

การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขปฏิบัติ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
เมษายน 2558

การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
เมษายน 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
เมษายน 2558

ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์,
ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ, ดร.กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา
เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 2) ศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรจาก
การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและจากผลการทดลองใช้หลักสูตรใน 5 ด้าน ได้แก่
ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านความตระหนัก
ต่อสิ่งแวดล้อม ด้านความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรและด้าน
ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตรฯ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน กล่าวคือ 1) การศึกษา
บริบทและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) การออกแบบและสร้างหลักสูตร 3) การทดลองใช้และหา
ประสิทธิภาพหลักสูตรและ 4) การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมวิธี
(Mixed Methods) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูล กลุ่มตัวอย่าง
เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียน ที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ของโรงเรียนหนองหญ้าไซ
วิทยา จำนวน 81 คน และครูผู้ร่วมวิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
จากโรงเรียนเดียวกันจำนวน 2 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีและการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า หลักสูตรที่
พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและจากผลการทดลองใช้
หลักสูตร ตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้คือ

1. ผลการประเมินหลักสูตร โดยผู้เชี่ยวชาญก่อนการทดลองใช้หลักสูตร พบว่าหลักสูตร
ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากและองค์ประกอบของหลักสูตร
มีความสอดคล้องกันทุกองค์ประกอบ

2. ผลการประเมินหลังสูตรจากการทดลองใช้หลักสูตร พบว่า

2.1 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตร
สูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด
(ร้อยละ 65)

2.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังทดลองใช้
หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตร
สูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรอยู่ในระดับมาก

2.5 ครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้น

DEVELOPMENT OF A STEM INTEGRATED CURRICULUM ON “SUGARCANE”
FOR THE 9TH GRADE STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
April 2015

Sirilak Chaolumbua. (2015). *Development of a STEM Integrated Curriculum on "Sugarcane" for the 9th Grade Students*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.

Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Sunee Haemaprasith,
Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob, Dr.Kamonwan Kanyaprasith.

The purposes of this research were: 1) to develop a STEM integrated curriculum on "sugarcane" for the 9th grade students, 2) to study the effectiveness of the curriculum by experts' evaluation and by curriculum implementation in 4 aspects as follows: learning achievement, critical thinking ability and environmental awareness between before and after curriculum implementation, students' satisfaction with the instruction, and teachers' opinions toward this developed curriculum. The research processes included 4 steps; 1) studying context and relevant literature 2) curriculum design 3) curriculum implementation and testing the effectiveness of the curriculum, and 4) evaluation and revision of the curriculum. The Mixed Methods were used to assess the effectiveness of the curriculum. The sample used in the study consisted of 81 ninth grade students attending Nongyasaiwittaya School during the first semester of the 2014 academic year, obtained using the cluster random sampling and 2 science teachers. The data were analyzed in term of percentage, mean, standard deviation, t-test, and content analysis.

The results of the study indicated that the curriculum was effective as shown by the experts' evaluation and by curriculum implementation:

- 1) The results of the curriculum evaluation by experts showed that the curriculum was appropriate at the high level and the curriculum components were internally consistent.
- 2) The results of the curriculum implementation showed that:
 - 2.1) The mean scores of the learning achievement after were higher than before implementation and the criteria at the statistically significant .01 level.
 - 2.2) The mean scores of the critical thinking ability after were higher than before implementation at the statistically significant .05 level.
 - 2.3) The mean scores of the environmental awareness after implementation were higher than before implementation at the statistically significant .05 level.
 - 2.4) The students had high level of satisfaction with the instruction.
 - 2.5) The teachers had positive opinions toward curriculum.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ของ
ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่..... เดือน พ.ศ. 2558

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์)

.....ประธาน
(ดร.เขมวดี พงศานนท์)

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

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์)

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

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์)

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

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุณีย์ เหมะประสิทธิ์ สาขาวิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ ข้าราชการบำนาญ สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์และอาจารย์ ดร.กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำปรึกษาและการแนะนำต่างๆ ในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.เขมวดี พงศานนท์ นักวิชาการ ฝ่ายบริหารโครงการริเริ่มพิเศษ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความกรุณารับเป็นกรรมการสอบปากเปล่า พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาประเมินเครื่องมือวิจัยต่างๆ ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียนโรงเรียนพัฒนาคมนและโรงเรียนเมืองสุพรรณบุรีสำหรับการอนุญาต การให้ความช่วยเหลือ การตอบแบบสอบถามและแบบทดสอบต่างๆ ในการวิจัย

ขอขอบคุณครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในเขตอำเภอเดิมบางนางบวช อำเภอด่านช้างและอำเภอนองหญ้าไซทุกท่านในการให้สัมภาษณ์ข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์

ขอขอบคุณฝ่ายบริหาร คณะครูของโรงเรียนหนองหญ้าไซวิทยาที่อนุญาตให้ทดลองใช้หลักสูตรฯ กับนักเรียน ขอขอบคุณอาจารย์สุวรรณ แดงโสภาและอาจารย์กิตติพร สว่างศรีในการร่วมสังเกตการสอน การให้สัมภาษณ์และอำนวยความสะดวกต่างๆในระหว่างเก็บข้อมูลการวิจัย ตลอดจนขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/4 และ 3/5 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณฝ่ายบริหารโรงเรียนบ้านหนองขามที่อนุญาตให้ลาศึกษาต่อและให้ทดลองใช้แบบสัมภาษณ์กับครูวิทยาศาสตร์ ขอขอบคุณนางสาวยุพาพันธ์ มินวงษ์ที่ร่วมดำเนินการทำวิจัยมาด้วยกัน ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและปรึกษาหารือร่วมกันมาโดยตลอด และขอขอบใจน้องๆ ร่วมรุ่นและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่และครอบครัวที่เป็นกำลังใจอันสำคัญยิ่งและให้การสนับสนุนจนกระทั่งผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บิดา มารดา ครู-อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านตามที่กล่าวมา

ศิริลักษณ์ ชาวสุ่มบัว

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	7
ความสำคัญของการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
สมมติฐานของการวิจัย	11
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
หลักสูตรบูรณาการ.....	13
ความหมายของหลักสูตรบูรณาการ	15
ความสำคัญของหลักสูตรบูรณาการ.....	15
ข้อจำกัดของหลักสูตรบูรณาการ.....	16
ประเภทของหลักสูตรบูรณาการ	17
ทฤษฎีที่สอดคล้องกับหลักสูตรบูรณาการ.....	29
การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับหลักสูตรบูรณาการ.....	32
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรบูรณาการ	34
สะเต็มศึกษา (STEM Education)	38
องค์ประกอบของสะเต็มศึกษาและการรู้ STEM.....	40
เป้าหมายของสะเต็มศึกษา	43
ข้อดีและข้อจำกัดของสะเต็มศึกษา.....	45
หลักที่ควรพิจารณาในการพัฒนาและออกแบบหลักสูตรตามแนวทาง สะเต็มศึกษา.....	47
สะเต็มศึกษาในประเทศไทย	50
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา.....	51
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	55
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	55
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	55
การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	56
หลักการและขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	57

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	59
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	61
ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	61
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	62
กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	63
การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	69
การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	71
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	74
อ้อย: การปลูก ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	76
ขั้นตอนการผลิตอ้อย.....	77
ระบบการรับซื้ออ้อยของโรงงาน	78
ประโยชน์ของอ้อย	79
อ้อยกับปัญหาสิ่งแวดล้อม	81
การแก้ปัญหาในปัจจุบัน.....	83
แนวทางการแก้ปัญหาในระยะยาว.....	84
ระดับเกษตรกร.....	84
หน่วยงานภาครัฐ.....	84
คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล (กอน.) และสมาคมชาวไร่อ้อย.....	85
โรงงานน้ำตาล.....	85
ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม	85
ความหมายของความตระหนัก	86
ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนัก	88
ความสำคัญของความตระหนัก.....	89
ลักษณะของความตระหนัก.....	89
องค์ประกอบของความตระหนัก	91
การวัดความตระหนัก.....	92
วิธีพัฒนาความตระหนัก	93
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม	96

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
ความพึงพอใจ	100
ความหมายของความพึงพอใจ	100
ทฤษฎีความพึงพอใจ	100
การวัดความพึงพอใจ	102
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ	103
กรอบแนวคิดในการวิจัย	111
3 วิธีดำเนินการวิจัย	113
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาบริบทและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	113
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและสร้างหลักสูตร	114
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และหาประสิทธิภาพหลักสูตร	122
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร	126
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	127
ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน	127
ผลการออกแบบหลักสูตร	130
ผลการทดลองใช้หลักสูตร	133
ผลการประเมินและปรับปรุงหลักสูตร	143
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	145
สรุปผลการวิจัย	145
อภิปรายผล	146
ข้อเสนอแนะ	156
บรรณานุกรม	159
ภาคผนวก	185

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ก รายนามครูผู้ให้สัมภาษณ์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพปัญหาและ ความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนาหลักสูตรและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ คุณภาพเครื่องมือวิจัย	186
ภาคผนวก ข หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเอกสารประกอบหลักสูตร.....	189
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย.....	227
ภาคผนวก ง ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงร่าง หลักสูตร	239
ภาคผนวก จ ผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	249
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้.....	258
ภาคผนวก ช ตัวอย่างผลงานนักเรียน.....	262
ประวัติย่อผู้วิจัย	268

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของขั้นตอนในกระบวนการสืบเสาะทาง วิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์.....	49
2 สรุปรการสังเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	68
3 ลำดับขั้นของพฤติกรรมด้านจิตพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคนอื่นๆ.....	90
4 แสดงผลการสังเคราะห์การจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถ ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อม	95
5 โครงสร้างหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	108
6 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้กับเนื้อหาและกระบวนการ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์	109
7 แบบแผนการวิจัย.....	124
8 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความเหมาะสมขององค์ประกอบ ของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	131
9 ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของหลักสูตรตามแนวทาง สะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	132
10 แสดงรายละเอียดการปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตรตามข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	133
11 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อ้อย ก่อนและหลัง การใช้หลักสูตร.....	134
12 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและ หลังการใช้หลักสูตร	135
13 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการใช้ หลักสูตร	135
14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลัง การใช้หลักสูตรกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65).....	136
15 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลัง การใช้หลักสูตรฯ กับเกณฑ์ที่กำหนด (3.50).....	137
16 ผลการประเมินความเหมาะสมของโครงสร้างหลักสูตร.....	240

บัญชีตาราง

ตาราง (ต่อ)	หน้า
17 ผลการประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างหลักสูตร	242
18 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้	243
19 ผลการประเมินความสอดคล้องรายข้อ (IC) ความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง อ้อย	250
20 ผลการประเมินความสอดคล้องรายข้อ (IC) ความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณ์	252
21 ผลการประเมินความสอดคล้องรายข้อ (IC) ของแบบวัดความตระหนัก ต่อสิ่งแวดล้อม	254
22 ผลการประเมินความสอดคล้องรายข้อ (IC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจ ของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้	256
23 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มี ต่อหลักสูตรฯ	257

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การบูรณาการหลักสูตร	15
2 รูปแบบการบูรณาการแบบสหวิทยาการ.....	18
3 รูปแบบการบูรณาการแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	19
4 รูปแบบการบูรณาการแบบใช้หัวเรื่องเป็นฐาน	19
5 รูปแบบการบูรณาการแบบแยกเป็นส่วน	20
6 รูปแบบการบูรณาการแบบเชื่อมโยง	20
7 รูปแบบการบูรณาการแบบไขว้สาน.....	21
8 รูปแบบการบูรณาการแบบเรียงลำดับ	22
9 รูปแบบการบูรณาการแบบมีส่วนร่วมกัน	23
10 รูปแบบการบูรณาการแบบโยงใย.....	23
11 รูปแบบการบูรณาการแบบสายโซ่.....	24
12 รูปแบบการบูรณาการแบบบูรณาการ.....	25
13 รูปแบบการบูรณาการแบบหลอมรวม.....	25
14 รูปแบบการบูรณาการแบบเครือข่าย	26
15 ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนัก.....	87
16 ลำดับขั้นตอนของการสะสมความรู้และเจตคติเพื่อเกิดความตระหนัก ทางสิ่งแวดล้อม	88
17 ผังหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	106
18 ผังโมทัศน์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหัวเรื่อง หน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา ของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย	107
19 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	111
20 สรุปรูปแนวคิดในการวิจัยการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย.	112

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันสภาพสังคมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยเฉพาะเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร ส่งผลให้สังคมในปัจจุบันเป็นสังคมบนฐานแห่งการเรียนรู้ ดังนั้น ระบบการศึกษาจึงจำเป็นต้องเตรียมคนให้มีความพร้อมสำหรับสังคมในอนาคต โดยจะต้องเตรียมคนให้เป็นคนที่มีความรู้ความสามารถ รู้จักวิเคราะห์เหตุผล และแก้ปัญหาได้ เพื่อให้มีศักยภาพในการแข่งขันได้ในอนาคต (โครงการ PISA ประเทศไทย. 2551: 1) และมีความพร้อมที่จะเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเศรษฐกิจ สังคม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม หรือโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีใช้เพียง “เรียนรู้เพื่อตั้งรับ” เท่านั้น แต่ต้อง “เรียนรู้เพื่อเท่าทันและเป็นผู้นำ” ด้วย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ จึงต้องเสริมสร้างความเข้มแข็งของกระบวนการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ให้เป็นผู้รู้จักคิดไตร่ตรองและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จนเกิดความรู้ที่คงทนและทักษะความชำนาญ (พิทักษ์ โสตถยาคม. 2556: ออนไลน์) ซึ่งการจัดการศึกษาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยการปฏิรูปองค์ประกอบทางการศึกษาหลายด้าน โดยหลักสูตรนับเป็นองค์ประกอบในการจัดการศึกษาด้านหนึ่งที่มีความสำคัญเนื่องจากหลักสูตรเปรียบเสมือนหางเสือในการกำหนดทิศทางให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษา และเป็นเครื่องมือที่ถ่ายทอดเจตนารมณ์ในการแปลงจุดมุ่งหมายและนโยบายทางการศึกษาของชาติไปสู่การปฏิบัติในสถาบันการศึกษาในระดับต่างๆ อีกทั้งยังเป็นแนวทางให้ครูสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้จริงในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นหลักสูตรหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการจัดการศึกษา เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีบทบาทต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ รวมทั้งมีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหายอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์จึงเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ที่เป็นเครื่องมือในการศึกษาเทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆ เพื่อใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ (หัสชัย สิทธิรักษ์. 2551: ออนไลน์)

จากการวิเคราะห์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และ พุทธศักราช 2551 พบว่ายังมีลักษณะเป็นแบบแยกส่วน โดยเน้นการสอนเนื้อหาเป็นรายวิชา (Discipline-based model) ซึ่งข้อดีของการจัดหลักสูตรในลักษณะนี้คือเนื้อหาในแต่ละวิชาถูกจัดไว้อย่างเป็นระบบ ครูจึงเลือกเนื้อหาที่จะนำมาใช้จัดการเรียนการสอนได้ง่าย ทำให้ประหยัดเวลาในการสอนและสะดวกในการวัดและประเมินผล แต่ข้อเสียของหลักสูตรแบบแยกส่วนก็คือ เนื้อหาในรายวิชาต่างๆ ขาดการเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน ส่งผลให้ผู้เรียนมองไม่เห็น

ความสัมพันธ์ของความรู้ในรายวิชาเหล่านั้น ทำให้เกิดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา (Jacobs. 1989: 2-6) นอกจากนี้ การนำหลักสูตรไปใช้จะเน้นการถ่ายทอดความรู้ที่อยู่ในบทเรียนจากครูเป็นหลัก ทำให้สิ่งที่เรียนไม่สอดคล้องกับกับบริบทของผู้เรียน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้ผู้เรียนขาดทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ เนื่องจากการทำงานหรือการแก้ปัญหาใดๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงนั้นไม่ได้ใช้ความรู้จากรายวิชาใดวิชาหนึ่ง แต่จำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะจากหลายๆ สาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหาในลักษณะที่เป็นองค์รวม (Glasgow. 1996: 7)

แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการแก้ปัญหาหลักสูตรแบบแยกส่วนนี้ก็คือ การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการ เนื่องจากหลักสูตรบูรณาการเป็นหลักสูตรที่เกิดจากการนำเนื้อหาหรือทักษะของรายวิชาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันมาหลอมรวมเข้าด้วยกัน ทำให้เอกลักษณ์ของแต่ละวิชาหมดไป เกิดเป็นเอกลักษณ์ใหม่ของหลักสูตร โดยให้ผู้เรียนเรียนรู้ความคิดรวบยอดจากหน่วยการเรียนรู้ภายใต้หัวเรื่อง (Theme) โดยหัวเรื่องที่กำหนดขึ้นอาจนำมาจากประเด็นที่กำลังได้รับความสนใจ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้หัวเรื่องนี้ทำให้ผู้เรียนมองเห็นความสัมพันธ์อย่างเป็นองค์รวมทั้งความรู้ ทักษะและกระบวนการคิด (Beane. 1997: 13-14) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการทำงานของสมองในการสร้างรูปแบบของข้อมูลขึ้นมาใหม่จากข้อมูลเดิมที่มีความสัมพันธ์กัน (Caine; & Caine. 1997: 5) จึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะการคิดผ่านประเด็นปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและมีความหมายต่อตนเองมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้อันเกิดจากการบูรณาการประสบการณ์ การเรียนรู้ใหม่เข้ากับประสบการณ์เดิมด้วยกระบวนการสร้างความหมายของสมอง (Scheme of meaning) ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ๆ ได้ (Beane. 2007: 2) นอกจากนี้ผลดีที่มีต่อผู้เรียนแล้ว หลักสูตรบูรณาการยังส่งผลดีต่อครูผู้สอน กล่าวคือ หลักสูตรบูรณาการเปิดโอกาสให้ครูต่างสาขาวิชาได้ทำงานร่วมกันในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในด้านเนื้อหาวิชาและวิธีการจัดการเรียนรู้ อันเป็นหนทางในการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีในองค์กร เกิดการพัฒนาวิชาชีพ และเป็นต้นแบบที่ดีของการเรียนรู้ตลอดชีวิตให้แก่ผู้เรียน (Drake. 1998: 18) นอกจากนี้หลักสูตรบูรณาการยังสอดคล้องกับแนวทางการประเมินตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) ที่ประเมินผู้เรียนกลุ่มอายุ 15 ปี ซึ่งเป็นวัยจบการศึกษาภาคบังคับในประเทศที่เป็นสมาชิกกลุ่มประเทศองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) และประเทศร่วมโครงการที่ไม่ใช่สมาชิก การประเมินนี้จะไม่เน้นการประเมินความรู้ที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่ในห้องเรียน ณ ปัจจุบัน แต่เป็นการประเมินศักยภาพของเยาวชนในการใช้ความรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนไปใช้ในชีวิตจริงในอนาคต ทั้งในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ในการทำงานอาชีพ และการดำเนินชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554: 3)

รูปแบบในการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการนั้นมีหลายรูปแบบ ทั้งการบูรณาการในศาสตร์เดียวกันหรือการบูรณาการข้ามศาสตร์ ซึ่งรูปแบบหนึ่งของการบูรณาการข้ามศาสตร์ที่ได้รับ

การกล่าวถึงอย่างมากในประเทศสหรัฐอเมริกา ก็คือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยการนำเนื้อหาและทักษะกระบวนการของ 4 รายวิชาได้แก่ รายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาบูรณาการร่วมกันแบบสหวิทยาการ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มี การรู้ (Literacy) มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในการค้นคว้าและพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ ตลอดจนพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 โดยจุดเริ่มต้นของแนวคิดนี้มาจากความเชื่อว่าเศรษฐกิจในปัจจุบันมีพื้นฐานอยู่บนวิทยาศาสตร์ ทุกประเทศจึงต้องการที่จะรักษาระดับความสามารถในการแข่งขันเพื่อครองความเป็นเลิศในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เอาไว้ (โครงการ PISA ประเทศไทย. 2551: 1) แต่ที่ผ่านมามีความสามารถในการแข่งขันด้านเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาซึ่งเคยเป็นผู้นำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลงไป (Lantz. 2009: online) ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบในรอบการประเมินโครงการ PISA 2009 ผลปรากฏว่า นักเรียนจากประเทศสหรัฐอเมริกามีอันดับความสามารถของนักเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นอันดับที่ 17 และ 25 จากประเทศที่เข้าร่วมรับการประเมินทั้งหมด 34 ประเทศ โดยมีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินด้านผล การรู้คณิตศาสตร์ และการรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในกลุ่มประเทศองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) และหลายประเทศในเอเชีย ได้แก่ สิงคโปร์ ไต้หวัน เกาหลี ฮองกง และญี่ปุ่น (Kerr. 2013: 3) นอกจากนี้จากการสำรวจความต้องการของตลาดแรงงานในประเทศยังพบว่า ผู้ที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มีน้อยลงซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดแรงงานที่คาดว่าจะมีความต้องการแรงงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์จะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 10 ในทศวรรษหน้า (Executive Office of the President. 2010: online) ซึ่งจะมีตำแหน่งงานที่รองรับคนได้ถึง 1.2 ล้านคนในปี ค.ศ. 2018 (Kerr. 2013: 4; citing Bertram. 2012) ทำให้หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนจัดการประชุมเพื่อหารือร่วมกันโดยออกนโยบายการศึกษาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการรณรงค์เพื่อยกระดับการศึกษา (Educate to Innovate Campaign) ที่ส่งเสริมการเรียนการสอนให้มีการบูรณาการเนื้อหาและทักษะกระบวนการของทั้งสี่รายวิชาเข้าด้วยกันเพื่อรองรับสถานการณ์และแก้ไขปัญหาดังกล่าว

สำหรับประเทศไทยนั้นก็ประสบปัญหาในด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกัน โดยเมื่อพิจารณาผลการประเมินตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ ในรอบการประเมิน PISA 2009 ผลปรากฏว่า นักเรียนไทยมีอันดับของคะแนนเฉลี่ยด้านการรู้วิทยาศาสตร์และการรู้คณิตศาสตร์ในอันดับที่ 49 และ 52 ตามลำดับ จากประเทศที่เข้าร่วมการประเมินทั้งหมด 65 ประเทศ และเมื่อพิจารณาระดับการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า มีนักเรียนถึงร้อยละ 42.8 ที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐานหรือระดับ 2 (โครงการ PISA ประเทศไทย. 2554: 170) สอดคล้องกับผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาโดยสถาบันเพื่อการพัฒนาการจัดการ (Institute for Management Development (IMD) ในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งพบว่าประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 51 จาก 57 ประเทศทั่วโลก จากเดิมที่เคยอยู่ในอันดับ 46 เมื่อปี พ.ศ. 2550 (กรุงเทพธุรกิจออนไลน์. 2555: ออนไลน์) นั้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนวัยจบการศึกษามัธยมศึกษา

ของไทยเมื่อเทียบกับประเทศสมาชิก OECD และประเทศอื่นๆ แล้วยังไม่แสดงศักยภาพการแข่งขันทางเศรษฐกิจได้ในอนาคต ผลการประเมินชี้ว่าไทยยังต้องปรับปรุงอย่างเร่งด่วน ทั้งเรื่องครู ทรัพยากรการเรียนและการจัดการต่างๆ ในระบบโรงเรียน (โครงการ PISA ประเทศไทย. 2554: ปกหน้า)

จากปัญหาดังกล่าว ส่งผลให้หน่วยงานด้านการศึกษาหลายแห่งในประเทศไทยได้ตอบรับและให้ความสนใจสะสมเต็มศึกษา ดังจะเห็นได้จาก คณะกรรมการการปฏิรูปหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานแห่งชาติ ได้เสนอร่างการปฏิรูปหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีการปรับลดจำนวนกลุ่มสาระการเรียนรู้ของการจัดการศึกษาในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาจาก 8 กลุ่มสาระเหลือเพียง 6 กลุ่มสาระ ได้แก่ 1) ภาษาและวัฒนธรรม 2) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ 3) การดำรงชีวิตและโลกของงาน 4) ทักษะสื่อและการสื่อสาร 5) สังคมและความเป็นมนุษย์ และ 6) อาเซียน ภูมิภาคและโลก (ภาวิข ทองโรจน์. 2556: ออนไลน์) โดยจะเห็นได้ว่าการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM เป็นหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่ได้รับการบรรจุอยู่ในโครงสร้างหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานฉบับใหม่

