลังงานที่ได้จากการเกษตรและป่าไม้เช่นไม้ กากอ้อย ขยะ
 - ค. พลังงานธรรมชาติที่เกิดจากความร้อนที่ถูกกักเก็บใต้ผิวโลก
 - ง. พลังงานที่เกิดจากการปล่อยออกมาเมื่อมีการแยกรวมหรือแปลงนิวเคลียสของปรมาณู
- ในรูปของกัมมันตรังสี

20. พลังงานในข้อใดสะอาดและไม่สร้างมลพิษใดๆขณะใช้งาน.

- ก. พลังงานชีวมวล
- ข. พลังงานใต้พิภพ
- ค. พลังงานแสงอาทิตย์
- ง. พลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติ

21. ข้อใดต่อไปนี้มีความสัมพันธ์กับ E20

- ก. ไบโอดีเซลที่มีส่วนผสมของเอทานอลร้อยละ 80
- ข. ไบโอดีเซลที่มีส่วนผสมของเอทานอลร้อยละ 20
- ค. แก๊สโซฮอลล์ที่มีส่วนผสมของเอทานอลร้อยละ 20
- ง. แก๊สโซฮอลล์ที่มีส่วนผสมของเอทานอลร้อยละ 80

22. ข้อใดไม่ใช่หลักเกณฑ์ในการเลือกวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล

- ก. วัตถุดิบมีราคาถูก
- ข. วัตถุดิบที่จัดหาได้ง่าย
- ค. วัตถุดิบนั้นต้องเป็นอาหารของมนุษย์
- ง. ปริมาณมีมากพอป้อนโรงงานได้ตลอดปี

23. น้ำพุร้อน เป็นพลังงานธรรมชาติที่เกิดจากความร้อนที่ถูกกักเก็บอยู่ภายใต้ผิวโลกเมื่อเปลือกโลกเคลื่อนที่เกิดรอยแตกของชั้นหินเมื่อฝนตกน้ำจะไหลซึมลงไปรับความร้อนจากชั้นหินที่ร้อนจนกลายเป็นไอน้ำแทรกตัวตามรอยแตกขึ้นมาบนผิวโลก น้ำพุร้อนมีความสัมพันธ์กับข้อใดมากที่สุด

- ก. พลังงานชีวมวล
- ข. พลังงานใต้พิภพ
- ค. พลังงานแสงอาทิตย์
- ง. พลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติ

24. บริเวณใดในประเทศที่คาดว่าจะพบศักยภาพของพลังงานความร้อนใต้พิภพมากที่สุด

- ก. ภาคใต้
- ข. ภาคกลาง
- ค. ภาคเหนือ
- ง. ภาคตะวันออก

25. สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ผลิต เซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีราคาถูก คือข้อใด
- ซิลิคอน
 - อินเดียม ฟอสไฟด์
 - แกเลียม อาร์เซไนด์
 - แคดเมียม เทลเลไรด์
26. อุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้กับไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีลักษณะแบบใด
- ได้รับการรับรองมาตรฐาน
 - อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง
 - อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ
 - ได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะ
27. ข้อดี ของการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ คือข้อใด
- ไม่มีมลภาวะทางอากาศ
 - ไม่สิ้นเปลืองค่าเชื้อเพลิง
 - ประสิทธิภาพค่อนข้างคงที่
 - ทุกข้อคือคำตอบ
28. อาชีพทำนาเกลือ ใช้ประโยชน์จากพลังงานชนิดใดในข้อต่อไปนี้
- พลังงานน้ำ
 - พลังงานลม
 - พลังงานชีวมวล
 - พลังงานแสงอาทิตย์
29. จากข้อต่อไปนี้นี้นำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ ยกเว้นข้อใด
- ตู้อบแห้ง
 - รถแห่งอนาคต
 - ไฟฟ้าที่ห่างไกลจากชุมชน
 - โรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่บนภูเขา
30. กังหันลมผลิตไฟฟ้าเหมาะกับประเทศที่มีลักษณะอย่างไร
- มีลมที่แรงพอ และพัดอย่างสม่ำเสมอ
 - มีพื้นที่ที่มากพอ
 - มีงบประมาณที่เพียงพอในการจัดการ
 - ถูกทุกข้อ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้เป็นแบบอัตนัยซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์และตัวคำถามให้ผู้เรียนตอบคำถามในขอบเขตข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่กำหนดให้ตามสถานการณ์เท่านั้น ในหนึ่งสถานการณ์จะประกอบไปด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ผู้เรียนต้องเขียนตอบให้ครบทุกข้อคำถามพร้อมทั้งแสดงเหตุผลด้วยเสมอ
2. แบบทดสอบมีทั้งหมด 5 สถานการณ์ ข้อคำถามทั้งหมด 15 ข้อ 60 คะแนน ให้เวลา 1 ชั่วโมง
4. คิดให้รอบคอบก่อนตอบ ถ้ามีปัญหาให้ถามครูหรืออาจารย์ผู้คุมสอบ
5. เมื่อหมดเวลาให้นักเรียนคืนแบบทดสอบและกระดาษสำหรับเขียนตอบ
6. ห้ามนักเรียนขีดเขียนเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้

สถานการณ์ที่ 1

จากการกลั่นและการแยกแก๊สธรรมชาติจากโรงกลั่นน้ำมันดิบและโรงแยกแก๊สธรรมชาติ นอกจากจะได้แก๊สมีเทนเป็นเชื้อเพลิงให้กับโรงไฟฟ้าและอุตสาหกรรม แล้วยังได้โพรเพนและบิวเทน ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผสมเพื่อผลิตแก๊สหุงต้มหรือแก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG : Liquefied Petroleum Gas) เป็นผลิตภัณฑ์ เหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคครัวเรือน ในขณะนั้น รัฐบาลเล็งเห็นว่าปัญหาการตัดต้นไม้ทำลายป่า ส่วนหนึ่งมาจากความต้องการเชื้อเพลิงในครัวเรือน จึงมีนโยบายส่งเสริมการใช้แก๊สแอลพีจี เพื่อทดแทนฟืนและถ่านไม้ ด้วยการควบคุมราคาจำหน่ายให้เท่ากันทั่วประเทศ และเมื่อปี พ.ศ. 2554 กระทรวงพลังงานคาดว่าความต้องการการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีอัตราการเติบโต 4-5% ต่อปี ซึ่งสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วยแก๊สธรรมชาติในอัตราส่วน 69.1% รองลงมาคือถ่านหิน 18.6% พลังงานน้ำจากเขื่อนของ กฟผ. 9.2% พลังงานหมุนเวียน 1.8% ที่เหลือเป็นน้ำมันเตาและการซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน 1.3% ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณแก๊สธรรมชาติลดลง ในอนาคตหากไม่เร่งแก้ปัญหาประเทศไทยอาจจะมีไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้ค่าไฟฟ้ามีราคาที่สูงขึ้น (ที่มา: เรียบเรียงจากหนังสือพิมพ์ไทยรัฐออนไลน์ วันที่ 20 มิถุนายน 2558 สืบค้นเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2558)

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ถ้าพลังงานฟอสซิล (ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ น้ำมันดิบ) หมด นักเรียนคิดว่าจะเกิดปัญหาอย่างไรบ้าง และส่งผลกระทบในด้านใดมากที่สุด เพราะเหตุใด
2. นักเรียนคิดว่าการที่รัฐบาลแก้ปัญหาการตัดไม้ทำลายป่าด้วยการส่งเสริมให้ใช้แก๊ส LPG ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด
3. นักเรียนจะวางแผนการแก้ปัญหาการขาดแก๊สธรรมชาติในอนาคตได้อย่างไรบ้าง (ตอบ 3 ข้อ)

สถานการณ์ที่ 2

หากนักเรียนทำการสำรวจและขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียม 6 หลุม แต่ละหลุมหลังจากนำไปกลั่นลำดับส่วน ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