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่รับผิดชอบดูแลการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของประเทศในทุกระดับการศึกษา โดยเฉพาะการศึกษาขั้นพื้นฐานและเป็นที่ตั้งของศูนย์ PISA ประเทศไทยมีแนวคิดที่จะสนับสนุนความร่วมมือด้านการศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ภายใต้กลุ่มภูมิภาคอาเซียนและเอเชีย ที่เน้นการปลูกฝังความคิดสร้างสรรค์ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มขีดความสามารถด้านเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ (Creative economy) (ฐานเศรษฐกิจ. 2556: ออนไลน์) และมีการจัดทำร่างแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี พ.ศ. 2555-2559 โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาเด็กไทยให้มีความสามารถระดับนานาชาติภายในปี พ.ศ. 2570 หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ของนักเรียนทุกช่วงชั้นจะต้องเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี ซึ่งจะวัดผลจากการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (โอเน็ต) โดยจะใช้ระบบสะสมเต็มศึกษา (ไทยโพสต์. 2556: ออนไลน์; อ้างอิงจาก มนตรี จุฬาววัฒนกุล) แต่ถึงแม้ว่าการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM ของต่างประเทศและของประเทศไทยจะได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ มากเพียงใดก็ตาม แต่ปัญหาที่พบในการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM นั้นสามารถวิเคราะห์ออกได้เป็น 2 ประเด็น คือ ประเด็นแรก งานวิจัยส่วนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับสะสมเต็มศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะเน้นการส่งเสริมและการพัฒนาในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้น ส่วนความรู้และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ยังขาดความชัดเจนและไม่ปรากฏเป็นรูปธรรม ทำให้จุดมุ่งหมายของการบูรณาการแบบสะสมเต็มศึกษายังขาดความสมบูรณ์ ประเด็นที่สอง คือ รูปแบบของการบูรณาการหลักสูตร (Form) ที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในพื้นที่เรียน ตลอดจนเป้าหมาย (Function) ของสะสมเต็มศึกษาที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนยังไม่มี ความชัดเจน ส่งผลให้ครูขาดความเข้าใจ หรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการนำแนวคิดนี้ไปสู่การปฏิบัติจริง (Chen. 2012: online;

Herschbach. 2011: online; Lantz. 2009: 1-11) ดังนั้น แนวคิดในการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการแบบ STEM โดยบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เกิดความเชื่อมโยงกับรายวิชาทั้งสามจึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการส่งเสริมในการปรับเปลี่ยนแนวคิดเชิงทฤษฎีไปสู่แนวคิดเชิงปฏิบัติที่เป็นรูปธรรมเพื่อเป็นแนวทางที่ชัดเจนแก่ครูผู้สอนให้สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้

นอกจากการแก้ปัญหาหลักสูตรแบบแยกส่วนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยนำแนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษามาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรแล้ว การพัฒนาคนท่ามกลางความเจริญก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในยุคของสังคมข่าวสารและสังคมแห่งการเรียนรู้นั้น จะต้องพัฒนาคนให้รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงในการคิดวิเคราะห์ แยกแยะ และไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล โดยคนจะรู้เท่าทันได้นั้นต้องเกิดจากการเรียนรู้บนพื้นฐานการคิดของตนเองโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งเป็นทักษะการคิดที่เป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในทุกระดับ และเป็นทักษะที่สำคัญด้านหนึ่งในกรอบแนวคิดของทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ที่เรียกว่า ทักษะแห่งนวัตกรรมและการเรียนรู้ (Learning and Innovative skills) ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ความคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาการสื่อสารและความร่วมมือ (Jacobs. 2010: 211-212) โดยทักษะการคิดเหล่านี้มีความสำคัญในการฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ที่จะเรียนรู้ (Learn how to learn) เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการคิดพิจารณา ไตร่ตรองเพื่อแก้ปัญหาได้ทั้งในโรงเรียน การทำงานและในชีวิตจริง แต่การจัดการศึกษาในปัจจุบันพบว่ายังไม่ส่งเสริมทักษะการคิดในด้านนี้เท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากเป้าหมายของการสอนเน้นให้ผู้เรียนจำข้อมูลเพื่อให้สอบผ่านเท่านั้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนสูญเสียความรักที่จะเรียนรู้ (Laura. 2008: 5) ดังจะเห็นได้จาก ผู้เรียนที่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ผ่านการทดสอบการเขียนเรียงความตามข้อกำหนดของรัฐไม่ได้แสดงออกถึงความคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเขียนเรียงความนั้นๆ เลย (Borg. 2000: 10) ซึ่งปัญหานี้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ดังจะเห็นได้จากการประเมินของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษาด้านผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในมาตรฐานที่ 4 ด้านการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณยังอยู่ในระดับที่ต้องปรับปรุงและพัฒนา (ทศนา แซมมณี. 2554: 188)

ดังนั้นกระบวนการในการนำหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นไปใช้จึงต้องจัดให้ผู้เรียนเรียนรู้และฝึกฝนผ่านกระบวนการคิดและการแก้ปัญหา (Wagner. 2008) ซึ่งสะเต็มศึกษาจะเน้นการคิดและการแก้ปัญหาโดยใช้การผสมผสานวิธีการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางคณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบ (Process design) ตามแนวทางของการศึกษาด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วยกันซึ่งช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะการคิดที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้ สอดคล้องกับอีเบอร์ลี (Eberle. 2010: online) ที่กล่าวว่าหลักสูตรบูรณาการแบบ STEM ช่วยสร้างนักคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพิ่มการรู้วิทยาศาสตร์และสามารถพัฒนานักนวัตกรรมรุ่นใหม่ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และกระบวนการเพื่อความยั่งยืนของเศรษฐกิจบนฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ นอกจากนี้อาชีพส่วนใหญ่ในอนาคตต้องอาศัยความเข้าใจพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นสำคัญอีกด้วย

สำหรับการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหัวเรื่อง อ้อย มาใช้เป็นแกนในการพัฒนาหลักสูตร เนื่องจากผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในเขตภาคกลางมีพื้นที่ปลูกอ้อยในปีการผลิต 2554/55 ทั้งหมด 574,972 ไร่คิดเป็นอันดับ 6 ของประเทศ รองจากจังหวัดกาญจนบุรี นครราชสีมา อุตรธานี ลพบุรีและนครสวรรค์ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2555: 8-9) โดยที่ตั้งของโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติงานอยู่เป็นเขตเชื่อมต่อระหว่างอำเภอด่านช้างและอำเภอหนองหญ้าไซซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกอ้อยมากที่สุดของจังหวัดสุพรรณบุรี โดยประชากรในตำบลนี้ร้อยละ 90 ประกอบอาชีพทำไร่อ้อย ดังนั้นการใช้หัวเรื่องดังกล่าวมาเป็นแกนในการพัฒนาหลักสูตรจึงสอดคล้องกับบริบทในด้านการประกอบอาชีพของชุมชนและผู้เรียน แต่ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการปลูกอ้อยส่งผลกระทบต่อในด้านต่างๆ โดยเฉพาะผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรนิยมเผาอ้อยก่อนและหลังการตัด ทำให้คุณภาพของดิน อากาศและทัศนียภาพเปลี่ยนแปลงไป แนวทางหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านนี้ก็คือ การให้ความรู้ที่ถูกต้องแก่เกษตรกรโดยเฉพาะเยาวชนที่จะเป็นเกษตรกรรุ่นใหม่ในการนำความรู้ไปพัฒนาคุณภาพของอ้อยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้สอดคล้องกับมาตรฐานและข้อกำหนดของประเทศผู้ซื้อ โดยเมื่อผู้เรียนมีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับอ้อย การปลูกและผลกระทบของการปลูกอ้อยที่มีต่อสิ่งแวดล้อมแล้วก็จะพัฒนาความรู้เป็นความตระหนัก และนำไปสู่พฤติกรรมในการเพาะปลูกที่เหมาะสม และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน อันจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักสูตรบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เนื่องจากนักเรียนในระดับชั้นนี้มีความพร้อมในการพัฒนาด้านสติปัญญาตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's theory of intellectual development) ในขั้นที่ 4 คือขั้นที่เกี่ยวกับการคิดที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรม โดยมีความสามารถในการคิดหาเหตุผลนอกเหนือจากข้อมูลที่มีอยู่โดยใช้หลักตรรกศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้

จากความสัมพันธ์ในเนื้อหาและทักษะของรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมทั้งความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อกระบวนการคิดที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่บูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยนำแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการบูรณาการหลักสูตรของโฟการ์ตี (Fogarty. 1991: 64) ได้แก่ รูปแบบบูรณาการมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตร โดยนำความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอ้อยและประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในชุมชนที่เกิดจากขั้นตอนของการปลูกและการเก็บเกี่ยวอ้อยที่สอดคล้องกับเนื้อหาและกระบวนการของทั้ง 4 วิชามาใช้ในการกำหนดคำถามสำคัญเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาสาเหตุ ผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อม และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย อันจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเนื้อหา กระบวนการคิด การแก้ปัญหาผ่าน การเรียนรู้ที่มีความหมายสอดคล้องกับชีวิตจริงซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อมในชุมชนจากเนื้อหาและกระบวนการของทั้ง 4 รายวิชาอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นและจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่กำหนดไว้ต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยพิจารณาจาก 2 ประเด็น ดังนี้
 - 2.1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 - 2.2 ผลการใช้หลักสูตร ประกอบด้วย
 - 2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.2.2 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 2.2.3 ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม
 - 2.2.4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรฯ
 - 2.2.5 ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตรฯ

ความสำคัญของการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ คือทำให้ได้หลักสูตรบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย ที่บูรณาการเนื้อหาและกระบวนการแบบสหวิทยาการของรายวิชาหลัก 4 รายวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้ากับหัวเรื่องเกี่ยวกับพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในท้องถิ่น โดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนาให้มีคุณภาพสำหรับเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และสร้างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมให้แก่ผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ที่มีความหมาย สอดคล้องกับบริบทของชุมชน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

ประชากร คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา ในเขตอำเภอด่านช้าง อำเภอหนองหญ้าไซ ซึ่งเป็นอำเภอที่ประชากรมีการประกอบอาชีพทำไร่ไถ่มากเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ในปี พ.ศ. 2554 - 2555 ของจังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีโรงเรียนมัธยมศึกษาใน 2 อำเภอนี้ทั้งหมด 3 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเลือกโรงเรียนแบบเจาะจงเพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จากโรงเรียนมัธยมศึกษาทั้งหมด ในเขตอำเภอด่านช้างและอำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี ได้กลุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนหนองหญ้าไซวิทยา อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรีซึ่งประกอบไปด้วย

1. ครูประจำการที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 คนซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 81 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น
 2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น
- ประกอบด้วย

2.1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ผลการใช้หลักสูตรฯ

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.2.3 ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

2.2.4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรฯ

2.2.5 ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตรฯ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หมายถึง หลักสูตรบูรณาการรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของ 4 รายวิชาได้แก่

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary integration) กล่าวคือ ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้มีการบูรณาการเนื้อหาของสี่รายวิชาอย่างน้อย 2 รายวิชาเข้าด้วยกันโดยเชื่อมโยงเนื้อหาดังกล่าวเข้ากับหัวเรื่องย่อยซึ่งเป็นหัวเรื่องที่สอดคล้องกับบริบทด้านเกษตรกรรมและสิ่งแวดล้อมในห้องเรียนของนักเรียน และนำรูปแบบการบูรณาการหลักสูตรแบบบูรณาการ (Integrated model) ตามแนวคิดของโฟการ์ตี (Fogarty, 1991: 64) มาใช้ในการเชื่อมโยงเนื้อหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ได้นำประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับอ้อยที่เกิดขึ้นจริงในห้องเรียนมาตั้งเป็นคำถามสำคัญเพื่อนำไปกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ ตลอดจนการวัดและประเมินผล จากนั้นนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ที่มีการบูรณาการกิจกรรมที่หลากหลายสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา ได้แก่ การตั้งคำถาม การทำโครงงาน กระบวนการกลุ่ม การอภิปราย การทดลอง และการแสดงบทบาทสมมติ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2. ประสิทธิภาพของหลักสูตร หมายถึง ผลจากการพิจารณาคุณภาพของหลักสูตร 2 ประการ กล่าวคือ

2.1 คุณภาพจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เป็นคุณภาพที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมและความสอดคล้องของจุดมุ่งหมาย เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงสร้างหลักสูตร

2.2 คุณภาพด้านผลการใช้หลักสูตร โดยการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังทดลองใช้หลักสูตรฯ กับก่อนทดลองใช้หลักสูตรฯ ความพึงพอใจของนักเรียน ตลอดจนความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตรหลังทดลองใช้หลักสูตรฯ

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถของนักเรียนอันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ตามหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยประเมินในขอบข่าย 6 ด้าน กล่าวคือ

3.1 ด้านความรู้ความจำ หมายถึง การระลึกหรือท่องจำความรู้ต่างๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว

3.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการแปลความ ตีความ ขยายความและสรุปความจากข้อคำถามที่กำหนดให้

3.3 ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ หลักการไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

3.4 ด้านการวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะความสำคัญ ความสัมพันธ์หรือหลักการออกเป็นส่วนย่อย

3.5 ด้านการสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการวางแผน ออกแบบ การทดลอง การตั้งสมมติฐานและการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่กำหนดให้

3.6 ด้านการประเมินค่า หมายถึง ความสามารถในการตัดสินคุณค่าหรือวินิจฉัย เรื่องราวต่างๆ อย่างมีเหตุผลหรือใช้กฎเกณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับ

4. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการใช้ กระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เพื่อประเมินข้อมูล เหตุการณ์หรือประเด็นปัญหา โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนเองในการหาหลักฐานและเหตุผลที่เพียงพอ มีความสอดคล้อง และน่าเชื่อถือ เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งประกอบไปด้วยความสามารถ 4 ด้าน ดังนี้

4.1 การนิยามปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุปัญหา บอกความหมาย ของคำหรือข้อความที่เป็นองค์ประกอบของปัญหาที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์เมื่อกำหนด สถานการณ์มาให้

4.2 การพิจารณาตัดสินข้อมูล หมายถึง ความสามารถของนักเรียนใน การพิจารณาตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อมูล แหล่งข้อมูล ความสอดคล้องและความเพียงพอของ ข้อมูล จำแนกข้อมูลออกเป็นข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น และสามารถระบุข้อตกลงเบื้องต้น จากข้อมูล ที่กำหนดให้ได้

4.3 การตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการกำหนดแนวทาง หรือพยากรณ์คำตอบ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น รวมทั้งเลือกสมมติฐานที่เหมาะสมโดย พิจารณาถึงความเป็นเหตุเป็นผลของปัญหาและผลที่จะเกิดขึ้น

4.4 การสรุปและประเมินข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล หมายถึง ความสามารถของ นักเรียนในการสรุปอ้างอิงแบบนิรนัย อุปนัย จากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่าง สมเหตุสมผล พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบข้อสรุป

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณนี้วัดได้จากแบบวัดการคิดอย่างมี วิจารณญาณ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบสถานการณ์ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 40 ข้อซึ่ง ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยดัดแปลงมาจากแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของอรพิน พัฒนาผล (2551) และ มลิวัลย์ สมศักดิ์ (2540)

5. ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง ความรู้สึกหรือความสำนึกของนักเรียน อันเกิดขึ้นจากการมีความรู้และเจตคติที่ถูกต้องด้านสิ่งแวดล้อม แล้วนำไปปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งวัดได้จากแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบวัดแบบมาตราส่วน ประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ โดยประเมินในขอบข่าย 4 ด้าน ดังนี้

5.1 ด้านการอนุรักษ์ดิน หมายถึง การปฏิบัติต่อดินด้วยวิธีการใดๆ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อรักษาดินให้มีความสามารถในการให้ผลผลิตสูงสุดและได้นานที่สุด

5.2 ด้านการอนุรักษ์น้ำ หมายถึง การป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับน้ำและการนำน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการดำรงชีวิตของมนุษย์

5.3 ด้านการอนุรักษ์อากาศ หมายถึง การปฏิบัติตนเพื่อป้องกันปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศ การนำของเสียทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

5.4 ด้านการอนุรักษ์ทัศนียภาพ หมายถึง การปฏิบัติตนเพื่อป้องกันปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความสวยงามของภาวะแวดล้อมอันก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอารมณ์ของผู้พบเห็น

6. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรฯ

หมายถึง ความรู้สึกชอบ พอใจและความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ตามหลักสูตรทั้งในด้านเนื้อหา/สาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้และด้านการวัดและประเมินผล ซึ่งสามารถวัดได้โดยแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 22 ข้อ และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) จากการเขียนอนุทินของผู้เรียน

7. ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร หมายถึง ความรู้สึกของครูที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ตามหลักสูตรทั้งในด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และบรรยากาศในการเรียนรู้ รวมทั้งปัญหาและข้อเสนอแนะที่มีต่อการใช้หลักสูตร ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (Depth interview) ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 คนซึ่งเป็นครูผู้ร่วมวิจัยที่เข้าร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรฯ

สมมติฐานการวิจัย

1. หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตร
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าร้อยละ 65
4. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก
5. ครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้นำเสนอใน 7 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรบูรณาการ
 - 1.1 ความหมายของหลักสูตรบูรณาการ
 - 1.2 ความสำคัญของหลักสูตรบูรณาการ
 - 1.3 ข้อจำกัดของหลักสูตรบูรณาการ
 - 1.4 ประเภทของหลักสูตรบูรณาการ
 - 1.5 ทฤษฎีที่สอดคล้องกับหลักสูตรบูรณาการ
 - 1.6 การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับหลักสูตรบูรณาการ
 - 1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรบูรณาการ
2. สะเต็มศึกษา (STEM Education)
 - 2.1 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา และการรู้ STEM
 - 2.2 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา
 - 2.3 ข้อดีและข้อจำกัดของสะเต็มศึกษา
 - 2.4 หลักที่ควรพิจารณาในการพัฒนาและออกแบบหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 2.5 สะเต็มศึกษาในประเทศไทย
 - 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.4 หลักการและขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.4 การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.5 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

- 4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
5. อ้อย: การปลูก ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
 - 5.1 ขั้นตอนการผลิตอ้อย
 - 5.2 ระบบการรับซื้ออ้อยของโรงงาน
 - 5.3 ประโยชน์ของอ้อย
 - 5.4 อ้อยกับปัญหาสิ่งแวดล้อม
 - 5.5 การแก้ปัญหาในปัจจุบัน
 - 5.6 แนวทางการแก้ปัญหาระยะยาว
6. ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม
 - 6.1 ความหมายของความตระหนัก
 - 6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนัก
 - 6.3 ความสำคัญของความตระหนัก
 - 6.4 ลักษณะของความตระหนัก
 - 6.5 องค์ประกอบของความตระหนัก
 - 6.6 การวัดความตระหนัก
 - 6.7 วิธีพัฒนาความตระหนัก
 - 6.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม
7. ความพึงพอใจ
 - 7.1 ความหมายของความพึงพอใจ
 - 7.2 ทฤษฎีความพึงพอใจ
 - 7.3 การวัดความพึงพอใจ
 - 7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
8. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. หลักสูตรบูรณาการ

แนวคิดเกี่ยวกับการบูรณาการหลักสูตรเริ่มต้นมาตั้งแต่ในช่วงทศวรรษที่ 1800 โดยมีฐานคิดมาจากปรัชญาการศึกษาแบบพัฒนาการนิยม (Progressivism) ที่เชื่อว่าประสบการณ์เป็นความจริงสูงสุดของมนุษย์ ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริงที่สัมพันธ์กับสังคม จากการลงมือปฏิบัติโดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ดังนั้นความรู้อาจเกิดจากกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริง ไม่เน้นที่ตัวเนื้อหาแต่ให้ความสำคัญกับกระบวนการ (Zais. 1976: 147) ซึ่งนักปรัชญาการศึกษาที่สำคัญท่านหนึ่งของทฤษฎีนี้คือ จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ที่เริ่มบูรณาการหลักสูตรด้วยการนำการเรียนแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเชื่อมโยงเข้ากับประเด็นทางสังคมและแนวคิดแบบประชาธิปไตย จนได้หลักสูตรบูรณาการที่เรียกว่า “หลักสูตรอาชีพ” (Occupation) แล้ว

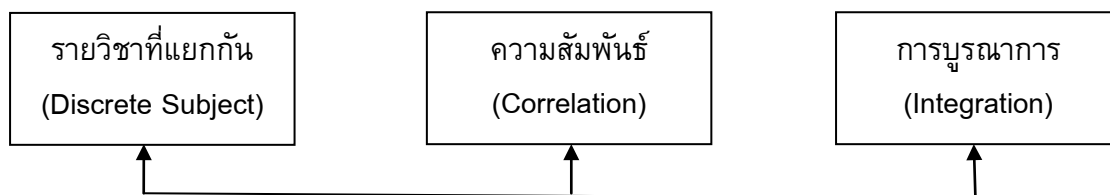
นำไปใช้ในโรงเรียนสาธิตแห่งเมืองชิคาโกที่ชื่อ The Laboratory School หรือที่รู้จักกันดีในชื่อว่า โรงเรียน ดิวอี้ (Dewey School) ซึ่งแนวคิดของดิวอี้นี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการศึกษาในอเมริกาที่มีชื่อว่า “Eight-Year Study” ซึ่งผลการวิจัยพบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรหลายประการ เช่น ความไม่สอดคล้องสัมพันธ์กันของรายวิชา การขาดความต่อเนื่องของเนื้อหาและประสบการณ์ในแต่ละระดับชั้น (Aiken. 1942; Jacobs. 1989) จากปัญหาดังกล่าวทำให้หลักสูตรไม่สามารถสนองความต้องการของผู้เรียนในช่วงที่การเปลี่ยนแปลงของสังคมเป็นไปอย่างรวดเร็วได้ จึงมีความพยายามที่จะปรับปรุงคุณภาพการศึกษาให้มีความสัมพันธ์ระหว่างรายวิชาต่างๆ ให้มากขึ้นโดยคำนึงถึงหัวข้อที่มีความสอดคล้องกับประสบการณ์ ความสนใจ ความต้องการของผู้เรียน รวมทั้งสภาพของสังคมและท้องถิ่นเป็นสำคัญ โดยการเชื่อมโยงเนื้อหาหรือกิจกรรมของรายวิชาต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและทันต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสังคม สามารถนำความรู้ที่ได้จากการบูรณาการไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ ซึ่งการสอนความรู้แบบแยกส่วน โดยเน้นเนื้อหาสาระในแต่ละรายวิชาเป็นหลัก (Subject-based curriculum) มีจุดมุ่งหมายเพื่อปลูกฝังความรู้ในเนื้อหาวิชาและมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ “ผู้สอนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้” (UNESCO. 1981 : 4-7) ทำให้ไม่สามารถปลูกฝังลักษณะการใฝ่รู้ (Inquiry mind) การสืบเสาะหาข้อมูล และการรับความรู้ของผู้เรียนได้ นอกจากนี้การจัดการศึกษาที่จัดหลักสูตรแบบแยกส่วนเป็นรายวิชาทำให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย (Sinlarat. 1976 : 123-124) ได้แก่

ก. ผู้เรียนในแต่ละสาขาวิชาจะถูกจำกัดความรู้และความสนใจให้อยู่แต่ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาที่เรียนเท่านั้น ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานเมื่อจบการศึกษาแล้ว โดยจะติดอยู่แต่ในกรอบของวิชาที่เคยเรียนมาเท่านั้น

ข. หลักสูตรรายวิชาจะแยกออกจากกันอย่างอิสระ จึงไม่สามารถแก้ปัญหาสังคมที่ซับซ้อนที่มีลักษณะเป็น “องค์รวม” ได้ เพราะการแก้ไขปัญหาต่างๆ ต้องอาศัยความรู้จากหลายสาขาวิชามาผสมผสานกัน

ค. การปลูกฝังผู้เรียนให้มีคุณค่าที่พึงประสงค์ในด้านต่างๆ จะต้องอาศัยวิธีที่สอดคล้องและเหมาะสมด้วยการบูรณาการทั้งความรู้ ความคิด และกิจกรรมต่างๆ ที่จำเป็นเข้าด้วยกัน จึงจะได้ลักษณะที่พึงประสงค์ที่กำหนดไว้ได้สำหรับความหมายของหลักสูตรบูรณาการ

สอดคล้องกับทาบา (Taba. 1962: 298) ที่กล่าวว่า ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ผ่านหลักการและเนื้อหาสาระของสาขาวิชาต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันแล้วประยุกต์ให้เกิดความรู้ใหม่ขึ้นมา ซึ่งโอลิวา (Oliva. 1992: 518) ให้ความเห็นไว้ในทางตรรกวิทยาเมื่อความแตกต่างระหว่างสาขาวิชาถูกกำจัดไป มนุษย์จะสามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจเลือกเนื้อหาสาระของรายวิชาที่ต้องการเรียนรู้ได้ดีขึ้น ดังนั้นนักพัฒนาหลักสูตรจึงต้องเข้าใจความสัมพันธ์เกี่ยวกับการบูรณาการหลักสูตรตามภาพประกอบต่อไป



ภาพประกอบ 1 การบูรณาการหลักสูตร

1.1 ความหมายของหลักสูตรบูรณาการ

หลักสูตรบูรณาการ (Integrated curriculum) เป็นหลักสูตรที่รวมเนื้อหาความรู้ ประสบการณ์หรือทักษะพื้นฐานที่จำเป็นของรายวิชาตั้งแต่ 2 รายวิชาขึ้นไปซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันนำมาจัดเป็นกลุ่มใหม่ ทำให้เอกลักษณ์ของแต่ละรายวิชาหมดไปเกิดเป็นเอกลักษณ์ใหม่ของหลักสูตรบูรณาการ ซึ่งจะเน้นที่องค์รวมของเนื้อหาที่สัมพันธ์กันและกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญผ่านการเรียนรู้โดยใช้หัวเรื่อง (Themes) ประเด็น (Issues) หรือปัญหา (Problems) ของท้องถิ่นที่เป็นประสบการณ์ใกล้ตัวหรือเป็นเรื่องที่อยู่ในความสนใจของผู้เรียนเป็นแกน (Beane. 1997: 13-14; Jacobs. 1989; Suskind. 1994: 325; Taba. 1962: 298; Vars. 1991: 14) ในการสร้างขอบเขตการเรียนรู้ที่มีความหมาย ผู้เรียนมีมุมมองที่กว้างขึ้น (Tyler. 1949: 58) ช่วยให้การบูรณาการประสบการณ์การเรียนรู้ในตัวผู้เรียนเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน (McNeil. 1981 : 62; Walker. 1995: 1) โดยนักพัฒนาหลักสูตรจะต้องคำนึงถึงปรัชญาการศึกษา ธรรมชาติของความรู้และประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน เป้าหมายของการศึกษา และทฤษฎีการเรียนรู้เป็นสำคัญ (Beane. 1997: 18; Oliva. 1992: 517; Zais. 1976: 15-16)

1.2 ความสำคัญของหลักสูตรบูรณาการ

เพอร์คินส์ (Perkins. 1991: 7) และเบิร์นฟอร์ด (Burnford. 1993: 44) กล่าวว่า การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาของรายวิชาต่างๆ ในหลักสูตร จะทำให้ผู้เรียนสามารถหาแนวทางการนำความรู้ไปใช้เพิ่มทักษะและความเข้าใจได้ดีขึ้นกว่าการสอนเป็นรายวิชาและช่วยพัฒนาความคิดขั้นสูง เนื่องจากการเรียนรู้เป็นมากกว่าการท่องจำ ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านหัวเรื่องเชิงลึกทำให้เห็นรูปแบบความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชาที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างองค์ความรู้มากกว่าเพียงการสะสมข้อเท็จจริง ซึ่งต้องใช้ทั้งทักษะการคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ (Drake. 1998: 17-18; citing Erickson. 1995) นอกจากนี้หากผู้เรียนที่มีโอกาสสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ได้เรียนไปแล้วในโรงเรียนกับสภาพความเป็นอยู่ในชีวิตจริงนอกห้องเรียนจะสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับประสบการณ์ที่เรียนรู้ใหม่ได้อย่างกว้างขวางและลึกซึ้งขึ้น

กว่าเดิม ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น (Oliva. 1992: 518; Walburn. 1992: 27) นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาบ่อยลงและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น (Drake. 1998: 18)

นอกจากนี้ จากงานวิจัยของเคนและเคน (Caine; & Caine. 1997: 5) ที่วิจัยเกี่ยวกับการทำงานของสมองพบว่า การเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรบูรณาการสอดคล้องกับการทำงานของสมองที่จะสร้างรูปแบบ (Patterns) ของข้อมูลขึ้นมาใหม่จากข้อมูลที่ซับซ้อนที่มีความสัมพันธ์กันและพัฒนาจนเกิดการเรียนรู้ สอดคล้องกับ เจนเซน (Jensen. 1998: 35) ที่กล่าวว่าวิธีการที่ดีที่สุดที่จะทำให้สมองสร้างเซลล์ประสาทเพื่อเชื่อมโยงเครือข่ายในการเรียนรู้ก็คือการกระตุ้นผู้เรียนด้วยปัญหาผ่านการบูรณาการ โดยผู้เรียนจะเรียนรู้ได้เร็วยิ่งขึ้น หากข้อมูลนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน (Dewey. 1938: 32; Kilpatrick. 1918: 321) ซึ่งจะช่วยให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้อันเกิดจากการบูรณาการ ประสบการณ์การเรียนรู้เข้ากับประสบการณ์เดิมด้วยกระบวนการสร้างความหมายของสมอง (Scheme of meaning) ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ๆ (Beane. 1997: 2) ทั้งยังส่งเสริมการพัฒนาเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตในด้านการนำตนเอง การจัดระบบความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสารและการประเมินตนเองอีกด้วย

ในด้านของครูผู้สอน การบูรณาการหลักสูตรส่งเสริมให้ครูต่างสาขาวิชาได้ทำงานร่วมกันในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในด้านเนื้อหาวิชาและวิธีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในชั้นเรียนครูไม่จำเป็นต้องเป็นผู้รู้แต่เพียงผู้เดียวเสมอไป แต่สามารถเป็นผู้เรียนร่วมกับนักเรียนได้ในการสร้างการเชื่อมโยงเนื้อหาและนำวิธีการสอนใหม่ๆ มาใช้ อันเป็นหนทางในการพัฒนาวิชาชีพของตนเอง และเป็นต้นแบบที่ดีของการเรียนรู้ตลอดชีวิตให้แก่ผู้เรียนอีกด้วย (Drake. 1998: 18)

1.3 ข้อจำกัดของหลักสูตรบูรณาการ

ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยมากมายที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้โดยหลักสูตรบูรณาการ (Drake. 1998: 34-38; citing Caine; & Caine. 1997; Cotton. 1982; Hoerr. 1997; Latham. 1997; Oddeleifson. 1989; Warren. 1996) แต่การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบนี้ก็มีข้อจำกัดหลายประการ ดังนี้

ประการแรก ด้านความมั่นใจในเนื้อหาวิชาของครู เนื่องจากการสอนโดยใช้หลักสูตรบูรณาการเป็นการเปลี่ยนแปลงความเชื่อ แนวคิด (Paradigm shift) ของครูจากการสอนในรูปแบบเดิมที่เป็นการสอนแบบแยกรายวิชามาเป็นการสอนที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาต่างๆ เข้าด้วยกัน ทำให้ครูอาจเกิดความไม่มั่นใจในความรู้ความสามารถของตนเองที่จะต้องสอนเนื้อหาที่นอกเหนือจากรายวิชาที่ตนเองถนัด (Drake. 1998: 32) ถึงแม้ว่าในประเทศไทยหลักสูตรและใบประกอบวิชาชีพครูจะเปิดกว้างให้ครูสามารถบูรณาการการจัดการเรียนการสอนได้ โดยไม่จำกัดว่า จะต้องสอนในรายวิชาที่ตรงสาขาหรือวิชาเอกเท่านั้น แต่ในประเทศสหรัฐอเมริกาประเด็นนี้ยังเป็นข้อจำกัดในทางปฏิบัติ

ประการที่สองคือปัจจัยด้านเวลา การบูรณาการหลักสูตรในแต่ละชั้นตอนจะใช้เวลาค่อนข้างมาก ตั้งแต่กระบวนการวางแผนเพื่อกำหนดหัวเรื่อง การกำหนดคำถามสำคัญที่เชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่างๆ การเลือกเนื้อหาวิชา การกำหนดกิจกรรม วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่น สื่อการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการประเมินผลที่หลากหลาย (Jacobs. 1989: 18) รวมทั้งการกำหนดตารางเวลาเรียนที่ต้องมีความยืดหยุ่นตามกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไป ซึ่งนักพัฒนาหลักสูตรจะต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทางด้านนี้ก่อนดำเนินการวางแผนพัฒนาหลักสูตรบูรณาการ

ประการที่สาม การบูรณาการหลักสูตรเหมาะสมที่จะใช้กับโรงเรียนในระดับประถมศึกษามากกว่าโรงเรียนมัธยมศึกษา (Drake. 1998: 28; Jacobs. 1989: 23; Wiggins. 2001: 18) เนื่องจากโรงเรียนมัศึกษามีประเด็นในเรื่องของความลึกซึ้งของเนื้อหาและข้อจำกัดด้านการกำหนดตารางเวลามากกว่าโรงเรียนระดับประถมศึกษา

จะเห็นได้ว่าการบูรณาการหลักสูตรมีข้อดีหลายประการที่สามารถช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เรียนรู้อย่างมีความหมาย เกิดความคงทนและถ่ายโยงการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งการดำเนินการให้สำเร็จลุล่วงนั้น ต้องอาศัยความร่วมมือจากบุคลากรทุกฝ่ายภายในโรงเรียนในการแลกเปลี่ยนแนวคิด ความรู้ ตลอดจนเทคนิคหรือวิธีการในการจัดการเรียนรู้ร่วมกันซึ่งเป็นการสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่ดีในการร่วมมือกันทำงาน ถึงแม้ว่าการบูรณาการหลักสูตรอาจจะมีข้อจำกัดบางประการแต่หากบุคลากรสามารถก้าวข้ามอุปสรรคที่มีอยู่นั้นได้ก็เป็นแนวทางที่ดีที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ ประสบการณ์และความสนใจของผู้เรียนอันเป็นพื้นฐานของการศึกษาและการทำงานในอนาคตต่อไป

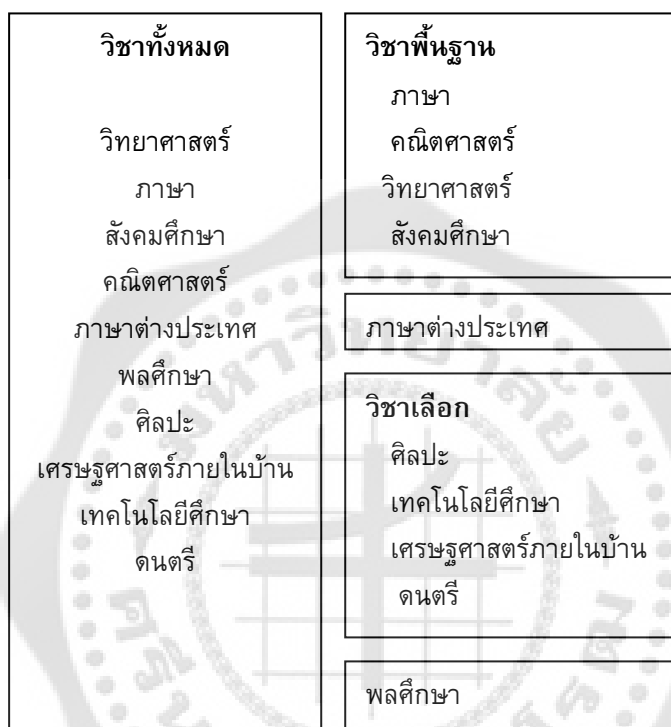
1.4 ประเภทของหลักสูตรบูรณาการ

การบูรณาการหลักสูตรเป็นการปรับปรุงคุณภาพของการจัดการศึกษาเพื่อให้การศึกษาสอดคล้องกับสภาพจริงในชุมชน มีความหมายและทันต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสังคม ซึ่งการบูรณาการควรมีการบูรณาการทั้งความรู้ ความคิด เจตคติ ทักษะ ผ่านกิจกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ต่างๆ ที่ต้องการปลูกฝังให้กับผู้เรียนเข้าด้วยกัน ซึ่งรูปแบบของการบูรณาการมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งประเภท ดังนั้นนักการศึกษาได้เสนอแนวคิดไว้ ดังนี้

เลอปป์ (Loepp. 1999: 21-25) ได้เสนอรูปแบบการบูรณาการแบบสหวิทยาการไว้ 3 แบบ ดังนี้

1. แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary model) เป็นรูปแบบที่ใช้กันมากในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยโรงเรียนจะนำรายวิชาทั้งหมดมาแบ่งเป็นกลุ่มๆ เช่น กลุ่มวิชาหลัก กลุ่มภาษา กลุ่มวิชาเลือก จากนั้นแต่ละกลุ่มจะมีทีมของครูทำหน้าที่ดูแลผู้เรียน เช่น ในกลุ่มวิชาหลัก 4 วิชาจะกำหนดเวลาในการเรียนไว้ 4 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีครู 4 คนรับผิดชอบดูแลนักเรียนกลุ่มนี้ หลังจากนั้นจะแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยตามจำนวนวิชาหลัก โดย 1 ชั่วโมงแรกจะใช้ในการให้

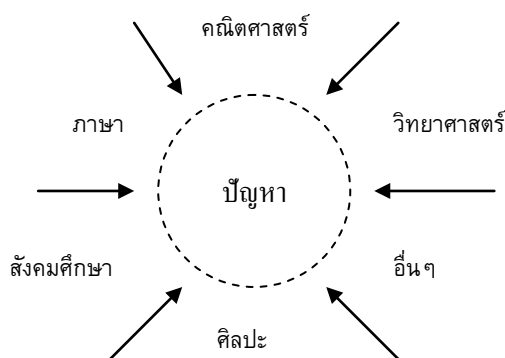
แต่ละกลุ่มวางแผนร่วมกัน ส่วนอีก 3 ชั่วโมงที่เหลือจะให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจของตนเองหรือของกลุ่ม โดยครูอาจเป็นผู้กำหนดหัวเรื่องให้ หรืออาจพานักเรียนไปทัศนศึกษานอกสถานที่ก็ได้ ข้อดีของรูปแบบนี้คือเปิดโอกาสให้ครูได้วางแผนทำงานร่วมกัน แต่ข้อเสียคือครูต้องเป็นผู้ออกแบบหลักสูตรด้วยตนเอง ทำให้ในบางครั้งครูอาจกลับไปเลือกการสอนในรูปแบบเดิมซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายกว่า รูปแบบการบูรณาการแบบสหวิทยาการแสดงได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 รูปแบบการบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary model)

ที่มา: Franzie L. Loepp. (1999). Model of Curriculum Integration. p.22.

2. แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based model) โดยนำหัวเรื่องเกี่ยวกับเทคโนโลยีซึ่งอาจจะเป็นประเด็นปัญหามาเป็นแกนของหลักสูตร ข้อดีของรูปแบบนี้คือ สร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง แต่ข้อเสียคือหลักสูตรอาจจะไม่ครอบคลุมมาตรฐานที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลาง



ภาพประกอบ 3 รูปแบบการบูรณาการแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based model)

ที่มา: Franzie L. Loepp. (1999). Model of Curriculum Integration. p.23.

3. แบบใช้หัวเรื่องเป็นฐาน (Theme-based model) โดยกำหนดหัวเรื่องขึ้น แล้วนำความคิดรวบยอดหลัก 3-5 แนวคิดมาเชื่อมโยงกับหัวเรื่องที่ตั้งไว้พร้อมกำหนดวัตถุประสงค์ของแต่ละความคิดรวบยอดที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ข้อดีของรูปแบบนี้คือผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของแต่ละรายวิชาผ่านหัวเรื่อง รวมทั้งรูปแบบของหลักสูตรสามารถกำหนดให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางได้ง่าย แต่ผู้สอนต้องกำหนดหัวเรื่องอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

หัวเรื่อง				
ความคิดรวบยอด 3-5 ความคิด				
คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	ภาษา	สังคมศึกษา
จุดประสงค์				
-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----

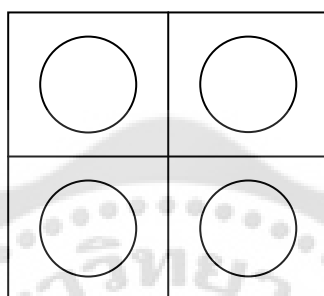
ภาพประกอบ 4 รูปแบบการบูรณาการแบบใช้หัวเรื่องเป็นฐาน (Theme-based model)

ที่มา: Franzie L. Loepp. (1999). Model of Curriculum Integration. p.24.

โฟการ์ตี้ (Fogarty. 1991: 61-65) ได้จัดประเภทของการบูรณาการไว้ 10 ประเภท ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ได้ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 บูรณาการภายในสาขาวิชาเดียวกัน (Within single disciplines) มี 3 รูปแบบ

1. รูปแบบแยกเป็นส่วน (Fragmented model) เป็นรูปแบบดั้งเดิมที่มีการบูรณาการหลักสูตรของวิชาเดียวที่มีลักษณะเฉพาะตัว เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาศาสตร์ และสังคมศึกษา ซึ่งผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาของแต่ละวิชาจนจบ โดยไม่มีการบูรณาการเนื้อหาเข้ากับวิชาอื่น ข้อดีของรูปแบบนี้คือ ความลึกและความกว้างของเนื้อหาหลักสูตรจะมีมาก ผู้สอนสามารถเลือกเนื้อหาต่างๆ ที่สำคัญมาสอนได้ รูปแบบนี้เหมาะกับโรงเรียนที่มีผู้เรียนจำนวนมาก และเปิดสอนหลายสาขาวิชา เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เรียนเป็นรายบุคคล ส่วนข้อเสียคือผู้เรียนจะต้องเรียนเนื้อหาเป็นจำนวนมาก



ภาพประกอบ 5 รูปแบบการบูรณาการแบบแยกเป็นส่วน (Fragmented model)

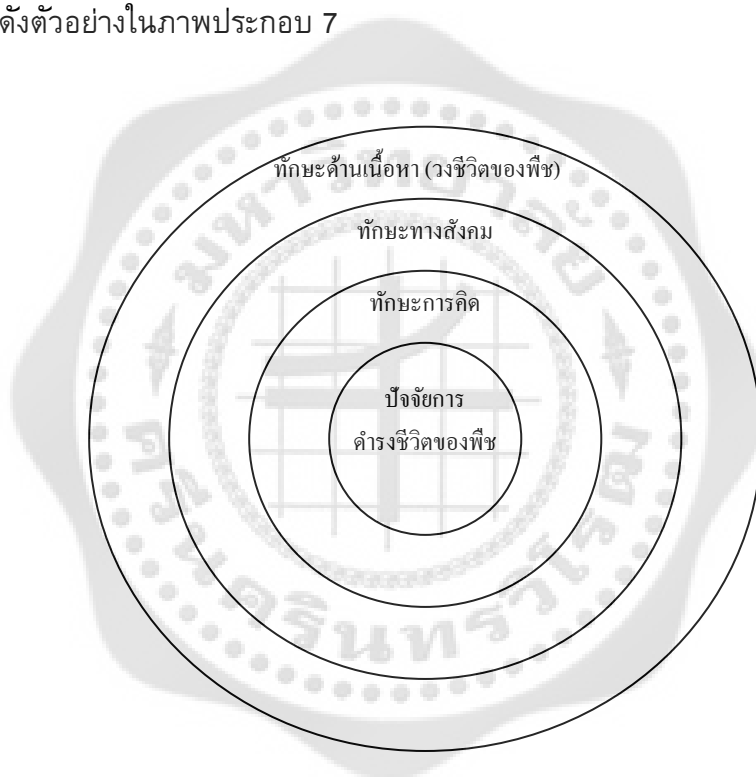
2. รูปแบบเชื่อมโยง (Connected model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการหลักสูตรโดยการเชื่อมโยงกันในหนึ่งสาขาวิชา วิชาที่เชื่อมโยงยังคงแยกวิชาออกจากกัน ผู้สอนแต่ละวิชาจะแยกจากกันแต่จะเชื่อมโยงเนื้อหาเข้าหากัน มีการเชื่อมโยง หัวข้อ (Topic) ทักษะ (Skill) เจตคติ (Attitude) และความคิดรวบยอด (Concept) ไปสู่เรื่องต่อไป ข้อดีของวิธีการนี้คือทำให้ผู้สอนมั่นใจในการเชื่อมโยงเนื้อหาภายในวิชาของตนเอง ส่วนผู้เรียนจะมองเห็นความสัมพันธ์ของแต่ละความคิดรวบยอดหรือทักษะที่เชื่อมโยงกัน ทำให้มีโอกาสตรวจสอบและปรับความคิดรวบยอดช่วยให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ เช่น การเชื่อมโยงแนวคิดในการสอนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องเศษส่วนและทศนิยมเข้าด้วยกันโดยใช้ตัวอย่างการคำนวณเรื่องเงินและการคิดผลการเรียน



ภาพประกอบ 6 รูปแบบการบูรณาการแบบเชื่อมโยง (Connected model)

3. รูปแบบไขว้สาน (Nested model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการหลักสูตรโดยการผสมผสานวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ภายในวิชาเดียวกันในลักษณะ 3 มิติ (Three dimension)

โดยนำทักษะ 3 ด้านที่เป็นเป้าหมายมาบูรณาการเข้าด้วยกัน คือ ทักษะด้านการคิด (Thinking skill) ทักษะด้านสังคม (Social skill) และทักษะด้านเนื้อหา (Content-specific skill) มาใช้ในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ ข้อดีคือเป็นการรวมที่ทำให้กิจกรรมการเรียนรู้หนึ่งอย่างผู้เรียนเกิดทักษะได้ถึง 3 ทักษะ แต่ผู้สอนต้องดำเนินการบูรณาการอย่างรอบคอบเพื่อให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปราโมทย์ บุญญสิริ (2543: 10-14) ได้เสนอตัวอย่างขั้นตอนการสร้างหลักสูตรบูรณาการแบบไขว้สานไว้ 3 ขั้นตอน โดยเริ่มตั้งแต่การเลือกหัวข้อ จากนั้นกำหนดทักษะให้สอดคล้องกับหัวข้อที่ตั้งขึ้น ส่วนในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเขียนแผนจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงทักษะที่สอดคล้องกับหัวข้อที่เลือกมา เช่น ในหัวข้อเรื่องปัจจัยในการดำรงชีวิตของพืช ต้องการฝึกทักษะการคิด ทักษะทางสังคมและทักษะการจัดกระทำข้อมูล ผู้สอนจะนำทักษะเหล่านี้ไปบูรณาการกับหัวข้อดังกล่าวดังตัวอย่างในภาพประกอบ 7

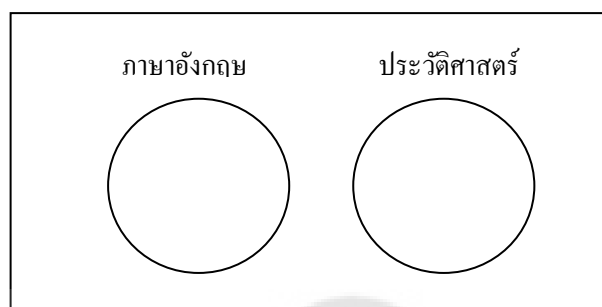


ภาพประกอบ 7 รูปแบบการบูรณาการแบบไขว้สาน (Nested model)