หลุมที่	มีน้ำมันหรือไม่	ปริมาณน้ำมันที่พบ (บาร์เรล)	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่น น้ำมัน (%)
1	มี	1000	แก๊สปิโตรเลียม 40% แนฟทาเบา 28 % น้ำมันหล่อลื่น 20% ยางมะตอย 12%
2	มี	750	แก๊สปิโตรเลียม 40% แนฟทาหนัก 15% น้ำมันก๊าด 30% ยางมะตอย 15%
3	ไม่มี	-	-
4	มี	1100	แก๊สปิโตรเลียม 30% แนฟทาหนัก 35% น้ำมันหล่อลื่น 25% ยางมะตอย 10%
5	มี	1300	แก๊สปิโตรเลียม 30% แนฟทาหนัก 30% น้ำมันหล่อลื่น 25% น้ำมันเตา 15%
6	มี	ไม่ได้ขุดเจาะ	-

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากตารางการสำรวจนักเรียนคิดว่าควรเลือกหลุมใดขุดเป็นอันดับแรก เพราะเหตุใด
2. หากเฉพาะหลุมที่ 4 และหลุมที่ 5 นักเรียนจะเลือกขุดหลุมใด เพราะเหตุใด
3. นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุได้บ้างจึงไม่มีการขุดเจาะในหลุมที่ 6

สถานการณ์ที่ 3

นายเก่งมีอาชีพเลี้ยงสัตว์ในฟาร์มขนาดใหญ่ ในแต่ละวันมีมูลสัตว์ประมาณ 1 ตัน แต่ก่อนนายเก่งนำไปตากแห้งและขายเป็นปุ๋ย เพื่อนำไปใส่พืชผักสวนครัว ต่อมานายเก่งได้เล็งเห็นว่ามูลสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์มากกว่านั้นได้มากมาย จึงได้ใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อผลิตพลังงานไว้ใช้ในฟาร์ม แต่ปรากฏว่าในระหว่างการผลิตแก๊สชีวภาพนั้น มูลสัตว์ได้ส่งกลิ่นเหม็นให้กับชาวบ้านและชุมชนใกล้เคียง ชาวบ้านจึงได้ต่อต้านและร่วมกันประท้วง ทำให้นายเก่งต้องยกเลิกและได้เปลี่ยนจากมูลสัตว์เป็นพืชสดหรือหญ้าที่เหลือใช้จากการเลี้ยงสัตว์แทน ปัจจุบันนายเก่งใช้บ่อหมักแก๊สชีวภาพรูปแบบถุงพลาสติก

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าการแก้ปัญหาของเก่งส่งผลดีหรือผลเสียอย่างไร จงอธิบาย
2. หากนักเรียนเป็นนายเก่งนักเรียนจะเลือกใช้อะไรในการผลิตแก๊สชีวภาพ ระหว่างมูลสัตว์กับพืชสดหรือหญ้าแห้งที่เหลือใช้จากการเลี้ยงสัตว์ เพราะเหตุใด
3. ถ้านายเก่งต้องการใช้มูลสัตว์เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีการแก้ปัญหากลิ่นเหม็นนี้ได้อย่างไรบ้าง

สถานการณ์ที่ 4

จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีความประสงค์จะก่อตั้งโรงไฟฟ้าถ่านหินตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า และเมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม 2558 ผู้ว่าราชการจังหวัด สงขลาเปิดเวทีรับฟังความคิดเห็นของประชาชนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าเทพาและท่าเทียบเรือถ่านหินเทพา ก็มีทั้งประชาชนที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย โดยประชาชนเกรงว่าจะเกิดผลกระทบตามมา แต่ กฟผ. ยืนยันว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ที่มา: เรียบเรียงจากหนังสือพิมพ์แนวหน้า วันที่ 29 กรกฎาคม 2558 หน้า 1,7)

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากการก่อตั้งโรงไฟฟ้าถ่านหิน นักเรียนคิดว่าจะส่งผลกระทบในด้านใดบ้าง จงอธิบาย
2. นักเรียนคิดว่า กฟผ. ควรตระหนักผลกระทบต่อประชาชนในด้านใดมากที่สุด เพราะเหตุใด
3. นักเรียนคิดว่า กฟผ. ควรมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม

สถานการณ์ที่ 5

บริษัทแห่งหนึ่งมีนโยบายที่จะผลิตพลังงานป้อนโรงงาน โดยพนักงานนำเสนอในที่ประชุมเป็นแหล่งพลังงานทดแทนจาก แสงอาทิตย์และสาหร่ายน้ำมัน โดยมีรายละเอียดดัง

ต้นน้ำด้วยกระจก



วิธีการ: กระจกรูปกรวยดักจับรังสีจากดวงอาทิตย์ และส่งรังสีไปยังท่อบรรจุน้ำมัน ซึ่งเป็นตัวทำให้น้ำร้อนจนเดือด ไอน้ำที่เกิดขึ้นเป็นตัวหมุนกังหันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข้อดี: ความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถเก็บไว้ผลิตไฟฟ้าได้

ข้อเสีย: โรงงานต้องการแหล่งน้ำปริมาณมหาศาล เพื่อสร้างพลังงาน

แผงโซลาร์เซลล์เก็บพลังงานไฟฟ้า



วิธีการ: รังสีจากดวงอาทิตย์ส่องมากระทบแผงโซลาร์เซลล์ที่ทำจากซิลิคอนและวัสดุตัวนำอื่นๆ ซึ่งประกอบกันเป็นชั้นบางๆ เมื่อแสงแดดส่องกระทบแต่ละเซลล์จะมีการปล่อยอิเล็กตรอนออกมาเป็นชั้นๆ ก่อให้เกิดพลังงานไฟฟ้า โดยพลังงานไฟฟ้านี้เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่เพื่อนำมาใช้ต่อไป

ข้อดี: แผงโซลาร์เซลล์นำไปวางที่บริเวณใดก็ได้ที่มีแสงแดดส่องถึง และยังไม่ก่อให้เกิดเสียงรบกวน

ข้อเสีย: ไม่มีเครื่องป้องกันจากสิ่งแวดล้อม

สาหร่ายน้ำมันเป็นแหล่งเชื้อเพลิง



วิธีการ: สาหร่ายมีน้ำมันอยู่ปริมาณมาก สามารถแปลงให้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี การสกัดน้ำมันจากสาหร่ายไปตั้งในที่ที่ปลูกพืชไม่ขึ้น

ข้อดี: สามารถนำสระเลี้ยงสาหร่ายไปตั้งในที่ที่ปลูกพืชไม่ขึ้น

ข้อเสีย: การสูบน้ำทะเลผ่านท่อเข้ามาเป็นระยะทางไกล เพื่อผลิตสาหร่ายเพียงอย่างเดียวนั้นไม่คุ้มต้นทุน

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าแหล่งพลังงานทดแทน ดันน้ำด้วยกระบอกและแผงโซลาร์เซลล์เก็บพลังงานไฟฟ้ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย
2. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่าประเทศไทยเหมาะกับแหล่งพลังงานทดแทนใดมากที่สุด เพราะเหตุใด
3. หากนักเรียนเป็นผู้จัดการบริษัทนี้ นักเรียนจะเลือกผลิตพลังงานจากพลังงานทดแทนแหล่งใด เพราะเหตุใด





ภาคผนวก จ
ภาพตัวอย่างผลงานนักเรียน

สภานัด วชิราวุธวิทยาลัย **การเกิดปิโตรเลียม**

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นจากหนังสือแบบเรียนเคมีและทางอินเทอร์เน็ต หรือเว็บไซต์ที่เชื่อถือได้ จากนั้นเขียนแผนผังความคิดเพื่อนำเสนอสำหรับขั้นตอนกระบวนการในการเกิดปิโตรเลียม และยกตัวอย่างแหล่งปิโตรเลียมในประเทศไทยที่สำคัญอย่างน้อย 3 แหล่ง พร้อมระบุลักษณะภูมิประเทศและชั้นที่สำคัญ

```

graph TD
    A[การเกิดปิโตรเลียม] --> B[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> C[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> D[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> E[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> F[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> G[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> H[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> I[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> J[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> K[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> L[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> M[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> N[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> O[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> P[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> Q[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> R[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> S[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> T[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> U[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> V[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> W[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> X[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> Y[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> Z[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    
```