กลุ่มที่ 2 บูรณาการข้ามสาขาวิชา (Across several disciplines) มี 5 รูปแบบ

1. รูปแบบเรียงลำดับ (Sequenced model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการหลักสูตรโดยยึดหน่วยการเรียนรู้ที่มีแนวคิดหรือเนื้อหาใกล้เคียงกัน นำมาสอนในช่วงเวลาเดียวกัน โดยแต่ละวิชาจัดสอนไปตามแผนของตน แต่ผู้สอนจะต้องจัดสอนเนื้อหาให้สอดคล้องและคู่ขนานไปกับรายวิชาที่ถูกนำมาบูรณาการเข้ากันเป็นหลัก โดยการนำเอาหัวเรื่องหรือหน่วยการเรียนรู้ในหลายวิชาที่มีความเกี่ยวพันกันมาบูรณาการเข้าด้วยกัน เช่น การเชื่อมโยงการอ่านเรื่องราวหรือบทความทางประวัติศาสตร์ในวิชาภาษาอังกฤษเข้ากับความรู้เกี่ยวกับเหตุการณ์เดียวกันในรายวิชา

ประวัติศาสตร์ ข้อจำกัดของการบูรณาการแบบนี้คือ เวลาที่จะใช้ในการวางแผนร่วมกัน และ ตารางสอนของครูแต่ละสาขาวิชาต้องมีความยืดหยุ่นสูง ข้อดี คือเหมาะสำหรับชั้นเรียนที่มีผู้สอนคนเดียวที่ต้องสอนหลายวิชา และยังมีความคล่องตัวและง่ายต่อการบูรณาการข้ามสาขาวิชา



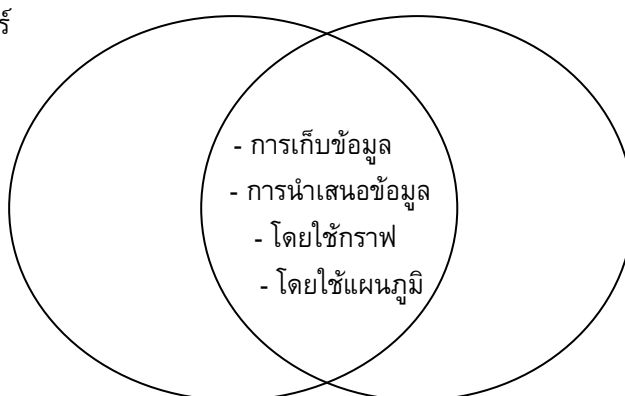
ภาพประกอบ 8 รูปแบบการบูรณาการแบบเรียงลำดับ (Sequenced model)

2. รูปแบบมีส่วนร่วมกัน (Shared model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการหลักสูตร โดยการนำวิชา 2 วิชาที่มีความเกี่ยวเนื่องกันในเรื่องของความคิดรวบยอด (Concept) ทักษะ (Skill) หรือเจตคติ (Attitude) โดยผู้สอนจะนำหัวเรื่องที่เกี่ยวเนื่องกันในวิชาต่าง ๆ มาสอนร่วมกัน โดยอาจ จัดเป็นหัวข้อร่วมกันหรือทำโครงการร่วมกัน ส่วนหัวข้ออื่นที่ไม่มีความเกี่ยวเนื่องกันผู้สอนในแต่ละ วิชา ก็สอนไปตามปกติ การบูรณาการรูปแบบนี้แตกต่างจากการบูรณาการแบบเรียงลำดับที่จะต้อง จัดสอนในช่วงเวลาเดียวกัน เมื่อมีเนื้อหาที่เหมือนกัน ส่วนเนื้อหาที่ต่างกันจะต่างคนต่างสอน แต่ การบูรณาการแบบการมีส่วนร่วมครูทั้งสองคนต้องสอนไปพร้อม ๆ กันโดยยึดลำดับเนื้อหาเป็นหลัก ว่าเนื้อหาหรือกิจกรรมใดควรนำมาสอนก่อน และเนื้อหานั้นควรเป็นบทบาทของครูคนใด ซึ่งการสอน ในลักษณะนี้ทำให้ผู้เรียนได้บูรณาการและเกิดการถ่ายโยงความรู้จากบทเรียนในรายวิชาหนึ่งไปยัง อีกรายวิชาหนึ่ง ซึ่งนำไปสู่การบูรณาการในรูปแบบที่มีความซับซ้อนต่อไป แต่ข้อจำกัดของรูปแบบนี้คือ การวางแผนและการประสานความคิดของครูเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งต้องอาศัยทักษะการทำงานเป็นทีม การจัดการเรียนรู้จึงจะประสบความสำเร็จ ตัวอย่างของการบูรณาการรูปแบบนี้ แสดงดัง

ภาพประกอบ 9

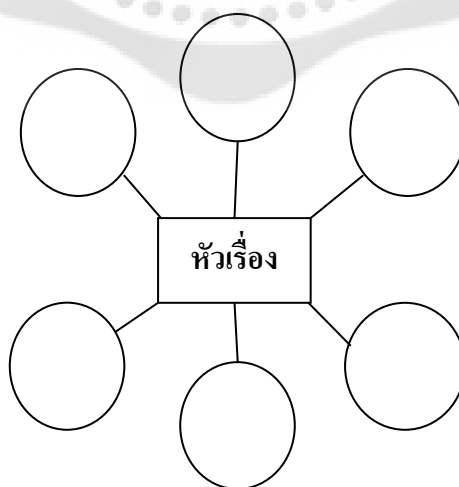
วิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์



ภาพประกอบ 9 รูปแบบการบูรณาการแบบมีส่วนร่วมกัน (Shared model)

3. รูปแบบโยงใย (Webbed model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการหลักสูตรโดย การกำหนดหัวเรื่อง (Theme) ขึ้นแล้วเชื่อมโยงไปสู่วิชาต่างๆ โดยครูเริ่มต้นหาประเด็นที่จะมาเป็น หัวเรื่องจากหลักสูตร ปัญหาหรือบริบทของสังคม เมื่อได้ประเด็นแล้วก็พิจารณาว่ามีความคิด รวบรวมอะไรบ้างที่สอดคล้องกับประเด็นหลักที่ตั้งไว้ ซึ่งประเด็นที่ตั้งเป็นหัวข้อ อาจเป็นความคิด รวบรวม (Concept) เจตคติ (Attitude) หรือทักษะ (Skill) จากสิ่งที่เป็นปัญหา ความขัดแย้ง วัฒนธรรมการค้นพบ หรือการอนุรักษ์ธรรมชาติก็ได้ ข้อดีของการบูรณาการแบบนี้คือเป็น การสอนโดยใช้ประเด็นซึ่งอาจเป็นเรื่องที่กำลังอยู่ในความสนใจของผู้เรียน หรือเป็นเรื่องใกล้ตัว ทำให้การเรียนรู้นี้มีความหมายมากขึ้น ซึ่งการทำงานต้องอาศัยการร่วมมือกันของครูเป็นการแลกเปลี่ยน ประสบการณ์ร่วมกัน แต่สิ่งที่ยากที่สุดคือ การเลือกประเด็นซึ่งโรงเรียนอาจเป็นผู้กำหนดประเด็นให้ แล้วครูนำความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องเข้ามาใส่ไว้ในประเด็นหลักที่กำหนด แต่ข้อจำกัดคือใช้เวลา ค่อนข้างมากในการจัดการเรียนรู้



ภาพประกอบ 10 รูปแบบการบูรณาการแบบโยงใย (Webbed model)

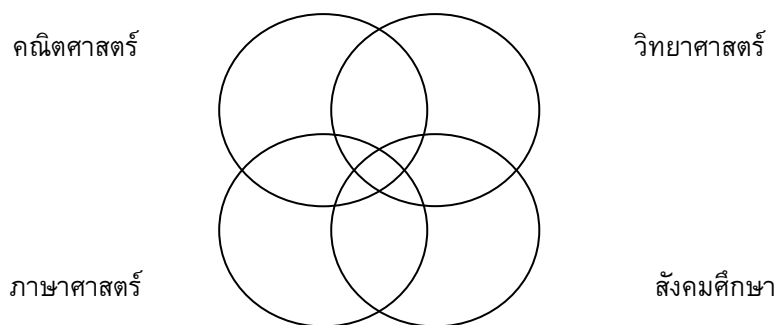
4. รูปแบบสายโซ่ (Threaded model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการหลักสูตรโดยขยายให้ความคิดใหญ่ขึ้น ด้วยการบูรณาการให้เป็นหลักสูตรแม่บท (Metacurricular approach) โดยใช้ทักษะเป็นตัวหลักแล้วกำหนดเนื้อหาหรือกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับทักษะที่กำหนด เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งครูทุกคนในโรงเรียนจะต้องมีการวางแผนร่วมกัน เพื่อให้เกิดผลในทางปฏิบัติที่จะพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนไปในทิศทางเดียวกัน โดยเฉพาะการสร้าง ความเข้าใจร่วมกันในตัวผู้สอนที่ไม่ควรยึดเนื้อหาหรือแบบเรียนเป็นตัวหลัก เพราะแนวคิดเช่นนั้นเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการนำรูปแบบการบูรณาการแบบสายโซ่ไปใช้

นอกจากนี้ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรกำหนดทักษะย่อยที่จะนำไปสู่เป้าหมายให้เกิดทักษะใหญ่อย่างรอบคอบโดยคำนึงถึงว่าทักษะย่อยใดควรจัดให้ผู้เรียนก่อนหลัง ซึ่งอาจนำไปสู่ประเมินในรูปของการทำโครงการซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินตามสภาพจริง



ภาพประกอบ 11 รูปแบบการบูรณาการแบบสายโซ่ (Threaded model)

5. รูปแบบบูรณาการ (Integrated model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการแบบสหวิทยาการที่มีหัวข้อเป็นเกณฑ์ (Interdisciplinary topic) เป็นหลักสูตรที่มีความหลากหลาย หัวเรื่องทางวิชาการที่มีความสัมพันธ์กันจะถูกจับซ้อนทับกัน มีการบูรณาการข้ามสาขาวิชา โดยจะหลอมรวมสาขาวิชาหลักๆ เข้าด้วยกันทำให้เกิดการซ้อนทับของความคิดรวบยอด ทักษะ และเจตคติ โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถจัดทีมสหวิทยาการในการบูรณาการความคิดรวบยอดอย่างชัดเจนในวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาและสังคมศึกษา ส่วนในระดับประถมศึกษาจะเป็นการบูรณาการพื้นฐานของกลวิธีภาษาแบบองค์รวม (Whole language) ในทักษะการฟัง พูด อ่าน เขียน ข้อดีของการบูรณาการรูปแบบนี้ คือทำให้ผู้เรียนเห็นความเกี่ยวเนื่องและความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชา เกิดแรงจูงใจและมีแนวคิดที่ต่อเนื่อง ส่วนปัญหาถือเป็นเรื่องยากที่จะบูรณาการเนื้อหาที่เหมาะสม ผู้สอนต้องมีทักษะสูงในความคิดรวบยอด ทักษะและเจตคติของเนื้อหาวิชา รวมทั้งขั้นตอนของการวางแผน การบริหารเวลาและการพิจารณาเลือกสื่อมาประกอบการสอน (Fogarty, 1991: 2)

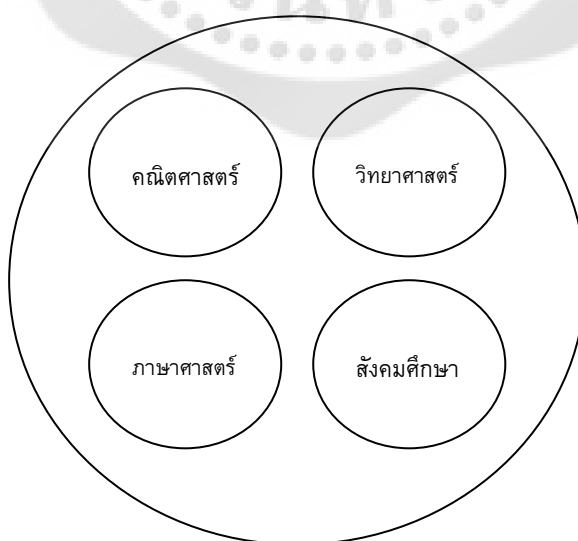


ภาพประกอบ 12 รูปแบบการบูรณาการแบบบูรณาการ (Integrated model)

กลุ่มที่ 3 บูรณาการภายในตัวผู้เรียน และประสานกันระหว่างผู้เรียน (Within and across learner) มี 2 รูปแบบ ประกอบด้วย

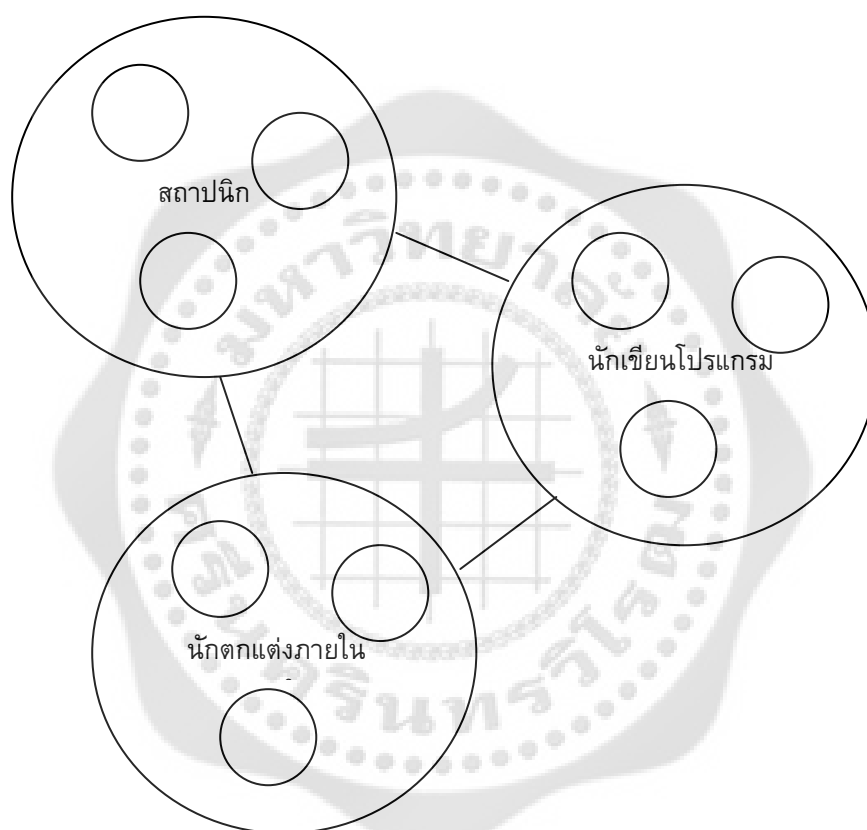
1. รูปแบบหลอมรวมกัน (Immersed model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการหลักสูตรที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์กับสาขาที่ผู้เรียนได้เลือกเรียนด้วยความกระตือรือร้น การบูรณาการจะเกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน บทบาทของผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ด้วยตนเอง คือผู้เรียนจะเรียนในสิ่งที่ตนเองสนใจและเกี่ยวข้อง เป็นการหาความรู้ด้วยตนเอง ไม่มีการแทรกแซงจากภายนอก เช่น ผู้เรียนในระดับบัณฑิตศึกษา เกิดความสนใจที่จะศึกษาเรื่องหนึ่งจึงต้องมีการรวบรวมความรู้ และศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

ข้อดีของการบูรณาการรูปแบบนี้คือการบูรณาการหลักสูตรที่อยู่ในตัวผู้เรียน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างทักษะพิเศษของผู้เรียนในการนำไปประยุกต์ใช้ในสาขาวิชาที่เรียน แต่ปัญหาก็คือผู้เรียนต้องมีความรู้ ความชำนาญในเนื้อหาวิชาหลักจึงจะใช้รูปแบบการบูรณาการเช่นนี้ได้



ภาพประกอบ 13 รูปแบบการบูรณาการแบบหลอมรวม (Immersed model)

2. รูปแบบเครือข่าย (Networked model) เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการหลักสูตรที่มีการสร้างมิติของความรู้ที่หลากหลาย คล้ายการมองภาพผ่านปริซึม โดยผู้เรียนเป็นผู้อยู่ในกระบวนการบูรณาการโดยตรง รู้แนวทางการปฏิบัติ รู้เป้าหมายของแหล่งข้อมูลที่เป็นที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการบูรณาการนั้นๆ โดยการเชื่อมโยงความรู้จากวิชาหนึ่งไปสู่วิชาอื่นๆ ผ่านผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาต่างๆ รวมทั้งเครือข่ายการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อให้ได้ความรู้ในเรื่องที่ตนสนใจมากยิ่งขึ้น เช่น สถาปนิกต้องใช้ความรู้ในเรื่องของศิลปะ คอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์ วัฒนธรรม ฯลฯ ในการออกแบบตกแต่งภายใน



ภาพประกอบ 14 รูปแบบการบูรณาการแบบเครือข่าย (Networked model)

ที่มา: Fogarty, R. (1991). Ten Ways to Integrate Curriculum. 49(2): 61-65.

ต่อมา เดรก (Drake. 1998: 62-64) ได้แบ่งรูปแบบการบูรณาการหลักสูตรตามแนวคิดของฟ็อกเกอร์ตี้ (1991) ออกเป็น 3 แบบ คือ

1. รูปแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary models) ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบแยกเป็นส่วน รูปแบบเชื่อมโยง รูปแบบไขว้สานและรูปแบบเรียงลำดับ

2. รูปแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary models) ประกอบด้วย รูปแบบมีส่วนร่วม รูปแบบโยงโย รูปแบบสายโซ่และรูปแบบบูรณาการ

3. รูปแบบที่เกิดจากความสนใจภายในตัวบุคคล (Intrinsic models) ได้แก่ รูปแบบหลอมรวมกัน และรูปแบบเครือข่าย

นอกจากคำว่า “พหุวิทยาการ” (Multidisciplinary) และ “สหวิทยาการ”

(Interdisciplinary) ที่มีความหมายใกล้เคียงกับคำว่า “บูรณาการ” (Integration) แล้วยังมีคำอื่น เช่น หลักสูตรข้ามวิชา (Transdisciplinary) ซึ่งความแตกต่างของคำเหล่านี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันของนักพัฒนาหลักสูตร แต่โดยหลักการแล้วจะใช้แนวคิดเดียวกันคือ การเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาเข้าด้วยกัน ส่วนความแตกต่างอยู่ที่ระดับของการบูรณาการ กับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งยังไม่สามารถบอกได้ว่าหลักสูตรใดดีที่สุด ขึ้นอยู่กับบริบทในด้านต่างๆ ของโรงเรียน ผู้เรียน ผู้สอนที่นักพัฒนาหลักสูตรจะต้องพิจารณาว่าควรเลือกใช้รูปแบบใดจึงจะเหมาะสมกับบริบทนั้นๆ (Drake. 1998: 19-22; Jacobs. 1989: 18) จากการประมวลแนวคิดของนักการศึกษา สามารถสรุปเกี่ยวกับระดับของการบูรณาการหลักสูตรได้ ดังนี้

1. การสอนแบบแยกเป็นรายวิชา (Unidisciplinary or discipline-based design) เป็นการสอนโดยใช้เนื้อหาจากรายวิชาเพียงวิชาเดียว เช่น วิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ แต่ละวิชามีกำหนดเวลาเรียนในแต่ละวันที่แน่นอน โดยที่ไม่มีความสัมพันธ์ด้านเนื้อหาต่อกัน ในบางกรณีอาจมีการแยกเนื้อหาที่อาจเกี่ยวโยงกันออกมาสอนเป็นอีกรายวิชาหนึ่งก็ได้ เช่น แยกเนื้อหาเกี่ยวกับพืชคณิต ออกจากวิชาคณิตศาสตร์เพื่อการเรียนเนื้อหาที่เข้มข้นขึ้น (Jacobs. 1989: 14) ซึ่งระดับของการออกแบบหลักสูตรเช่นนี้ มักดำเนินการสอนโดยผู้สอนคนเดียวในแต่ละรายวิชา

2. การบูรณาการแบบคู่ขนาน (Parallel discipline) เป็นวิธีการที่ครูนำเนื้อหาที่มีอยู่เดิมในรายวิชาของตนมาเรียงลำดับใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาของอีกรายวิชาหนึ่งที่ครูคนอื่นกำลังสอนอยู่ (กรมวิชาการ. 2544: 25; Jacobs. 1989. 14) เช่น ครูสังคมศึกษาสอนเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสงครามโลกครั้งที่ 2 ในช่วงต้นภาคเรียนครูภาษาอังกฤษอาจนำเนื้อหาในหนังสืออ่านนอกเวลาที่เกี่ยวข้องกับทหารเยอรมันจากเดิมที่เคยสอนในช่วงปลายภาคเรียนมาสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาของครูสังคมศึกษา

3. การบูรณาการแบบสอดแทรก (Fusion) ในรูปแบบนี้ยังเป็นการสอนแบบแยกเป็นรายวิชา แต่มีการนำทักษะหรือหัวเรื่องใดหัวเรื่องหนึ่งสอดแทรกเข้าไปในการสอนรายวิชาต่างๆ เช่น การแทรกประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมหรือความรับผิดชอบต่อสังคมเข้าไปในวิชาภูมิศาสตร์หรือภาษาอังกฤษ (Drake. 1998: 20)

4. การบูรณาการภายในหนึ่งวิชาหรือการบูรณาการเนื้อหาหลักสูตรอย่างกว้าง (Within one subject or integration by broad field of subject areas) หมายถึง การนำรายวิชาย่อยๆ มารวมกันเป็นหนึ่งรายวิชา เพื่อให้ได้เนื้อหาหลักสูตรใหม่ที่กว้างขึ้น เช่น หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่เกิดจากการนำวิชาฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยามารวมเข้าไว้ด้วยกันเป็นการบูรณาการที่เน้นเนื้อหาหลักสูตรมากกว่าการบูรณาการการเรียนรู้ให้เข้ากับชีวิตจริงของผู้เรียน

หรือรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่ยังไม่มีการแยกออกเป็นรายวิชาย่อยๆ ที่ชัดเจน (Drake. 1998: 20; UNESCO. 1981: 12-20)

5. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) เป็นการบูรณาการโดยการเชื่อมโยงเนื้อหาของวิชาต่างๆ โดยใช้หัวเรื่องเดียวกัน (Jacobs. 1989: 16) จัดการสอนในช่วงเวลาเดียวกัน โดยครูแต่ละวิชาจะสอนในเนื้อหาของตนเอง แต่มีการเชื่อมโยงเนื้อหาที่สัมพันธ์กันเข้าด้วยกันจากการวางแผนร่วมกันในการวิเคราะห์ว่าเนื้อหาวิชาในส่วนใดบ้างที่สัมพันธ์หรือซ้อนทับกันอยู่ มิใช่เป็นเพียงการจัดเรียงลำดับเนื้อหาใหม่ตามการบูรณาการแบบคู่ขนานเท่านั้น โดยอาจนำเนื้อหานั้นมาสอนร่วมกันในรูปของโครงการก็ได้ อันเป็นการช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา

6. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) เป็นการนำเนื้อหาจากหลายๆ กลุ่มสาระมาเชื่อมโยงกันโดยใช้หัวเรื่องหรือประเด็นเดียวกัน อาจจัดการเรียนรู้โดยครูผู้สอนคนเดียวหรือหลายคนก็ได้ โดยเนื้อหาเหล่านั้นจะเชื่อมโยงเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจน (Drake. 1998: 21-22; Lederman; & Niess. 1997: 543) บางครั้งอาจจะเรียกวิธีบูรณาการแบบนี้ว่า สหวิทยาการแบบมีหัวข้อ (Thematic Interdisciplinary Studies) หรือการบูรณาการที่เน้นการนำไปใช้เป็นหลัก (Application- First Approach) (สุวิทย์ มูลคำ; และอรทัย มูลคำ. 2543: 158-159; วัฒนาพร ระงับทุกข์. 2542: 47)

7. การบูรณาการแบบข้ามวิชา (Transdisciplinary) เป็นการนำความรู้ในทุกๆ รายวิชาที่มีอยู่ในตัวผู้เรียนมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการจัดการกับปัญหาหรือประเด็นที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน (Real life issue) รูปแบบนี้ทำให้ขอบเขตของแต่ละรายวิชาหมดไปอย่างสิ้นเชิง หลักสูตรจะเป็นไปตามความต้องการของผู้เรียนมากกว่าที่จะยึดเนื้อหาวิชาเป็นหลัก โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนเห็นมุมมองกว้างๆ ว่าประเด็นในชีวิตจริงสัมพันธ์กับเนื้อหาวิชาอย่างไร ส่งผลต่อชีวิตมนุษย์อย่างไร (Drake. 1998: 22-23; Kaufman; Moss; & Osborn. 2003)

จะเห็นได้ว่า การบูรณาการหลักสูตรสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 รูปแบบ กล่าวคือ การบูรณาการภายในศาสตร์เดียวกัน และการบูรณาการข้ามศาสตร์ ทั้งนี้การพัฒนาหลักสูตรและครูผู้สอนจะต้องเป็นผู้พิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับปรัชญาการศึกษาของโรงเรียนและบริบทในด้านต่างๆ ของครู นักเรียนรวมถึงชุมชนที่โรงเรียนตั้งอยู่ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรบูรณาการเกิดประสิทธิผลสูงสุดสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ สำหรับในการวิจัยครั้งนี้เป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการระหว่างรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการบูรณาการแบบบูรณาการตามแนวคิดของโพการ์ต์ผ่านหัวข้อที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน

1.5 ทฤษฎีสรคณยมกับหลักสูตรบูรณาการ

ทฤษฎีสรคณยม (Constructivist theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายและค้นหาว่า มนุษย์เกิดการเรยนรู้และสรคณยมความรู้ได้อย่างไร (Fosnot. 1996: 9) ทฤษฎีนี้เป็นแนวคิดพื้นฐานของการพัฒนาการเรียนการสอนในหลายด้าน เช่น การพัฒนาหลักสูตร การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ และมีอิทธิพลต่อการจัดการเรียนการสอนที่เน้นเด็กเป็นศูนย์กลาง โดยมีรากฐานมาจากปรัชญาและจิตวิทยาการศึกษาที่หลากหลาย สำหรับด้านปรัชญาการศึกษานั้น ทฤษฎีนี้มีแนวคิดสอดคล้องกับปรัชญาในกลุ่มปฏิบัตินิยม (Pragmatism) ที่เสนอโดยวิลเลียม เจมส์ (William James) และจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) โดย เจมส์ (James. 1975: 125) มีความเห็นว่า ความรู้คือความสามารถของบุคคลในการปรับประสบการณ์เก่าหรือความเชื่อเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ได้ด้วยกระบวนการพิสูจน์ให้เห็นจริงได้และมีความสมเหตุสมผล (Process of verification and validation) เพื่อลดความขัดแย้งระหว่างความคิดของประสบการณ์เก่าและประสบการณ์ใหม่ ซึ่งแนวคิดตามปรัชญาปฏิบัตินิยมยอมรับประสบการณ์และข้อเท็จจริงที่ได้รับผ่านประสาทสัมผัส แต่ไม่ถือเอาประสาทสัมผัสเพียงอย่างเดียวเป็นบ่อเกิดของความรู้ และไม่ใช้ประสบการณ์ทุกประสบการณ์จะเป็นความรู้ ความรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการไตร่ตรองเกี่ยวกับประสบการณ์นั้น (Dewey. 1929: 29)

ส่วนรากฐานทางจิตวิทยา มาจากความเชื่อพื้นฐานที่แตกต่างกันในการสรคณยมความรู้ของนักจิตวิทยา 2 กลุ่ม คือ กลุ่มพุทธินิยม (Cognitive constructivism) ซึ่งมี เพียเจต์ (Piaget. 1985) เป็นนักจิตวิทยาที่สำคัญของกลุ่มนี้และกลุ่มที่เน้นบริบททางสังคม (Social constructivism) จากทฤษฎีพัฒนาการเชาวันปัญญาของไวโกทสกี (Vygotsky) โดยแนวคิดในกลุ่มพุทธินิยมนั้น เพียเจต์ อธิบายว่า พัฒนาการทางเชาวันปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวโดยใช้กลไกพื้นฐาน 2 อย่าง คือ กระบวนการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) (Sutherland 1992: 52) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซาบข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาเดิมที่มีอยู่ หากข้อมูลนั้นไม่สัมพันธ์กับโครงสร้างเดิมจะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในสมดุลโดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา

การนำทฤษฎีสรคณยมในกลุ่มพุทธินิยมไปใช้ในการจัดการเรยนรู้ มีหลักสำคัญ 2 ประการได้แก่

1. การเรยนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติ (Learning is active process) ประสบการณ์ตรงและค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดูดซึมข้อมูล และการปรับโครงสร้างทางปัญญา
2. การเรยนรู้ควรเป็นองค์รวม เน้นสภาพจริง และสิ่งที่เป็นจริง (Learning should be whole, authentic, and real)

ส่วนไวโกทสกี (Vygotsky. 1978: 19-24) ให้ความสำคัญกับบริบททางสังคมและวัฒนธรรม เขาอธิบายว่ามนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ทั้งสิ่งแวดล้อมทาง

ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางสังคม ดังนั้นสถาบันทางสังคมนับตั้งแต่สถาบันครอบครัว บุคคลที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครอง เพื่อน ครูจึงมีอิทธิพลต่อการพัฒนาทางเชาว์ปัญญาของบุคคล ผ่านการสนทนา แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดซึ่งกันและกัน โดยมีภาษาเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิดและการพัฒนาเชาว์ปัญญาขั้นสูง ส่วนการวัดพัฒนาการทางเชาว์ปัญญานั้น เขาอธิบายว่า เด็กทุกคนมีระดับพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาที่ตนเป็นอยู่และมีระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปให้ถึงได้ โดยช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับที่เด็กสามารถจะพัฒนาไปถึงได้ เรียกว่า “Zone of Proximal Development (ZPD)” ซึ่งช่วงห่างนี้จะมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล เด็กบางคนอาจเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง แต่บางคนต้องได้รับความช่วยเหลือจากครู (Scaffolding) เพื่อให้เขาสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น ดังนั้นการที่ครูรู้พื้นฐานความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียนก่อนจัดการเรียนการสอนจึงเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งแนวคิดเกี่ยวกับความแตกต่างของระดับพัฒนาการที่เด็กมีอยู่กับพัฒนาการที่เขาสามารถไปได้ถึงนั้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการจัดการเรียนการสอน จากเดิมซึ่งเคยมีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linear) เปลี่ยนแปลงไปอยู่ในลักษณะที่เหลื่อมกัน โดยการจัดการเรียนการสอนจะต้องนำหน้าระดับพัฒนาการเสมอ

ดังนั้น ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคินิยม จึงเน้นองค์ประกอบ

4 ประการ (สำนักงานเลขาธิการ สภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2550: 11-12) ได้แก่

1. กระบวนการเรียนรู้เป็นของผู้เรียนและเน้นความสำคัญของความรู้เดิม
2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้แสดงความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
3. ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง แสวงหาค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง จนพบความรู้และรู้จักสิ่งที่ค้นพบได้เรียนรู้ วิเคราะห์ ศึกษา ค้นคว้าจนถึงรู้แจ้ง

4. ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการกลุ่ม อันเป็นพื้นฐานของการดำรงชีวิตในสังคม
อย่างเป็นสุข

จะเห็นได้ว่า แนวคิดของทฤษฎีสรคินิยมที่กล่าวมาทำให้ครูซึ่งเป็นกุญแจสำคัญของการจัดการเรียนรู้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเปลี่ยนแนวคิดและเปลี่ยนบทบาทของตนเองจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และเป็นผู้ควบคุมชั้นเรียนไปเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการประมวลข้อมูล ความคิด ผ่านการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยใช้คำถามปลายเปิด กระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์กับครูและเพื่อนร่วมชั้น โดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจนเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน โดยที่ครูไม่เร่งรัดเวลาในการได้คำตอบมากเกินไป เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการไตร่ตรองและสร้างความสัมพันธ์ของความคิดนั้นๆ (Gore. 2001: 2) การถามคำถามและการอภิปรายร่วมกันนี้ทำให้ครูได้ทราบถึงพื้นฐานประสบการณ์เดิมของผู้เรียน อันเป็นหลักสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการสอนในลำดับต่อไป และสามารถกระตุ้นความสนใจให้กับผู้เรียนในการเรียนรู้หัวข้อนั้นๆ (Tobin. 1993: 273) นอกจากนี้ครูต้องเป็นผู้ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ เมื่อผู้เรียนทำผิดพลาดหรือเกิดปัญหาในการเรียนรู้ เป็นผู้กระตุ้นความอยากรู้ อยากเห็นของผู้เรียน และเปิดใจยอมรับว่าผู้เรียนทุกคนสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพของแต่ละ

บุคค (Smith. 1994; Brooks ;& Brooks. 1993: online) และพร้อมที่จะเป็นต้นแบบของ
คุณลักษณะของการเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิตให้กับผู้เรียน

สำหรับบทบาทของผู้เรียนตามทฤษฎีสมรรถนิยม ผู้เรียนจะเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้
รับข้อมูลความรู้จากครูมาเป็นผู้ที่สร้างข้อมูลจากการประมวลผลของข้อมูลใหม่เข้ากับข้อมูลเก่า
ผ่านกระบวนการตัดสินใจและปรับโครงสร้างทางปัญญาด้วยตนเอง การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการลงมือ
ปฏิบัติด้วยตนเองผ่านกระบวนการกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดโต้แย้งจนเกิดเป็นการเรียนรู้ร่วมกัน

จากความหมายดังกล่าวข้างต้นจึงสรุปได้ว่าทฤษฎีสมรรถนิยม หมายถึง ทฤษฎีที่เชื่อว่า
การเรียนรู้เกิดขึ้นจากตัวของผู้เรียนเอง ซึ่งความรู้ที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการตัดสินใจประสบการณ์
สิ่งแวดล้อมหรือการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่ขัดแย้งกับประสบการณ์เดิมทำให้เกิดความไม่สมดุล
ทางปัญญาส่งผลให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่จนเกิดการปรับขยายโครงสร้างทาง
ปัญญาซึ่งนำไปสู่การสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งพื้นฐานและประสบการณ์เดิมของผู้เรียน การจัด
ประสบการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้
ผู้เรียนค้นหาความหมายของประสบการณ์เหล่านั้นด้วยตนเองผ่านการอภิปรายโดยใช้กระบวนการ
กลุ่ม โดยมีครูเป็นผู้อำนวยการความสะดวกเพื่อฝึกให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและทำกิจกรรมด้วย
ตนเองจนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับฐานคิดของทฤษฎี
ดังกล่าวคือ วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้ค้นหาหรือสร้างองค์ความรู้
ด้วยตนเองจากการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะ
ทางวิทยาศาสตร์ (Erickson. 2013: online; Enhancing Education. 2002: online) ซึ่งสถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546. 219-220) ได้อธิบายถึงขั้นตอนของการจัด
การเรียนรู้แบบสืบเสาะทั้ง 5 ขั้นไว้ ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ
ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจาก
การอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือ
เป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้ออกมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนด
ประเด็นที่น่าสนใจ ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆหรือเป็นผู้
กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครู
กำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็น
ที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มี
ความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่างๆที่จะ
ช่วยนำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจ
ตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่
จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานกำหนด
ทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการ

ตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โตแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่จะได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่า ข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะเชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

จะเห็นได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น สอดคล้องกับแนวคิดของทฤษฎีสมรรถนะและการเรียนรู้แบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ กล่าวคือ ฝึกให้นักเรียนคิดและปฏิบัติ ค้นคว้าหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเองจากการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับธรรมชาติของการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์และสะเต็มศึกษา ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.6 การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับหลักสูตรบูรณาการ

เนื่องจากหลักสูตรบูรณาการแบบสหวิทยาการเป็นหลักสูตรที่ใช้หัวเรื่อง (Theme) เป็นแกนในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ดังนั้น การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตรดังกล่าวจึงต้องใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลายสอดคล้องกับวัย วุฒิภาวะ ความสนใจของผู้เรียนและบริบทของสถานศึกษาในด้านความพร้อมของสื่อและแหล่งเรียนรู้ ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้หัวเรื่องเป็นแกน สรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การเลือกและจัดระบบหัวเรื่อง (Selecting an organizing theme) ซึ่งหัวเรื่องที่เลือกมานั้นอาจเป็นปัญหา เหตุการณ์หรือประเด็นที่สอดคล้องกับชุมชน ชีวิตประจำวันและ

ความสนใจของผู้เรียน หรือสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ โดยหัวเรื่องนั้นต้องไม่กว้างหรือแคบจนเกินไป กล่าวคือ ต้องมีขอบข่ายกว้างพอที่จะนำเนื้อหาของรายวิชาต่างๆ เข้าไปบูรณาการในหัวเรื่องนั้นๆ ได้ เมื่อได้หัวเรื่องแล้วครูผู้สอนในแต่ละวิชาและนักเรียนระดมสมองร่วมกันเพื่อคิดเนื้อหาหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องนั้นๆ แล้วนำมาเขียนแสดงในรูปของวงล้อความคิด (Concept wheel) (Clayton. 2010: 9; Jacobs. 1989: 54; McDonald; & Czerniak. 1994: 5; citing Maute. 1992; Meinbach; Fredericks; & Rothlein. 2000: 15)

2. การตั้งคำถามสำคัญ (Establishing essential questions) ขั้นตอนนี้เป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ (Jacobs. 1997: 26; Clayton. 2010: 18) เนื่องจากคำถามสำคัญจะช่วยให้ครูผู้สอนมองเห็นภาพรวมและแนวทางในการกำหนดขอบข่ายและลำดับของเนื้อหา สื่อที่ต้องใช้ ตลอดจนทักษะและโครงสร้างของกิจกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ภายใต้หัวเรื่องและเวลาที่กำหนด ทำให้สามารถแก้ปัญหาในเรื่องของน้ำหนักและความสำคัญของเนื้อหาที่จะสอนในการสร้างหลักสูตรบูรณาการได้ (Potpourri) ซึ่งหลักในการตั้งคำถามสำคัญ คือ ตั้งเป็นคำถามปลายเปิดแนวกว้างที่มีได้มีคำตอบเพียง “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” เท่านั้น (Krajcik. n.d.: online) นักเรียนสามารถทำความเข้าใจกับคำถามนั้นได้ โดยตั้งให้ครอบคลุมความคิดรวบยอดในหัวเรื่องย่อยหนึ่งๆ ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สอดคล้องกับชีวิตของผู้เรียน หลีกเลี่ยงการใช้คำถามที่มีความหมายซ้ำกัน จำนวนคำถามที่ตั้งขึ้นควรเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด เช่น หากมีเวลาในการจัดการเรียนรู้ 3-12 สัปดาห์ จำนวนคำถามไม่ควรมีจำนวนมากกว่า 2-5 คำถาม นอกจากนี้ชุดของคำถามที่ตั้งขึ้นควรเป็นเหตุเป็นผลต่อเนื่องร้อยเรียงซึ่งกันและกัน (Jacobs. 1997: 30-33) หลังจากที่ตั้งคำถามสำคัญเรียบร้อยแล้ว ครูอาจแยกคำถามสำคัญแต่ละข้อออกเป็นคำถามย่อย (Key questions) เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบกิจกรรม ทักษะและช่วยในการกำหนดวิธีการประเมินผลทำได้ง่ายขึ้น จากนั้นในขั้นตอนสุดท้าย คณะครูร่วมกันพิจารณาอีกครั้งว่าคำถามที่ตั้งขึ้นนั้น ทำให้ผู้เรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ได้จริงหรือไม่ หากผู้เรียนไม่สามารถบรรลุตามจุดประสงค์ได้ อาจต้องมีการปรับปรุงคำถามเหล่านั้นอีกครั้ง (Clayton. 2010: 21)

3. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนำไปใช้ในชั้นเรียน (Designing activities for implementation) ในขั้นตอนนี้เป็นการนำคำถามสำคัญที่ตั้งขึ้นจากขั้นตอนที่ 2 มาใช้ในการออกแบบกิจกรรม สื่อและแหล่งเรียนรู้ รวมทั้งวิธีการประเมินผล ซึ่งหลักในการออกแบบกิจกรรมสำหรับหลักสูตรบูรณาการไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับครูผู้สอนที่จะนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน แต่หลักในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีคือ กิจกรรมนั้นต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเป็นนักคิดทั้งความคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ ((Jacobs. 1997: 26) เน้นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ฝึกการทำงานร่วมกันเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Hands-on, minds-on activities) มีการบูรณาการเนื้อหาต่างๆ อย่างเป็นองค์รวมโดยใส่ทักษะทางภาษาอย่างน้อย 1 ทักษะและออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับความสามารถและความสนใจของผู้เรียน สำหรับวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับแนวคิดตามทฤษฎีสมรรถนิยมและการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางก็คือการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมเป็น

ฐาน (Activity-based instruction) ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการกิจกรรมที่หลากหลายเข้าด้วยกัน โดยให้ผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์และกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ร่วมกันผ่านกระบวนการทางสังคม ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลใหม่เข้ากับสิ่งที่ได้เรียนไปแล้วและประยุกต์ใช้ความรู้กับสถานการณ์ใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ (Hariharan. 2011: 19; citing Saydan; & Higgins. 1977; Goldstein. 2013: online) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมเป็นฐานนั้นมีหลายรูปแบบ เช่น การสอนโดยใช้โครงงาน วิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือ การอภิปราย การทัศนศึกษานอกสถานที่ การทดลอง การใช้สถานการณ์จำลอง การแสดงบทบาทสมมติ การเรียนรู้โดยใช้เส้นทางเล่าเรื่อง (Storyline method) หรือเกมต่างๆ การเลือกใช้รูปแบบใดนั้นครูผู้สอนต้องพิจารณาเลือกใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา สื่อ แหล่งการเรียนรู้ ตลอดจนวัยและความสนใจของผู้เรียน

4. การเลือกสื่อ แหล่งเรียนรู้และการประเมินผล การสอนโดยใช้หัวเรื่องเป็นแกนสามารถใช้สื่อได้อย่างหลากหลาย ทั้งที่เป็นสื่อสิ่งพิมพ์ สื่อวีดิทัศน์ สื่อเทคโนโลยี สถานประกอบการ บุคลากรหรือผู้เชี่ยวชาญในชุมชน (Meinbach; Fredericks; & Rothlein. 2000: 24) สำหรับสื่อและแหล่งการเรียนรู้ควรเป็นสื่อที่มีอยู่และหาได้ง่ายในห้องเรียนสอดคล้องกับคำถามสำคัญที่ตั้งขึ้น รวมทั้งการประเมินผลควรใช้วิธีการที่หลากหลายที่สามารถประเมินผลความก้าวหน้าและพัฒนาการของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง สอดคล้องกับกิจกรรมที่ใช้และควรประเมินผลไปพร้อมๆ กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งรูปแบบของการประเมินผลตามสภาพจริงมีหลายวิธี เช่น การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) การเขียนรายงานตนเอง การสังเกต การสัมภาษณ์

สรุปได้ว่า การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับหลักสูตรบูรณาการนั้นครูผู้สอนต้องพิจารณาเลือกจัดประสบการณ์ที่เหมาะสมกับวัย ความสนใจของผู้เรียนจากหัวเรื่องแล้วนำไปกำหนดคำถามสำคัญที่ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ จากนั้นจึงออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกสื่อ แหล่งการเรียนรู้และเลือกวิธีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับองค์ประกอบด้านต่างๆ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ คุณลักษณะที่พึงประสงค์สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการเลือกและกำหนดคำถามสำคัญสำหรับการออกแบบกิจกรรม สื่อและวิธีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับหัวเรื่องอ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรบูรณาการ

1.7.1 งานวิจัยในประเทศ

พูนสุข อุดม (2546: 169-172) ได้พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบพหุวิทยาการร่วมกับวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง โดยใช้รูปแบบการบูรณาการ 2 รูปแบบคือ การบูรณาการแบบเรียงลำดับและ

การบูรณาการแบบมีส่วนร่วม โดยนำหลักสูตรไปศึกษานำร่องแบบจุลภาคกับนักเรียนที่จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และกำลังจะเข้าศึกษาต่อในโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง ในปีการศึกษา 2545 จำนวน 8 คน เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนที่ใช้หลักสูตรบูรณาการแบบพหุวิทยาการที่มีรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 1 เป็นแกน จากนั้นทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง จำนวน 74 คนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 เป็นเวลา 1 ภาคเรียน (20 สัปดาห์) พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 1 คณิตศาสตร์พื้นฐาน 1 และภาษาอังกฤษพื้นฐาน 1 หลังทดลองใช้สูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็นต่อหลักสูตรบูรณาการหลังการทดลองใช้หลักสูตรอยู่ในระดับมาก และค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นต่อพฤติกรรมการสอนของครูผู้สอนทั้งสามรายวิชาหลังทดลองใช้สูงกว่าขณะทดลองใช้หลักสูตร

วิบูลย์ นุชประมูล (2547: 121-128) ได้การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการรายวิชา ผดุงครรภ์และนรีเวชแผนไทยประยุกต์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรในด้านผลการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ เจตคติต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนและความพึงพอใจของผู้สอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาแพทย์แผนไทยประยุกต์ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 59 คน ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหลังการเรียนมีค่าการประเมินเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษามีความสนใจค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ เกิดการพัฒนาความรู้ มีการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ผู้สอนมีความพึงพอใจต่อการสอนอยู่ในระดับมาก

ดารณี พงษ์สabay (2551: 81-82) ได้พัฒนาหลักสูตรบูรณาการสิ่งแวดล้อมศึกษา เรื่อง กุดนาแซง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเปรียบเทียบผลการพัฒนาผู้เรียนหลังการใช้หลักสูตร 2 ด้าน คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติด้านสิ่งแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนโคกโพธิ์ไชยศึกษา จังหวัดขอนแก่น จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีสุ่มอย่างเจาะจง ผลการวิจัย พบว่า หลักสูตรที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องขององค์ประกอบทั้ง 6 ด้าน คือ หลักการและเหตุผล จุดมุ่งหมาย เนื้อหาสาระ แนวทางการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และแนวทางการวัดผลประเมินผล มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติด้านสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อุไรวรรณ หาญวงศ์ (2551: 77-78) ได้พัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมท้องถิ่นที่บูรณาการวิธีการสอนแบบเน้นกระบวนการสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่เรียนในกลุ่มสาระระดับชั้น โดยศึกษาผลการใช้หลักสูตรในด้านทักษะการคิดขั้นสูง จิตสำนึกต่อท้องถิ่น และพฤติกรรมความร่วมมือในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 กับนักเรียนจำนวน 40 คนซึ่งเป็นนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 ระดับชั้นละ 20 คน ทดลองใช้

หลักสูตรในคาบเรียนเป็นเวลา 36 ชั่วโมง และนอกคาบเรียน 80 ชั่วโมง โดยใช้กระบวนการสอนแบบเน้นกระบวนการ 4 วิธีคือ การเรียนรู้แบบโครงงาน การเรียนแบบคิดสร้างสรรค์ การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลปรากฏว่า ทักษะการคิดขั้นสูงทั้ง 3 ด้านคือ การวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่าอยู่ในระดับดีมาก จิตสำนึกต่อท้องถิ่นอยู่ในระดับสูง และพฤติกรรมการเรียนรู้ซึ่งประเมินโดยครูและนักเรียนอยู่ในระดับมากทุกรายการ