สภานัด วชิราวุธวิทยาลัย **การเกิดปิโตรเลียม**

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นจากหนังสือแบบเรียนเคมีและทางอินเทอร์เน็ต หรือเว็บไซต์ที่เชื่อถือได้ จากนั้นเขียนแผนผังความคิดเพื่อนำเสนอสำหรับขั้นตอนกระบวนการในการเกิดปิโตรเลียม และยกตัวอย่างแหล่งปิโตรเลียมในประเทศไทยที่สำคัญอย่างน้อย 3 แหล่ง พร้อมระบุลักษณะภูมิประเทศและชั้นที่สำคัญ

```

graph TD
    A[การเกิดปิโตรเลียม] --> B[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> C[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> D[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> E[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> F[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> G[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> H[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> I[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> J[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> K[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> L[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> M[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> N[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> O[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> P[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> Q[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> R[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> S[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> T[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> U[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> V[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> W[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> X[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> Y[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    A --> Z[การทับถมของซากสัตว์และพืช]
    
```

กิจกรรม **3** **น้ำมันจะหมดโลกจริงหรือ**

คำชี้แจง จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนตามหาสื่อ (Internet) ภายในเว็บไซต์ เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา

1. ทำหน้าที่ในการแก้ปัญหาต่อไปนี้
 - ระบุถึงสาเหตุของปัญหา
 - ระบุถึงผลกระทบของปัญหา
 - ระบุถึงแนวทางในการแก้ปัญหา
 - ระบุถึงแนวทางในการแก้ปัญหา
2. ทำหน้าที่ในการแก้ปัญหาต่อไปนี้
 - ระบุถึงสาเหตุของปัญหา
 - ระบุถึงผลกระทบของปัญหา
 - ระบุถึงแนวทางในการแก้ปัญหา
 - ระบุถึงแนวทางในการแก้ปัญหา
3. แนวทางในการแก้ปัญหาที่นักเรียนคิดว่าควรดำเนินการแก้ไขคืออะไร
 - ระบุถึงสาเหตุของปัญหา
 - ระบุถึงผลกระทบของปัญหา
 - ระบุถึงแนวทางในการแก้ปัญหา
 - ระบุถึงแนวทางในการแก้ปัญหา

คำถามท้ายหน่วย

1. จงอธิบายขั้นตอนการสำรวจปิโตรเลียมมาพอสังเขป
 - 1) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 2) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 3) ระบุพื้นที่สำรวจ
2. กระบวนการการดำเนินการสำรวจปิโตรเลียมมาพอสังเขป
 - 1) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 2) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 3) ระบุพื้นที่สำรวจ
3. กระบวนการการดำเนินการสำรวจปิโตรเลียมมาพอสังเขป
 - 1) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 2) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 3) ระบุพื้นที่สำรวจ
4. เพราะเหตุใดจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันก่อนที่จะนำไปใช้
 - 1) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 2) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 3) ระบุพื้นที่สำรวจ
5. ให้ออกตัวอย่างวิธีการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำมันอย่างน้อย 3 วิธี
 - 1) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 2) ระบุพื้นที่สำรวจ
 - 3) ระบุพื้นที่สำรวจ

ภาพประกอบ 7 แสดงตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน



ภาพประกอบ 8 แสดงตัวอย่างโปสเตอร์ที่นักเรียนจัดทำขึ้นในกิจกรรม Energy Festival



ภาพประกอบ 9 แสดงภาพกิจกรรมเกมเศรษฐีน้ำมันระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม
สะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน



ภาพประกอบ 10 แสดงภาพกิจกรรม Energy Festival ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะ
เต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวกนกทิพย์ ยาทองไชย
วันเดือนปีเกิด	9 มกราคม 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดสกลนคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	39 หมู่ 18 ต.ตองโขบ อ.โคกศรีสุพรรณ จ.สกลนคร 47280

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553	มัธยมศึกษา จาก โรงเรียนร่มเกล้า สกลนคร จังหวัดสกลนคร
พ.ศ. 2556	วท.บ. (เคมี) จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
พ.ศ. 2559	กศ.ม. (เคมี) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