สุวิมล ทองคำหอม (2552: 76-78) ได้พัฒนาหลักสูตรบูรณาการแบบสหวิทยาการตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในอำเภอเทพา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสงขลา เขต 3 โดยได้บูรณาการเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอนกลุ่มสาระภาษาไทย วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมเข้าด้วยกัน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ครูจากโรงเรียนวัดคลองยอและโรงเรียนบ้านวังใหญ่ จำนวน 8 คนและนักเรียนจำนวน 22 คน ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาคุณภาพเบื้องต้นด้านองค์ประกอบของหลักสูตรในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และองค์ประกอบของหลักสูตรสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบ ส่วนด้านผลการใช้หลักสูตรพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ครูและนักเรียนมีความคิดเห็นต่อหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก

ชนินทร์ พฤกษ์ประมูล (2554: 134-140) ได้พัฒนาหลักสูตรแบบสหวิทยาการเรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย สำหรับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อศึกษาถึงพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง เจตคติที่มีต่อวิทยาศาสตร์ และความตระหนักถึงความสำคัญของวัฒนธรรมที่มีค่าของชาติไทยโดยมุ่งเน้นเฉพาะเครื่องดนตรีไทยของนักเรียนก่อนและหลังเรียนจากหลักสูตรนี้ โดยจัดทำหลักสูตรเป็นวิชาเลือกที่สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตามแนวความคิดด้านสหวิทยาการและทฤษฎีสรรคินิยม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชบางเขน จำนวน 35 คน เป็นเวลา 40 คาบ (1 ภาคการศึกษา) ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนสอบหลังเรียนเกี่ยวกับความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงมากกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติที่นักเรียนมีต่อวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนโดยภาพรวมไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังเรียนนักเรียนมีความตระหนักถึงความสำคัญของเครื่องดนตรีไทยในฐานะวัฒนธรรมที่มีค่าของชาติไทยมากขึ้นและมีความคิดเห็นต่อหลักสูตรในทางบวก

1.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

เรอซ์ (Roush. 2008: 48-50) ได้ศึกษาการบูรณาการหลักสูตรของโรงเรียนวีลเลอร์สเบิร์ก (Wheelersberg middle school) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อยืนยันว่าการนำหลักสูตร

บูรณาการไปใช้ส่งผลดีต่อผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (Middle school) อย่างแท้จริง โดยเฉพาะการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยเขาได้ศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับอาสาสมัครซึ่งเป็นนักเรียนเกรด 6 ที่เพิ่งจะเรียนหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการรายวิชาวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา การเขียน คณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษในหัวเรื่อง Anne of Green Gables จบไป นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการมีส่วนร่วมในการสังเกตการสอน การวางแผนการสอนและการประชุมร่วมกันระหว่างครูในแต่ละสาขาวิชา เครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับหลักสูตรบูรณาการซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 11 ข้อที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เขียนแสดงความรู้สึกที่พวกเขามีต่อหลักสูตรบูรณาการพร้อมเหตุผลโดยผู้วิจัยเริ่มต้นแจกแบบสำรวจนี้ในต้นภาคเรียนและเก็บคืนหลังจากเรียนหลักสูตรบูรณาการไปแล้วเป็นเวลา 9 สัปดาห์ จากนั้นใช้แบบสัมภาษณ์ซึ่งเป็นคำถามเชิงลึกที่ใช้ในการสัมภาษณ์อาสาสมัครซึ่งเป็นนักเรียนเกรด 6 จำนวน 10 คนจากนักเรียนทั้งหมด 91 คนโดยสอบถามถึงสิ่งที่เขาได้รับจากการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรบูรณาการ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าหลักสูตรบูรณาการช่วยให้พวกเขาเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในแต่ละรายวิชาโดยการเรียนรู้ผ่านหัวเรื่องเพียงหัวเรื่องเดียว ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา ช่วยให้พวกเขาสามารถตอบคำถามของแบบทดสอบโดยการใช้อย่างที่ได้จากการเรียนรู้มาใช้ในการอธิบายเหตุผลเพิ่มเติมประกอบคำตอบได้ นอกจากนี้หลักสูตรบูรณาการยังส่งเสริมให้เกิดทักษะการแก้ปัญหาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านการทำโครงการและการใช้กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือกับเพื่อนร่วมชั้นในการแก้ปัญหา แต่มีนักเรียนส่วนน้อยที่แสดงความรู้สึกไม่ชอบหลักสูตรบูรณาการโดยเขาให้ความเห็นว่า ครูบางคนไม่ได้อ่านหรือศึกษาเรื่องราวจากหนังสือหรือสื่อที่นำมาให้นักเรียนอ่านก่อนเริ่มการเรียนการสอน ทำให้ครูไม่สามารถตอบคำถามของนักเรียนได้เมื่อเขาเกิดความสงสัย ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ไม่ดีและเกิดความเบื่อหน่ายต่อเรื่องราวที่ครูสอน ซึ่งประเด็นในด้านนี้ครูสามารถนำไปปรับใช้ในด้านของการเตรียมตัวก่อนการสอนได้

เบลสซิง (Blessing. 2009) ได้ศึกษาผลของการใช้หลักสูตรบูรณาการวิชาเคมีกับวิชาคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนระดับไฮสคูลในมลรัฐแคลิฟอร์เนียใต้ จำนวน 136 คนโดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 68 คน จากนั้นเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (CHAAS) ใช้สถิติ t-test for Independent Samples การทดสอบความแปรปรวนพหุคูณ (MANCOVA) ในการทดสอบความแตกต่าง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อายูออบและคนอื่นๆ (Ayuob; et al. 2012: 1-8) ได้ศึกษาผลการใช้หลักสูตรบูรณาการแบบสหวิทยาการของหน่วยการเรียนรู้ระบบหลอดเลือดหัวใจ (CVS module) ที่มีต่อความพึงพอใจของคณาจารย์และนักศึกษาแพทย์ มหาวิทยาลัยคิงแอบดุลลาซีส (King Abdulaziz

University) ประเทศซาอุดีอาระเบีย เปรียบเทียบกับการใช้หลักสูตรเดิมของหน่วยการเรียนรู้เรื่องเดียวกันในปีที่ผ่านมา โดยคณะผู้สอนนักศึกษาแพทย์ได้ร่วมกันพัฒนาหลักสูตรขึ้นในระหว่างปี 2010-2011 และนำมาใช้สอนนักศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ในช่วงของการวางแผนจัดทำหลักสูตร ผลที่ได้จากการจัดสนทนากลุ่มกับคณะผู้สอนพบว่า ในปี 2009/2010 คณะผู้สอนมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรร้อยละ 70.5 เปรียบเทียบกับปี 2010/2011 ความพึงพอใจเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 87.5 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนความพึงพอใจของนักศึกษาแพทย์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันจากร้อยละ 53.88 ในปี 2009/2010 เป็นร้อยละ 72.65 ในปี 2010/2011 นอกจากนี้จากการใช้แบบสอบถามการนำหลักสูตรไปใช้ของคณะครูในช่วงปี 2009/2010 และ ปี 2010/2011 พบว่าคณะครูมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรในด้านต่าง ๆ สูงขึ้นทุกด้าน โดยด้านที่มีความแตกต่างของความพึงพอใจสูงกว่าร้อยละ 50 มี 5 ด้าน ได้แก่ หลักสูตรกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้แบบนำตนเอง หลักสูตรส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา การนำหลักสูตรไปใช้ตามแนวคิดของการใช้ปัญหาเป็นฐานประสบความสำเร็จ สื่อการเรียนรู้ประกอบหลักสูตรเพียงพอกับผู้เรียนและ หลักสูตรมีความสอดคล้องระหว่างมาตรฐาน จุดประสงค์การเรียนรู้และการประเมินผล

จากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับหลักสูตรบูรณาการจะเห็นได้ว่า การนำหลักสูตรบูรณาการไปใช้ส่งผลดีต่อผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาการเรียนรู้ในหลายๆ ด้าน ทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติและทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งทักษะการแก้ปัญหาซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในอนาคต ซึ่งขอบข่ายของการบูรณาการนั้นอาจบูรณาการเนื้อหาวิชาในกลุ่มสาระเดียวกัน หรือบูรณาการข้ามสาระวิชา โดยนำเทคนิคต่างๆ เช่น การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือการนำภาพยนตร์ที่อยู่ในความสนใจของผู้เรียนมาเป็นหัวเรื่องในการพัฒนาหลักสูตร ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการศึกษาในครั้งนี้

2. สะเต็มศึกษา (STEM Education)

STEM เป็นคำย่อของ Science, Technology, Engineering and Mathematics ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการแบบสหวิทยาการ โดยนำเนื้อหาและกระบวนการของรายวิชาทั้งสี่วิชามารวมกัน แนวคิดนี้เริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา จากการประชุมหารือของตัวแทนจากทุกภาคส่วนที่สำคัญของประเทศ เพื่อยกระดับคุณภาพของคนในประเทศและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านต่างๆ กับนานาชาติ อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็วทำให้ความสามารถในการแข่งขันของสหรัฐอเมริกาซึ่งเคยเป็นผู้นำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลงไป (Lantz. 2009: online) ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) โดยทำการประเมินผู้เรียนที่มีอายุ 15 ปีซึ่งเป็นวัยจบการศึกษา

ภาคบังคับในประเทศที่เป็นสมาชิกกลุ่มประเทศองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) และประเทศร่วมโครงการที่ไม่ใช่สมาชิก โดยในรอบประเมิน PISA 2009 มีประเทศสมาชิกจำนวน 34 ประเทศและประเทศร่วมโครงการ 41 ประเทศ ผลการประเมินประจำปี พ.ศ.2552 พบว่า นักเรียนจากสหรัฐอเมริกาจะคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินด้านผลการรู้คณิตศาสตร์ ความสามารถทางคณิตศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในกลุ่มประเทศ OECD และหลายประเทศในเอเชีย และจากการจัดอันดับความสามารถของนักเรียนในสหรัฐอเมริกาที่มีอายุ 15 ปี ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พบว่าได้อันดับที่ 17 และ 25 ตามลำดับ (Kerr. 2013: 3) นอกจากนี้จากการสำรวจความต้องการของตลาดแรงงานในประเทศยังพบว่าผู้มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มีน้อยลง (Executive Office of the President. 2010: online) ทำให้หน่วยงานต่างๆ ได้แก่ องค์การวิชาการด้านวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Academy of Sciences) องค์การวิชาการด้านวิศวกรรมศาสตร์แห่งชาติ (National Academy of Engineering) และสถาบันทางการแพทย์ (Institute of Medicine) ได้ร่วมกันศึกษาและจัดประชุมระดับชาติในปี พ.ศ. 2548 ในหัวข้อ การก้าวข้ามปัญหาโดยการเร่งพัฒนาเพื่ออนาคตทางเศรษฐกิจที่ดีกว่าให้ได้ภายใน 2 ปี (Rising Above the Gathering Storm Two Years Later: Accelerating Progress toward a Brighter Economic Future) พร้อมยื่นข้อเสนอ 4 ข้อให้แก่รัฐบาล ดังนี้

1. เพิ่มนักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาโดยการส่งเสริมและพัฒนาศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้ทั่วถึงในระดับอนุบาลถึงเกรด 12
2. ส่งเสริมการวิจัยพื้นฐานในระยะยาวระดับชาติเพื่อความเข้มแข็งและยั่งยืน
3. สร้างและรักษาระดับของนักเรียนที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์โดยส่งเสริมการศึกษาทางด้านนี้ทั้งในและต่างประเทศ
4. สร้างความมั่นใจในการรักษาระดับความสามารถของชาติในการเป็นผู้นำทางด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรมในระดับโลก

นอกจากนี้จากการประชุมของสภาองเกรส (Congressman Vern Ehlers (R-MI) and Congressman Mark Udall (D-CO) ได้กำหนดบทบาทของการพัฒนาคนตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ 3 ด้านดังนี้ (STEM Caucus Steering Committee. n.d. online)

1. การพัฒนานักวิทยาศาสตร์และวิศวกรเพื่อทำการวิจัยในการพัฒนาการเป็นศูนย์กลางของการเจริญเติบโตด้านเศรษฐกิจของประเทศ
2. การพัฒนาบุคลากรที่มีความสามารถทางด้านเทคโนโลยีเพื่อสนองความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคต
3. การพัฒนาพลเมืองและผู้มีสิทธิออกเสียงเลือกตั้งที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientifically literate voters and citizens) ให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับนโยบายสาธารณะและโลกรอบตัว

จากนั้นรัฐบาลภายใต้การนำของประธานาธิบดีบารัค โอบามา (Barack Obama) จึงได้เน้นย้ำถึงความสำคัญที่ต้องจัดให้นักเรียนอเมริกันมีพื้นฐานที่ดีในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) จึงออกนโยบายการศึกษาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการรณรงค์เพื่อยกระดับการศึกษา (Educate to Innovate Campaign) ที่ส่งเสริมการเรียนการสอนให้มีการบูรณาการทั้งสี่รายวิชาเข้าด้วยกัน โดยผ่านร่างกฎหมายที่ชื่อ America COMPETES Act (The America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act) เมื่อวันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2554 ซึ่งได้จัดสรรงบประมาณให้แก่หลายหน่วยงาน เช่น สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Office of Science and Technology Policy (OSTP) (สำนักงานนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2013: online) มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation (NSF) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ผ่านกระบวนการวิจัยและพัฒนาและยกระดับความสามารถในการแข่งขัน นอกจากนี้ยังมีองค์กรที่ไม่หวังผลกำไรที่เกิดจากความร่วมมือกันของหลายภาคส่วน เช่น องค์กร Change the Equation หรือ องค์กร Project Lead The Way ได้มุ่งทำงานเพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM ในสถานศึกษาหลายแห่งของสหรัฐอเมริกา ทำให้ในปัจจุบันมีการใช้คำว่า STEM กันอย่างแพร่หลาย โดยรวมเนื้อหาและกระบวนการของทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งทุกสาขาวิชามีความสำคัญเท่าเทียมกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าเพื่อสร้างหรือพัฒนาสิ่งต่างๆ ตลอดจนช่วยส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่จำเป็นของศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย (1) ทักษะการเรียนรู้ทางนวัตกรรม (2) ทักษะการเข้าถึงข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี (3) ทักษะชีวิตและการประกอบอาชีพ (4) ทักษะการปรับตัว (5) ทักษะการสื่อสารขั้นสูงและทักษะทางสังคม (6) ทักษะการแก้ปัญหา (7) ทักษะการบริหารจัดการตนเองและการพัฒนาตนเอง และ (8) ทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ (NSTA. 2011. online) ซึ่งสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกาได้ร่วมมือกับหน่วยงานอื่นๆ เช่น กลุ่มพันธมิตรเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills (P21) และสภาการวิจัยแห่งชาติ (NRC) กำหนดขึ้นโดยเชื่อว่าสะเต็มศึกษาจะเป็นพื้นฐานแนวคิดที่ดีที่พัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะดังกล่าวได้ โดยเชื่อว่าหากผู้เรียนมีความสนใจและความเข้าใจในด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา (วิศวกรรมศาสตร์) ซึ่งนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ (เทคโนโลยี) ในอนาคต (Center for Mathematics Science and Technology of Illinois State University. 2013: online)

2.1 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา และการรู้ STEM (STEM literacy)

สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันด้วยรูปแบบสหวิทยาการ โดยมุ่งให้ผู้เรียน

แก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง สร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต (สสวท. 2557: 4) ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการศึกษาดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจความหมาย กระบวนการและทักษะตลอดจนความสัมพันธ์ของแต่ละรายวิชา โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

2.1.1 วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการพัฒนาด้านเทคโนโลยี โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เพื่อหาความหมายของโลกแห่งธรรมชาติ (NRC. 1996: 24) สำหรับกรอบแนวคิดในการจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ (Framework for K-12 Science Education) ของประเทศสหรัฐอเมริกา นั้น สภาการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council (NRC) และสภาการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Academy of Sciences (NAS) ของสหรัฐอเมริกามีหน้าที่รับผิดชอบในการกำหนดกรอบแนวคิดดังกล่าว (NRC. 2012) สำหรับนำไปพัฒนาต่อเป็นมาตรฐานที่เรียกว่ามาตรฐานการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์สำหรับคนรุ่นใหม่ (Next Generation of Science Standards (NGSS) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้ประกาศใช้อย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2556

2.1.2 เทคโนโลยี (Technology) เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไข หรือพัฒนาสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติเพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์ (ITEEA. 2007: 7; NAE; & NRC. 2012: 2; NRC. 1996: 24) โดยกระบวนการแก้ปัญหาหรือการทำงานทางเทคโนโลยีนั้น เรียกว่าการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering design) หรือ กระบวนการออกแบบ (Design process) ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คำว่าเทคโนโลยีจึงมีความหมายมากกว่าเรื่องที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ซึ่งอาจสับสนกับความหมายของคำว่าเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Communications Technology (ICT) คำว่าเทคโนโลยีในความหมายเชิงอุตสาหกรรมหมายถึง การคิดนอกกรอบ หรือการนำสิ่งต่างๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา (NSTA. 2012: online) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกามีสมาคมนักการศึกษาเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ (International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA) เป็นหน่วยงานที่กำหนดมาตรฐาน (Standard) ของวิชาที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีให้ผู้สอนใช้สอนในทิศทางเดียวกัน

2.1.3 วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่างๆ เพื่อสร้างประโยชน์ในทางเศรษฐกิจและอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่ได้รับจากการศึกษา จากประสบการณ์หรือการฝึกปฏิบัติ (Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). 2002: back cover) ซึ่งความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์นั้นเป็นจุดเด่นสำคัญของสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นศาสตร์ที่ช่วยให้

ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์บนฐานของการออกแบบ (Design-based learning) เน้นการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาและสร้างสรรค์ชิ้นงาน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จากสถานการณ์จริงที่เน้นกระบวนการและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา ช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอันเป็นแนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายทั้งใน การทำงานและการศึกษา (รักษพล ธนาณรงค์. 2556: 11; อ้างอิงจาก Nathan. 2011: workshop; & Katehi; et al. 2009; citing Hernandez; et al. 2013: 2) หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นตัวเร่งให้เกิดการบูรณาการเนื้อหาของ 4 รายวิชาเข้าด้วยกัน (Katehi; et al. 2009; citing Hernandez; et al. 2013: 2) กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สะเต็มศึกษาประเทศไทย. 2014: ออนไลน์; อ้างอิงจาก NRC. 2012) นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเนื้อหาของ STEM ด้าน ตลอดจนพัฒนาค่านิยมและเจตคติที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมศาสตร์ (Habits of mind) ซึ่งประกอบด้วย 1) การคิดเชิงระบบ 2) ความคิดสร้างสรรค์ 3) การคิดเชิงบวก 4) ความร่วมมือ 5) การสื่อสารและ 6) การตัดสินใจบนฐานของจริยธรรม ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (Katehi; et al. 2009: 6-7; citing Bottoms; & Anthony, 2005; Bottoms; & Uhn, 2007) อย่างไรก็ตาม ในสหรัฐอเมริกาเองพบว่าวิชาวิศวกรรมศาสตร์นั้นยังไม่ปรากฏเป็นที่ชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่จะนำไปแฝงไว้ในวิชาเทคโนโลยี ซึ่งหน่วยงานที่รับผิดชอบในการกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ได้แก่ องค์กรการศึกษามาตรฐานด้านเทคโนโลยีสำหรับนักเรียน (National Educational Technology Standards for Students (NETS-S) (ISTE. 2007: online)

2.1.4 คณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับตัวเลข เน้นการมองหารูปแบบและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นตัวเลข รูปทรงเรขาคณิตหรือชุดของสมการต่าง ๆ (AAAS. 1993: 23) โดยใช้ทักษะด้านการคำนวณเป็นพื้นฐาน หน่วยงานที่รับผิดชอบในการกำหนดมาตรฐานด้านนี้ คือ สภาครูและมาตรฐานคณิตศาสตร์แห่งชาติ (National Council of Teachers of Mathematics Standards (NCTM). 1989)

ดังนั้น สะเต็มศึกษา (STEM Education) จึงเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบสหวิทยาการที่ไม่ใช่การสอนแบบแยกส่วนเป็นรายวิชาแต่เป็นลักษณะของการบูรณาการการเรียนรู้ 4 วิชาหลัก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยผนวกกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เข้ากับเนื้อหาของรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกและนำเอาแนวคิดสำคัญ (Concepts) ของทั้ง 4 วิชามาใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวอย่างมีความหมายช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำเอาความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ใน

การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและเชื่อมโยงสู่บริบทต่างๆ ทั้งในโรงเรียน ชุมชน และการทำงานในอนาคต ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนมีศักยภาพและมีความพร้อมมากพอที่จะไปแข่งขันกับผู้อื่นภายใต้สถานะเศรษฐกิจในปัจจุบันได้

2.2 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา

เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ การที่ผู้เรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM literacy) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการประยุกต์ความเข้าใจของตนเองในการศึกษาความเป็นไปของโลกโดยใช้การบูรณาการความรู้จากทั้งสี่รายวิชา (National Governor's Association. 2009: online) ซึ่งความหมายของ “การรู้” ด้านต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ (Science literacy) หมายถึงความสามารถในการใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจกับโลกธรรมชาติโดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหา รู้วิธีการในการหาคำตอบและสามารถหาคำตอบของปัญหาได้

2. การรู้เทคโนโลยี (Technological literacy) หมายถึงความสามารถในการใช้จัดการ เข้าใจและประเมินเทคโนโลยีโดยรู้ว่าเทคโนโลยีมีการพัฒนาขึ้นมาได้อย่างไร รวมทั้งมีทักษะในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบของเทคโนโลยีที่มีต่อตัวเรา ประเทศและโลก (AAAS. 1989: online) ซึ่งนำไปสู่ความสามารถเฉพาะ 4 ด้าน คือ ความสามารถในการปรับตัวและจัดการกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องของเทคโนโลยี ความสามารถในการหาแนวทางแก้ไขปัญหาก็เกี่ยวกับเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ ความสามารถในการนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล และความสามารถในการประเมินเทคโนโลยีและผลกระทบที่มีต่อมนุษย์อย่างรอบคอบ (Gagel. 1997: 6-34)

3. การรู้วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering literacy) หมายถึงความสามารถในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาของเทคโนโลยีโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering design process) ซึ่งความหมายของการรู้เทคโนโลยีและการรู้วิศวกรรมศาสตร์นั้นใกล้เคียงกันจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน (Heywood. 1993)

4. การรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผลและสื่อสารแนวคิดเกี่ยวกับการระบุปัญหา แก้ปัญหาและแปลความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ (AAAS. 1989: online) ซึ่งเป็นความสามารถของบุคคลในการทำความเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันเพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจและนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในการสนองความต้องการในฐานะของพลเมืองที่มีความหวังใยและรับผิดชอบต่อสังคม (Asunda. 2012: 48; citing OECD. 2003)

ถึงแม้ว่าการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์จะเป็นเป้าหมายของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์และเป็นประเด็นที่ได้รับการกล่าวถึงเป็นอย่างมากในสหรัฐอเมริกา แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์หรือแผนทางการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบนอกรอบที่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจนสำหรับเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน (Tsouros; & Kohler. 2009: 2) มีเพียงเป้าหมายกว้างๆ 4 ข้อที่หน่วยงานด้านการศึกษาส่งต่อภาครัฐดังที่กล่าวไว้ในข้างต้นเท่านั้น ส่วนเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงนั้น นักการศึกษาได้พยายามกำหนดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูนำไปใช้ในการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน ซึ่ง มอร์ริสัน (Morrison. 2006: 2-3) ได้รวบรวมและสรุปเกี่ยวกับเป้าหมายด้านผู้เรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ STEM ไว้ว่าผู้เรียนควรมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. เป็นนักแก้ปัญหา โดยผู้เรียนสามารถตั้งคำถามและระบุปัญหา, ออกแบบแนวทางการรวบรวม จัดระบบข้อมูล ลงข้อสรุปและประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ในสถานการณ์ใหม่
2. เป็นนักสร้างสรรค์นวัตกรรม (Innovators) ในการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์
3. เป็นนักประดิษฐ์ รู้ถึงความต้องการของสังคมเพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ตรวจสอบ ปรับปรุงและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อตอบสนองกับความต้องการที่แท้จริง
4. เป็นนักพึ่งพาตนเอง (Self-reliant) ที่สามารถนำความคิดริเริ่มและแรงจูงใจภายในมาใช้ในการสร้างและพัฒนาความเชื่อมั่นในตนเองให้สามารถทำงานได้ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนด
5. เป็นนักคิดอย่างมีเหตุผล (Logical thinkers) สามารถประยุกต์กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และการออกแบบด้านวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ
6. เป็นผู้รู้ด้านเทคโนโลยี (Technologically literate) คือเข้าใจและอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี การพัฒนาทักษะที่จำเป็นและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

จะเห็นได้ว่าเป้าหมายในภาพรวมของสะเต็มศึกษา (STEM Education) นั้นคือมุ่งให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ผลกระทบทั้งแง่บวกและแง่ลบของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้เหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์หรือใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันในฐานะของพลเมืองที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมผ่านกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ เป็นเหตุเป็นผล มีระบบและเป็นลำดับขั้นตอนโดยคำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อสังคมทั้งในระดับปัจเจกบุคคล ชุมชนและระดับโลก

2.3 ข้อดีและข้อจำกัดของสะเต็มศึกษา

นับเป็นเวลามากกว่า 10 ปีแล้วที่คำว่า STEM ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2544 จากแนวคิดของจูดิธ เอ. รามาลีย์ (Judith A. Ramaley) ซึ่งในขณะนั้นดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการฝ่ายการศึกษาและทรัพยากรมนุษย์ของมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติมีแนวคิดที่จะพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีโดยกำหนดตัวย่อของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ว่า STEM แทนตัวย่อเดิมที่เป็น SMET โดยให้เหตุผลว่าวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน (Bookends) ของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีในการศึกษาเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ โดยมีวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นวิธีหรือกระบวนการที่ช่วยให้มนุษย์นำความรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาตินั้นไปใช้ ดังนั้น STEM จึงเป็นสิ่งที่ช่วยถักทอความรู้และกระบวนการเหล่านี้เข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างรอบด้าน (Christenson. 2011: online) ซึ่งแนวคิดเกี่ยวกับ STEM นี้ได้รับการสนับสนุนทั้งด้านงบประมาณและแนวคิดจากหน่วยงานต่าง ๆ ของสหรัฐอเมริกาอย่างต่อเนื่องเพื่อผลักดันให้ STEM เป็นนโยบายหลักด้านการศึกษาของประเทศ (National priority) เนื่องจากหน่วยงานเหล่านี้เห็นว่าสะเต็มศึกษาส่งผลดีต่อประเทศและผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. STEM ช่วยส่งเสริมความเท่าเทียมกันทางการศึกษา (Chen. 2012: online)
เนื่องจากมีข้อมูลที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา 25 ปีที่ผ่านมา ระบบการศึกษาโดยทั่วไปจะส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายเนื่องจากแนวคิดของเนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ จะเน้นที่เป็นภาคทฤษฎีมากกว่า (Verbal concepts) แต่สะเต็มศึกษาได้รับการออกแบบมาโดยมีเป้าหมายการสอนให้เกิดความเท่าเทียมกันของทั้งสองเพศโดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการเป็นสมาชิกของสังคมที่ประสบความสำเร็จ (Fioriello. 2011: online)
2. STEM เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกได้มากขึ้นจากการบูรณาการเนื้อหาทักษะ กระบวนการที่สัมพันธ์กันของทั้ง 4 รายวิชาเข้าด้วยกันอย่างเป็นองค์รวมแทนการเรียนรู้แบบแยกส่วน ซึ่งความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานี้เป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคต โดยผู้เรียนที่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาทางด้าน STEM นั้นมีโอกาสเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและโอกาสในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM สูงโดยที่มีการคาดการณ์กันว่าประมาณร้อยละ 80 ของอาชีพในทศวรรษหน้าจะเป็นอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Fioriello. 2011: online; citing NRC.) และร้อยละ 5 ของอาชีพทั้งหมดในสหรัฐอเมริกาจะเป็นงานด้าน STEM ทำให้ความต้องการบุคลากรในด้านนี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Honda;& Cleveland. 2012: online) ส่งผลให้อาชีพเหล่านี้ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าผู้เรียนที่เลือกเรียนในด้านอื่น (Chen. 2012: online)

3. STEM ช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงระบบ (System thinking) การรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนสร้างนักนวัตกรรมรุ่นใหม่ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และกระบวนการใหม่ ๆ อย่างยั่งยืนภายใต้ระบบเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งนวัตกรรมที่

เกิดขึ้นนี้ล้วนมีพื้นฐานมาจากความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Eberle. 2010: online; Reeve. 2013: 18) โดยเฉพาะการเรียนรู้เนื้อหาด้าน STEM ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งช่วยพัฒนาคุณลักษณะ ค่านิยม (Habits of mind) ที่พึงประสงค์สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (Katehi; et al. 2009: 6-7) สอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นตัวเร่งให้เกิดการบูรณาการเนื้อหาด้าน STEM ที่ช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาประเทศ (Katehi; et al. 2009; citing Hernandez; et al. 2013: 2) นอกจากนี้หากผู้เรียนมีความสามารถในการรู้ STEM (STEM literacy) แล้วก็จะส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจและความเป็นผู้นำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของสหรัฐอเมริกาในระยะยาว

4. STEM ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาประเทศในอนาคต ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบความพร้อมในการเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยและความพร้อมในการประกอบอาชีพ (ACT College and Career Readiness) ประจำปี ค.ศ.2010 พบว่า มีนักเรียนเพียงร้อยละ 29 ที่มีความพร้อมที่จะเข้าศึกษาต่อทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาและร้อยละ 43 ที่มีความพร้อมที่จะเข้าศึกษาต่อในด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งหากภาครัฐไม่เร่งพัฒนาสะเต็มศึกษา สหรัฐอเมริกาก็มีแนวโน้มที่จะขาดแคลนแรงงานด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในอนาคตอันใกล้ (Chen. 2012: online)

ถึงแม้ว่าสะเต็มศึกษาจะมีข้อดีหลายประการดังที่กล่าวมาข้างต้น แต่นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความเห็นที่ตรงกันเกี่ยวกับข้อจำกัดบางประการที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาและแก้ไขอย่างเร่งด่วนในสะเต็มศึกษา นั่นก็คือ (Chen. 2012: online; Herschbach. 2011: online; Lantz. 2009: 1-11) รูปแบบของการบูรณาการหลักสูตร (Form) ที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ในชั้นเรียน ตลอดจนเป้าหมาย (Function) ของการจัดการศึกษาแบบ STEM ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนยังไม่มี ความชัดเจน ส่งผลให้ครูขาดความเข้าใจ หรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการนำแนวคิดนี้ไปสู่การปฏิบัติ ดังจะเห็นได้จาก การจัดการเรียนการสอนในระดับอนุบาลถึงเกรด 12 จะให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เท่านั้น ส่วนรายวิชาเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มีบทบาทในระดับนี้น้อยมาก จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้หน่วยงานที่รับผิดชอบได้แก่ สภาการวิจัยแห่งชาติ (NRC) และสภาการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NAS) ได้พยายามแก้ปัญหาในเรื่องนี้โดยได้กำหนดกรอบแนวคิดสำหรับเป็นแนวทางให้ผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานต่างๆ ในทุกภาคส่วนมาระดมความคิดเห็นร่วมกันในการพัฒนามาตรฐานการศึกษาแห่งชาติที่เรียกว่ามาตรฐานการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์สำหรับคนรุ่นใหม่ (NGSS) ซึ่งได้ประกาศใช้อย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 9 เมษายน พ.ศ.2556 โดยเป้าหมายหนึ่งที่สำคัญของการพัฒนามาตรฐานนี้คือ การบูรณาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ากับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์โดยกำหนดให้เป็นมิติ (Dimension) ด้านหนึ่งที่ว่า การปฏิบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Scientific and engineering practices) โดยมุ่งหวังให้ครูเห็นความสัมพันธ์ของ

วิศวกรรมศาสตร์กับวิทยาศาสตร์และเห็นแนวทางในการนำความสัมพันธ์นี้ไปบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

จะเห็นว่าสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดการจัดการศึกษาที่สำคัญและได้รับการสนับสนุนจากองค์กรต่างๆ มากมายโดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญคือ การแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางด้าน STEM ซึ่งเป็นอาชีพที่จะพัฒนาไปอย่างรวดเร็วในอนาคต และเพิ่มขีดความสามารถของบุคลากรที่เป็นกำลังสำคัญในการแข่งขันทางเศรษฐกิจในโลกปัจจุบัน ถึงแม้ว่า STEM อาจจะมีข้อจำกัดในเรื่องของความไม่ชัดเจน (ill-defined) เกี่ยวกับรูปแบบที่จะนำไปใช้และเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน แต่หากพิจารณาข้อดีภายใต้ข้อจำกัดนี้แล้วจะพบว่าความไม่ชัดเจนนี้เปิดโอกาสให้ผู้สอนสามารถนำแนวคิดไปใช้ในการพัฒนาหลักสูตรได้ตามความเข้าใจของตนเอง โดยไม่มีกรอบแนวคิดใดๆ มาบังคับ ทั้งนี้เพื่อบรรลุเป้าหมายสูงสุดร่วมกันคือการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นพลเมืองของชาติที่มีการรู้ด้าน STEM ซึ่งเป็นความสามารถที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

2.4 หลักที่ควรพิจารณาในการพัฒนาและออกแบบหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในการวางแผนเพื่อพัฒนาและออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับ STEM นั้น เอ็ดเวิร์ด เอ็ม รีฟ (Reeve. 2013: 9-19) และ แลนซ์ (Lantz. 2009: 5-8) ได้เสนอหลักที่ควรคำนึงถึงในการพัฒนาหลักสูตรไว้ ดังนี้

2.4.1 หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษา จุดมุ่งหมายสาระสำคัญที่กำหนดให้ผู้เรียนในระดับชั้นนั้นๆ ได้เรียนรู้และปฏิบัติ โดยการออกแบบกิจกรรมและกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้นั้นควรเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสามารถทำได้จริง สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน รวมทั้งครูสามารถสอนและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ สำหรับในประเทศไทยนั้น หากพิจารณาความพร้อมของหลักสูตรทั้ง 4 รายวิชาของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จะเห็นได้ว่ามีเพียงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) เท่านั้น ส่วนเนื้อหาและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ยังไม่มี ความชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จะมีก็เพียงเพียงลักษณะการสอดแทรกอยู่ในวิชาเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่จากนโยบายการปฏิรูปหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของกระทรวงศึกษาธิการที่มีการประชุมร่วมกันของผู้ทรงคุณวุฒิจากทุกภาคส่วน ได้กำหนดให้ STEM เป็นกลุ่มสาระหนึ่งใน 6 กลุ่มสาระของร่างหลักสูตรใหม่ (สมพงษ์ จิตระดับ สว่างวัฒนา. 2556: ออนไลน์) ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีของการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษา ดังกล่าว

2.4.2 หลักสูตรควรใช้รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรที่ดี ซึ่งรูปแบบหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางในการออกแบบหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้ คือ การออกแบบ

การเรียนรู้แบบย้อนกลับ (Backward design) ของ แกรนท์ วิกกินส์ และ เจย์ แมคทิเกย์ (Grant Wiggins; & Jay McTighe) ที่เขียนไว้ในหนังสือ Understand by Design (UbD) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ของหลักสูตร การประเมินผลและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนได้ลึกซึ้งมากขึ้น โดยหลักของการออกแบบการเรียนรู้แบบย้อนกลับนี้จะมีการกำหนดเป้าหมายหรือสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนก่อนที่จะออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนและการประเมินผล โดยแนวคิดนี้มีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอนคือ การกำหนดเป้าหมายหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ (Identify the results desired) การระบุหลักฐานที่สนับสนุนว่าผู้เรียนบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้จริง (Assessment evidence) และการวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ (Design activities) โดยกรอบแนวคิดนี้จะเน้น “ความเข้าใจ” (Understanding) ที่จะนำไปใช้ในการตอบคำถามสำคัญ (Essential question) เกี่ยวกับเนื้อหาหรือเรื่องที่จะสอน การที่ผู้เรียนจะแสดงให้เห็นว่าเขามีความเข้าใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้น ผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบาย (Explain) แปลความ (Interpret) ประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ (Apply) แสดงความคิดเห็น (Perspective) แสดงความเห็นอกเห็นใจ (Empathy) และมีความตระหนักรู้ในตนเอง (Self-knowledge) ได้ (Wiggins; & McTighe. 2011: online)

2.4.3 การเลือกวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม สำหรับสะเต็มศึกษานั้น วิธีที่นิยมใช้กันมากได้แก่ วิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based learning) ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้อิงฐานคิดที่ว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาแนวคิดหรือค้นคว้าหาคำตอบผ่านการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเองโดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสรคินิยม ซึ่งวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะนั้นมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้แบบ 5E การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับวงการศึกษาสะเต็มศึกษานั้นจะเรียกวิธีการการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) โดยให้ผู้เรียนตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ส่วนด้านเทคโนโลยีศึกษาหรือวิศวกรรมศาสตร์จะใช้กระบวนการสืบเสาะที่เรียกว่า การออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering design) หรือการออกแบบทางเทคโนโลยี (Technological design) ซึ่งกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์นั้นจะมีธรรมชาติของพื้นฐานแนวคิดที่ใช้ในการศึกษาลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ มุ่งเน้นการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุมีผล ส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองโดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมทั้งทักษะในการศึกษาหาความรู้และส่งเสริมการเรียนรู้แบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่วนความแตกต่างของรูปแบบดังกล่าวจะอยู่ที่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเน้นการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ เพื่อหาคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ แต่การออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์จะเน้นการแก้ปัญหาเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งประดิษฐ์ของมนุษย์ (Human-made world) โดยนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มาใช้ ซึ่งขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์นั้นมีความหลากหลายแตกต่างกันออกไป สำหรับ

การเปรียบเทียบกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์กับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์
นั้น แสดงได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของขั้นตอนในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และ
กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์

กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์
1. ระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม	1. ระบุปัญหาหรือความต้องการ
2. ค้นหา รวบรวมข้อมูล	2. ค้นหา รวบรวมข้อมูล
3. ตั้งสมมติฐานและกำหนดตัวแปร	3. ระบุเกณฑ์หรือข้อจำกัด
4. ออกแบบการทดลอง	4. คิดหาทางเลือกที่หลากหลายและเลือกข้อที่ดีที่สุดรวมทั้งปรับปรุงและพัฒนาทางเลือกนั้น
5. ดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน	5. สร้างแบบจำลอง
6. วิเคราะห์ผลการทดลองและลงข้อสรุป	6. ทดสอบและปรับปรุงผลงาน
7. เผยแพร่หรือรายงานผลให้บุคคลอื่นทราบ	7. เผยแพร่หรือรายงานผลให้บุคคลอื่นทราบ

ที่มา: Science Buddies. (2012). Comparing the Engineering Design Process and the Scientific Method. (online).

2.4.4 ครูควรมีการประเมินผลผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอทั้งการประเมินระหว่างเรียน (Formative assessment) และการประเมินหลังเรียนหลังจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้หรือจบหลักสูตร เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนและปรับปรุงหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น โดยใช้วิธีการประเมินผลที่หลากหลาย เช่น การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน การสังเกต การใช้คำถาม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ การเขียนอนุทิน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการประเมิน ทั้งการประเมินตนเองและการประเมินโดยเพื่อน มีการให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงบวกเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจที่จะเรียนรู้สิ่งต่างๆ ได้ดีขึ้น

สรุปได้ว่า หลักสำคัญในการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น นักพัฒนาหลักสูตรควรคำนึงถึงความสอดคล้องของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นกับเนื้อหาและจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการศึกษา ใช้รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรที่ดี มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงจากการลงมือปฏิบัติผ่านกิจกรรมบูรณาการที่ใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ตลอดจนใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายที่ทำให้มั่นใจได้ว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้อย่างแท้จริง โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ 5E มาใช้ในการออกแบบและดำเนินกิจกรรมตามหลักสูตร เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมกับ

การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์และสอดคล้องกับฐานคิดตามทฤษฎีสมรรถนะที่เน้นให้นักเรียนปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิม และสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก โดยให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมเชิงบูรณาการที่หลากหลาย สอดคล้องกับหัวเรื่องในท้องถิ่น

2.5 สะเต็มศึกษา (STEM Education) ในประเทศไทย

สำหรับการจัดการศึกษาด้วยการบูรณาการรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันในประเทศไทยนั้น ได้รับความสนใจจากหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดการศึกษาหลายหน่วยงาน เช่น ในระดับอุดมศึกษาได้แก่ สถาบันคลังสมองของชาติ ศูนย์นวัตกรรมการเรียนการสอน โดยหน่วยงานเหล่านี้มีโครงการที่จัดให้แก่ผู้บริหาร และผู้สนใจของหน่วยงานการศึกษาในระดับอุดมศึกษาได้เข้าร่วมอบรมความรู้เกี่ยวกับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศ (สถาบันคลังสมองของชาติ. 2556: 1-3) ส่วนในระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาชั้น หน่วยงานที่รับผิดชอบได้แก่ สถาบันวิทยาศาสตร์ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาซึ่งเป็นหนึ่งในหน่วยงานของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยเฉพาะ สสวท. ซึ่งเป็นหน่วยงานสำคัญที่รับผิดชอบดูแลการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของประเทศในทุกระดับการศึกษาโดยเน้นการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นหลัก ซึ่งได้ดำเนินการตามนโยบายของรัฐบาลและกระทรวงศึกษาธิการในการยกระดับคุณภาพการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยในการดำเนินการเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร พัฒนาครูตลอดจนกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งโครงการสำคัญที่ สสวท. ได้ดำเนินการได้แก่ โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) เพื่อเร่งรัดการผลิตกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเป็นการสร้างแกนนำในการพัฒนาประเทศ ซึ่งจะมีผลทำให้มีผู้สนใจด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีโครงการส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) และโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2556. ออนไลน์)

นอกจากโครงการต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว สสวท. ได้ดำเนินการให้ความรู้และส่งเสริมสะเต็มศึกษาโดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การจัดประชุมสัมมนาทางวิชาการโดยเชิญวิทยากรผู้เชี่ยวชาญทางด้าน STEM จากมหาวิทยาลัยของสหรัฐอเมริกาหลายแห่งมาให้ความรู้แก่บุคลากรทางการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมโต๊ะกลมเพื่อสนับสนุนความร่วมมือด้านสะเต็มศึกษาภายใต้กลุ่มภูมิภาคอาเซียน และเอเชีย ที่ศูนย์ประชุมไบเทค บางนา โดยมีตัวแทนกว่า 14 ประเทศเข้าร่วม เพื่อเรียนรู้ประสบการณ์การเรียนการสอนด้วยรูปแบบ STEM และส่งเสริมการวางเครือข่ายความร่วมมือพัฒนาศักยภาพระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ภายใต้

แนวคิดการศึกษาแนวใหม่ที่เน้นการปลูกฝังความคิดสร้างสรรค์ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มขีดความสามารถด้านเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ (Creative economy) (ฐานเศรษฐกิจ. 2556: ออนไลน์)

นอกจากนี้ สสวท. ได้จัดทำร่างแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาศึกษาการเรียนรู้อิทธิวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี พ.ศ. 2555-2559 โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาเด็กไทยให้มีความสามารถระดับนานาชาติภายในปี พ.ศ. 2570 หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ของนักเรียนทุกช่วงชั้นจะต้องเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี ซึ่งจะวัดผลจากการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (โอเน็ต) โดยจะใช้ระบบสะสมเต็มศึกษา ซึ่งการดำเนินการตามยุทธศาสตร์ จะมีการจัดตั้ง 3 หน่วยงาน ได้แก่ หน่วยงานที่ 1 สะเต็มอาคาเดมี่ (STEM academy) ใน 10 จังหวัด เพื่อนำร่องโครงการโดยจะกระจายอยู่ใน 4 ภาคของประเทศ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนของการเลือกจังหวัดที่เหมาะสมในการจัดตั้ง ซึ่ง สสวท. จะร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา (กอศ.) ในการดำเนินการ ส่วนบทบาทหน้าที่ของสะเต็มอาคาเดมี่ จะมีผู้เชี่ยวชาญ และทูตสะเต็ม (STEM ambassador) ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำกับผู้ที่สนใจ อันได้แก่ ครู นักเรียน ผู้มีความสามารถพิเศษหรือประชาชนทั่วไป หน่วยงานที่ 2 คือ ไอสะเต็ม (iStem) เป็นคลังความรู้ที่ประกอบไปด้วยตำราหรืออุปกรณ์ที่น่าสนใจเกี่ยวกับ STEM สำหรับผู้สนใจสามารถเข้าถึงได้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตหรือร้านสะดวกซื้อ หน่วยงานที่ 3 คือ หอเกียรติยศ (Hall of fame) ที่รวบรวมประวัติของผู้มีชื่อเสียงและประสบความสำเร็จด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบสะเต็มและเป็นแรงจูงใจแก่นักเรียนนักศึกษา (ไทยโพสต์. 2556: ออนไลน์; อ้างอิงจาก มนตรี จุฬาววัฒนกุล)

จะเห็นได้ว่าสะเต็มศึกษาในประเทศไทยยังไม่มี ความชัดเจนในเรื่องของความรู้และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยเน้นการส่งเสริมและการพัฒนาในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นส่วนใหญ่ แต่ในอนาคตจากการประชุมโต๊ะกลมร่วมกันในการสนับสนุนการศึกษาทางด้านนี้ของประเทศในภูมิภาคอาเซียนและการวางแผนยุทธศาสตร์ อาจส่งผลให้แนวโน้มของสะเต็มศึกษาได้รับการพัฒนามากขึ้นอย่างต่อเนื่องตามลำดับในอนาคต

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

สำหรับประเทศไทยนั้นสะเต็มศึกษานับเป็นเรื่องใหม่ของวงการด้านการศึกษา ดังนั้นงานวิจัยของนักการศึกษาไทยเกี่ยวกับเรื่องนี้จึงยังไม่ปรากฏเป็นรูปธรรมมากนัก แต่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา เช่น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้มีนโยบายที่จะส่งเสริมการจัดการศึกษาตามรูปแบบนี้ให้แพร่หลายมากขึ้น ซึ่งรายละเอียดของการดำเนินการตามนโยบายดังกล่าวแสดงไว้ในหัวข้อ 2.4 เรื่องสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในประเทศไทย ดังนั้นในหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษานี้ ผู้วิจัยจะขอกกล่าวถึงเฉพาะงานวิจัยจากต่างประเทศ ดังนี้

2.6.1 งานวิจัยต่างประเทศ

ซูโพรสและโคห์เลอร์ (Tsupros; & Kohler. 2009: 2) ได้ศึกษาและจัดทำรายงานสรุปผลการศึกษาผ่านการสนทนากลุ่มและสำรวจความคิดเห็นและความต้องการของนักการศึกษาผ่านทางออนไลน์ในฤดูใบไม้ผลิปี 2008 เกี่ยวกับการจัดการศึกษาแบบ STEM ในเขตตะวันตกเฉียงใต้ของมลรัฐเพนซิลวาเนีย ผลการศึกษาพบว่า การสร้างความตระหนักให้แก่ครูผู้สอนถึงความจำเป็นของการจัดการศึกษาแบบ STEM เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้เกิดแนวทางการปฏิบัติงานไปในทิศทางเดียวกัน โดยครู ผู้บริหารและที่ปรึกษาทางด้าน STEM ยินดีที่จะให้ความช่วยเหลือแก่สถาบันทางการศึกษาในระดับอุดมศึกษาและภาคอุตสาหกรรมในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรม STEM ในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน แต่ปัญหาที่นักศึกษามีความกังวลคือ การจัดกิจกรรมใช้เวลาค่อนข้างมาก ตลอดจนต้องอาศัยความร่วมมือกับเพื่อนร่วมงานในการแก้ปัญหาร่วมกัน (Team-based solution) แต่ครูก็มีความเห็นว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจและท้าทายหากทำกิจกรรม STEM ได้ประสบผลสำเร็จ

ศูนย์คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งมหาวิทยาลัยมิลลิวอดส์ (CeMaST. 2013: online) ได้พัฒนาหลักสูตรบูรณาการรายวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยได้รับทุนสนับสนุนจากมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NSF) ทุนไอเซนฮาวเวอร์ (Eisenhower fund) จากคณะกรรมการการศึกษาแห่งมหาวิทยาลัยมิลลิวอดส์ เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการฝึกปฏิบัติบนฐานของประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับเกรดหกถึงเกรดเก้าตามแนวการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM อย่างน้อย 3 รายวิชา โดยจัดการศึกษาแบบบูรณาการวันละ 120 นาทีตลอด 1 ภาคการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเกรด 6 มีคะแนนการทดสอบรายวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สูงขึ้น นักเรียนเกรด 7 มีคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของสแตนฟอร์ด (Stanford Achievement Test (SAT) สูงกว่ากลุ่มควบคุมและมีทักษะการแก้ปัญหาสูงขึ้น ส่วนนักเรียนเกรด 8 มีผลคะแนนการทดสอบ TIMSS สูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะคะแนนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ส่วนผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับครูพบว่าครูมีการเรียนรู้เนื้อหา วิธีการสอนในการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่างๆ เข้ากับชีวิตประจำวันของผู้เรียน และเรียนรู้การทำงานร่วมกันมากขึ้น

บราวน์ (Brown. 2012: 7-11) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสถานะของการวิจัยด้านสะเต็มศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกาโดยได้ทำการวิจัยเชิงสำรวจจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนบทความวิจัยที่แนะนำโดยนักการศึกษาและนักวิจัยรวมถึงครูผู้สอนในระดับอนุบาลถึงเกรด 12 ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับ STEM เพื่อตอบคำถามวิจัย 3 ข้อ คือ 1) ขอบข่ายของงานวิจัยด้านการจัดการศึกษาด้วยรูปแบบ STEM มีอะไรบ้าง 2) งานวิจัยทางด้าน STEM สามารถพบได้ที่ใดบ้าง และ 3) ใครมีส่วนร่วมในการวิจัยทางด้าน STEM บ้าง โดยได้รวบรวมงานวิจัยจากฐานข้อมูลของบทความวิจัย 8 ฐาน ได้แก่ SI, TTET, STEM, MT, JTE, JEE, JRST และ JRME ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ปี 2007 ถึงวันที่ 1 ตุลาคม ปี 2010 โดยใช้คำว่า “STEM” และ “SMET” ในการค้นหา

พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับ STEM ทั้งสิ้นกว่า 1,100 เรื่องใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า มีงานวิจัยเพียง 60 เรื่องเท่านั้นที่ผู้วิจัยระบุว่าเป็นงานวิจัยด้าน STEM ส่วนบทความที่เหลือถึงแม้ว่าจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทั้ง 4 ด้านของ STEM แต่ผู้เขียนบทความมิได้ระบุงานวิจัยนั้นๆ เป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำบทความทั้ง 60 เรื่องมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการศึกษา ซึ่งเขาได้แบ่งบทความออกเป็น 7 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านกิจกรรมซึ่งเป็นบทความเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในชั้นเรียน 2) ด้านพรรณนา (Descriptive) การอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรม เหตุการณ์หรือวิธีการที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนแต่ไม่ได้ใช้กระบวนการวิจัยอย่างเป็นระบบ 3) บทบรรณาธิการซึ่งเป็นการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับ STEM 4) การแสดงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ STEM ที่มีผู้อื่นได้ทำการวิจัยไว้แล้ว 5) การวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed method) 6) การวิจัยเชิงคุณภาพ และ 7) การวิจัยเชิงปริมาณ พบว่า บทความที่ศึกษาจะเป็นบทความด้านพรรณนามากที่สุด (n=12) รองลงมาคือการแลกเปลี่ยนกิจกรรม การวิจัยแบบผสมผสาน การวิจัยเชิงคุณภาพ (n=11) และการวิจัยเชิงปริมาณ (n=10) ตามลำดับ และพบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ STEM สามารถพบได้ในวารสารการศึกษาด้าน STEM (STEM) ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ST, TTET และ JTE ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในด้านขอบข่ายที่ศึกษา พบว่าบทความส่วนมากจะเน้นไปที่การศึกษาการบูรณาการองค์ประกอบของ STEM (Integrative STEM) มากที่สุด ส่วนหน่วยงานที่ตีพิมพ์งานวิจัยด้าน STEM มากที่สุดคือ Purdue University, Pittsburgh University และ Illinois State University ตามลำดับ ส่วนผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัยจะมีความหลากหลายกล่าวคือ หากเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพจะใช้กลุ่มเป้าหมายที่มีความเฉพาะเจาะจง แต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว พบว่า งานวิจัยส่วนมากจะเน้นการศึกษากับครูและนักเรียนในระดับอนุบาล-เกรด 12

ปูชาและอัทซิก (Pucha; & Utschig. 2012: 24-31) ได้ทำการวิจัยกรณีศึกษาเกี่ยวกับผลการสอนกราฟิกทางวิศวกรรมศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนกับนักศึกษาวิศวกรรมชั้นปีที่ 1 ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งมลรัฐจอร์เจียโดยใช้รูปแบบการสอนแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลางที่หลากหลาย เช่น การใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) กรณีศึกษาเป็นฐาน (Case-based approach) ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีเจตคติต่อรายวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ความสามารถในการออกแบบโดยใช้กราฟิกและมีความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นทีมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เดลูคาและลารี (DeLuca; & Lari. 2013: 45-55) ได้ศึกษาทักษะการคิดแบบอภิปัญญาของนักศึกษาที่เรียนในสภาพแวดล้อมที่มีข้อมูลหลากหลาย (Data-rich environment) ตามโครงการงานวิจัยสีเขียวเพื่อความร่วมมือด้านข้อมูลในชั้นเรียน (GRID project) ซึ่งเป็นโครงการที่พัฒนาขึ้นเพื่อสอนความคิดรวบยอดเกี่ยวกับ STEM โดยใช้การรวบรวมข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนของศูนย์พลังงานแสงอาทิตย์ของมลรัฐนอร์ทแคโรไลนาซึ่งตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยนอร์ทแคโรไลนาสเตท โดยมุ่งส่งเสริมการสอนและการเรียนรู้ในประเด็นทางสังคมในหัวข้อเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียน โดยข้อมูลที่น่าสนใจในการจัดทำหน่วยการเรียนรู้นั้นจะได้อมาจากตัวมอนิเตอร์ที่เก็บข้อมูลของศูนย์พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้การบันทึกข้อมูลในด้านต่างๆ

เช่น อุณหภูมิ ความเร็วและทิศทางลม ค่าความต่างศักย์ ค่าพลังงานเชื้อเพลิงจากไฮโดรเจน ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ฯลฯ จากนั้นจะส่งข้อมูลนี้ไปยังหน่วยเก็บข้อมูลบนฐานข้อมูลออนไลน์ใน เว็บไซต์ www.GRID.net เพื่อให้ครูสามารถเข้าไปสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้โดยใช้หลักการที่ว่านักศึกษาจะต้องเข้าใจข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระบบของ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ ความรู้ด้านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ และกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ การประยุกต์ใช้ความรู้นั้นในการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติเพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาความคิดขั้นสูง และการสะท้อนความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นออกมา ผู้มีส่วนร่วมในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยนอร์ท แครโรไลนาและวิทยาลัยชุมชนพิทท์ จำนวน 147 คนซึ่งมีช่วงอายุและระดับชั้นการศึกษาที่แตกต่างกัน ทำการศึกษาโดยวัดความรู้ก่อนเรียนเกี่ยวกับเรื่องพลังงานหมุนเวียนและทักษะการคิดแบบ อภิปัญญา จากนั้นดำเนินการสอนโดยให้นักศึกษาได้เขียนอนุทินเมื่อจบการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยย่อย เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสอน ครูผู้ร่วมวิจัยจะวัดความรู้หลังเรียนและทักษะการคิดแบบ อภิปัญญาโดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดแบบอภิปัญญา (Metacognition Inventory) ซึ่งเป็นแบบวัด แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 35 ข้อ โดยวัดการคิดใน 6 ลักษณะ คือ ความตระหนักรู้ (Awareness) ความมั่นใจ (Confidence) วิธีการคิด (Cognitive strategy) การวางแผน (Planning) การทำต่อหรือการหลีกเลี่ยงปัญหา (Approach/avoidance) และการตรวจสอบตนเอง (Self-checking) ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษามีการคิดแบบอภิปัญญาในด้านความตระหนักรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกข้อ ยกเว้นข้อที่เกี่ยวกับความตระหนักรู้ถึงความจำเป็นที่ต้องมีการวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติงาน ด้านวิธีการคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกข้อยกเว้นข้อที่เกี่ยวกับการเลือกและจัดระบบข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำงานให้สมบูรณ์ ด้านการตรวจสอบตนเองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกข้อยกเว้นข้อที่เกี่ยวกับการแก้ไขสิ่งที่ผิดพลาด ส่วนด้านความมั่นใจและการวางแผน พบว่านักศึกษามีการคิดในด้านนี้หลังเรียนและก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน

ซาฮิน (Sahin. 2013: 5-11) ได้ทำการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเข้าร่วมชุมนุมที่เกี่ยวข้องกับ STEM (MATHCOUNTS, American Mathematics Competition (AMC), Science Olympiad, University Interscholastic League (UIL) and Science DEMO) และโครงการจัดแสดงนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นหลังเลิกเรียนต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อทางด้าน STEM ของนักเรียนเกรด 4 ถึงเกรด 12 โรงเรียนฮาร์โมนีพับลิก จำนวน 149 คน ผลการศึกษาพบว่า การจัดกิจกรรมชุมนุมที่เกี่ยวข้องกับ STEM และการจัดโครงการจัดแสดงนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนนักเรียนที่เลือกเรียนต่อในระดับอุดมศึกษา (Post secondary) ในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนการสอนหรือกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับ STEM โดยการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีหรือวิศวกรรมศาสตร์อย่างน้อย 2-4 รายวิชาเข้าด้วยกันโดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหากิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีเจตคติที่ดี

ต่อ STEM ส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง เช่น ทักษะการแก้ปัญหา การคิดแบบอภิปัญญา รวมทั้งเรียนรู้การทำงานร่วมกันเป็นทีม แต่อุปสรรคสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ก็คือ จะใช้เวลาค่อนข้างมากในการจัดกิจกรรม ซึ่งการแก้ปัญหาต้องอาศัยความร่วมมือของคณะครูผู้เกี่ยวข้องในการวางแผนหลักสูตรและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีเพื่อการนำแนวคิดของสะเต็มศึกษาไปใช้เกิดประสิทธิผลสูงสุด

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาได้ให้นิยามความหมายของคำว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic achievement) ไว้แตกต่างกันซึ่งสามารถสรุปความหมายของคำนี้ได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นคุณลักษณะและความรู้ความสามารถหรือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากประสบการณ์การเรียนการสอนหรือการฝึกอบรมทั้งจากโรงเรียน บ้านและสิ่งแวดล้อม ทำให้บุคคลเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2529: 29; ไพศาล หวังพานิช. 2533: 209; อารมณ เพชรชื่น. 2527: 46) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเหล่านั้นเป็นผลจากการกระทำซึ่งต้องอาศัยความสามารถเฉพาะบุคคลทั้งความสามารถทางร่างกายและความสามารถทางสติปัญญา (Eysenck; Arnold; & Meili. 1979: 6)

3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แฮทติส (Hu Witt; et al. 2009: 2-10; citing Hatties. 2009) ได้ทำการศึกษาเชิงอภิมาน (Meta-analysis) เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 138 ตัวแปรโดยใช้ขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่ 0.4 เป็นจุดตัดในการคัดเลือกตัวแปรนั้น ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ 3 ด้าน ดังนี้

3.2.1 ปัจจัยด้านครอบครัว ได้แก่ สภาพแวดล้อมภายในบ้าน สถานภาพทางสังคม และเศรษฐกิจ การมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาของผู้ปกครอง การศึกษาของพ่อแม่ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในครอบครัว

3.2.2 ปัจจัยด้านโรงเรียน ในด้านนี้สามารถแบ่งปัจจัยออกได้เป็น 3 ด้าน คือ

3.2.2.1 ด้านกระบวนการในโรงเรียน ได้แก่ ขนาดของโรงเรียนที่ส่งผลต่องบประมาณที่ได้รับ การบริหารงานและภาวะผู้นำของผู้บริหาร การทำงานร่วมกันเป็นทีมของบุคลากรในโรงเรียน

3.2.2.2 ด้านหลักสูตรได้แก่ การพัฒนาหลักสูตรขึ้นมาเพื่อช่วยเหลือเด็กที่มีปัญหาในการเรียนรู้ เช่น เด็กพิการ เด็กที่เรียนอ่อน หรือโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาความสามารถเฉพาะด้านที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน เช่น การเขียน ความคิดสร้างสรรค์ การอ่าน ทักษะทางสังคม

3.2.2.3 ด้านครู ได้แก่ ความสามารถและคุณภาพในการจัดการเรียนการสอนของครู ความสนใจในการเข้าร่วมการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาวิชาชีพ ประสบการณ์การสอน เจตคติที่มีต่อโรงเรียน ความคาดหวังถึงความสำเร็จในวิชาชีพ

3.2.3 ปัจจัยด้านผู้เรียน ได้แก่ ความรู้และประสบการณ์เดิม แรงจูงใจ ความสนใจและเจตคติต่อวิชาที่เรียน ความวิตกกังวล รวมทั้งพฤติกรรมของผู้เรียนในชั้นเรียน

จากปัจจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายทั้งจากครอบครัว โรงเรียนและตัวของผู้เรียนเอง โดยเฉพาะปัจจัยด้านโรงเรียนที่มีครูเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาหลักสูตรหรือนำรูปแบบการสอนที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในการสร้างบรรยากาศเพื่อกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี อันจะส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในด้านอื่นๆ ที่ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ได้ต่อไปในอนาคต

3.3 การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนที่เป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์จากการเรียนการสอน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินความสามารถและระดับพัฒนาการของผู้เรียนทั้งแบบเป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่มเพื่อนำผลที่ได้ไปคัดเลือก จัดระดับชั้น พัฒนา ปรับปรุงการเรียนการสอนหรือจัดสอนซ่อมเสริมหากพบว่าผู้เรียนยังไม่เข้าใจในเรื่องใด นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการประเมินไปใช้ในการแนะแนวผู้เรียนเพื่อวางแผนด้านการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคตได้ (พรพิศ เกื้อนมนเฑียร. 2542: 50 – 51; สุริยัน แสงแก้ว. 2535: 23 – 25; อ้างอิงจาก Chauncey; & Dobbin. 1963: 63 – 67) โดยวิธีการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์นั้นสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งอาจเป็นวิธีที่ไม่ต้องใช้การทดสอบ เช่น ใช้การสังเกต การมอบหมายงาน หรือวิธีที่ต้องใช้การทดสอบ เช่น การใช้เครื่องมือทางจิตวิทยาหรือการใช้แบบทดสอบ ซึ่งครูผู้สอนต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ทั้งสามด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) และด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) โดยรูปแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการวัดความสามารถด้านพุทธิพิสัยหรือความสามารถทางสติปัญญา คือ การใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งอาจเป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองหรือนำแบบทดสอบมาตรฐานมาประเมินผู้เรียนก็ได้ โดย บลูม (Bloom. 1956: 201) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของความรู้จากขั้นที่มีระดับความซับซ้อนของการคิดน้อยที่สุดไปหาขั้นที่มีความซับซ้อนของการคิดมากที่สุดไว้ 6 ขั้น ดังนี้

1. ความรู้ความจำ หมายถึง การระลึกหรือท่องจำความรู้ต่างๆ ที่ได้เรียนมาแล้วโดยตรง ในขั้นนี้รวมถึง การระลึกถึงข้อมูล ข้อเท็จจริงต่างๆ ไปจนถึงกฎเกณฑ์ ทฤษฎีจากตำรา

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการแปลความ ตีความ การขยายความ และสรุปความเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ที่ได้พบเห็นหรือเหตุการณ์ที่ได้รับรู้มา

3. การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ หลักการไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว หลักการออกเป็นส่วนย่อยซึ่งอาจเป็นการวิเคราะห์ความสำคัญ ความสัมพันธ์หรือหลักการดำเนินการ

5. การสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการนำส่วนย่อยๆ มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่ การสังเคราะห์จึงเกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การแก้ปัญหา

6. การประเมินค่า หมายถึง ความสามารถในการตัดสินคุณค่าหรือวินิจฉัยเรื่องราวต่างๆ อย่างมีเหตุผลหรือใช้กฎเกณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับ

สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นสามารถทำได้โดยใช้วิธีการที่หลากหลายขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอนที่จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ และสิ่งที่ต้องการวัด สำหรับการวัดความสามารถทางด้านสติปัญญานั้นนิยมใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยควรวัดให้ครอบคลุมระดับการคิดทั้ง 6 ด้าน โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกโดยวัดความสามารถทางสติปัญญาตามแนวคิดของบลูม (Bloom) ทั้ง 6 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า

3.4 หลักการและขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชาวล แพร์ตกุล (2552: 284) บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์ (2525: 21-30) และพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529: 41-46) ได้เสนอหลักการในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีไว้สรุปได้ดังนี้

1. มีความเที่ยงตรง หมายถึง เครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามจุดประสงค์และเนื้อหาที่ต้องการ

2. มีความเชื่อมั่น หมายถึง เครื่องมือวัดที่สามารถให้ผลการวัดได้คงที่ ไม่ว่าจะนำเครื่องมือนั้นไปสอบวัดกี่ครั้งก็ตาม

3. มีความเป็นปรนัยซึ่งครอบคลุมลักษณะ 3 ประการ ได้แก่ คำถามมีความชัดเจน การตรวจให้คะแนนชัดเจน ทำให้ผู้ตรวจไม่ว่าใครก็ตามตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน การแปลความหมายตรงกัน กล่าวคือคะแนนที่ได้บอกสภาพของผู้สอบตรงกัน

4. มีการถามลึก หมายถึง ไม่ถามเพียงแค่พฤติกรรมขั้นความรู้ความจำ ถามตามตำราหรือที่ครูสอนเท่านั้น แต่ต้องถามพฤติกรรมขั้นสูงกว่า ได้แก่ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า

5. มีความยุติธรรม หมายถึง ข้อคำถามต้องไม่มีช่องทางแนะให้เด็กฉลาดใช้ไหวพริบในการตอบได้ถูก ไม่เปิดโอกาสให้คนเกียจคร้านที่ดูตำราลวกๆ ตอบได้

6. มีลักษณะยั่วเย้าเป็นแบบอย่างในทางที่ดี หมายถึง ข้อสอบต้องประกอบด้วยคำถามที่สร้างแบบอย่างที่ดีแก่ผู้เรียน ไม่ควรถามสิ่งที่เป็นตัวอย่างที่ไม่เหมาะสม

7. มีอำนาจจำแนก หมายถึง ข้อสอบต้องประกอบด้วยคำถามที่สามารถจำแนกผู้สอบออกเป็นประเภท ได้ทุกชั้นทุกระดับอย่างถ่วงถี่ ตั้งแต่อ่อนสุดจนถึงเก่งสุด

8. มีความยาก หมายถึง ข้อสอบจะต้องไม่ยากเกินไป และง่ายเกินไป

9. มีลักษณะเฉพาะเจาะจง หมายถึง ข้อสอบนั้นจะต้องประกอบด้วยคำถามที่มีความชัดเจน ไม่คลุมเครือ จนผู้สอบตีความหมายได้แตกต่างกัน

10. มีประสิทธิภาพ หมายถึง ข้อสอบนั้นจะต้องนำไปใช้ได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ไม่สิ้นเปลืองเวลา เงินและแรงงานและสามารถนำผลการสอบไปใช้ได้อย่างคุ้มค่า

นอกจากนี้ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีก็คือผู้สร้างแบบทดสอบ ซึ่งต้องเป็นบุคคลที่มีความรู้ในเรื่องที่จะทดสอบ รู้จุดมุ่งหมายของการสอบ มีเทคนิคการตั้งคำถามที่ดี มีทักษะในการใช้ภาษา รวมทั้งมีทักษะในการเขียนข้อคำถาม

สำหรับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น นักการศึกษาได้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้ (พิชิต ฤทธิ์เจริญ. 2548: 14-15; Travers. 1950: 14-29)

1. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะเกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จากนั้นลำดับความสำคัญของจุดประสงค์เพื่อนำไปกำหนดจำนวนข้อที่จะนำไปสร้างแบบทดสอบ

2. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Test blueprint) ซึ่งเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหา ตารางนี้ทำให้ผู้สร้างแบบทดสอบมั่นใจได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นสามารถวัดเนื้อหาในหลักสูตรได้สมดุลและสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนด

3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง ซึ่งชนิดของข้อสอบนั้นมีหลายรูปแบบ เช่น แบบถูกผิด แบบจับคู่ แบบเลือกตอบ แบบเติมคำ แบบตอบสั้น หรือแบบความเรียง ทั้งนี้ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจว่าจะใช้รูปแบบใด โดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการและวิธีการเขียนข้อสอบ

4. เขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร

5. ตรวจสอบข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้มีความถูกต้องตามหลักวิชา มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ก่อนที่จะจัดพิมพ์

และนำไปใช้ทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการทดสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ โดยหากพบว่าข้อสอบข้อใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้นแล้วจึงจัดทำแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

ดังนั้น หลักในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีคือ ต้องวัดความสามารถของผู้เรียนได้ตรงตามเนื้อหาและจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ถูกต้องตามหลักวิชาโดยพิจารณาเลือกรูปแบบของข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์และวัยของผู้เรียน โดยแบบทดสอบที่ดีต้องมีความยุติธรรม ข้อคำถามชัดเจน เป็นแบบอย่างที่ดีและมีประสิทธิภาพในด้านความเที่ยงตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดของบลูม (Bloom) และหลักการสร้างแบบทดสอบดังกล่าวมาใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 30 ข้อ

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.5.1 งานวิจัยในประเทศ

ภัทรรัตน์ แสงเดือน (2553: 89-90) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความตระหนักในการรู้จักของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมสากัจฉาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ขุนทอง คล้ายทอง (2554: 104) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 2 ห้องเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น จำนวน 20 คาบ ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและกลุ่มที่เรียนโดยใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นไม่แตกต่างกัน

นภาพรณ์ หวานชม (2554: 57) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นพื้นฐานกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 42 คน ที่ได้มาจากการเลือกอย่างเจาะจง (Purposive

Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นพื้นฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ $t - \text{test for Dependent Samples}$ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สมอง เป็นพื้นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุชาติ แก้วพิกุล (2555: 100-101) ได้พัฒนากิจกรรมคณิตศาสตร์ที่ใช้การจัดการเรียนการสอนอย่างกระตือรือร้นโดยเน้นการเรียนรู้เป็นคู่ร่วมกับการบริหารสมอง เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสุขในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านสน จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 19 คน โดยใช้การวิจัยแบบ One group pretest-posttest design ใช้เวลาในการสอน 20 คาบ ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสุขในการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

สมิท (Smith. 1994: 2528 – A) ได้ศึกษาผลจากวิธีการสอนที่มีต่อเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเกรด 7 โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้รับการสอนแบบบรรยาย กลุ่มที่สองได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และกลุ่มที่สามได้รับการสอนทั้งแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นวิธีการทดสอบภาคสนาม ซึ่งเรียกว่า การประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการปฏิบัติกิจกรรมแบบบูรณาการ (IASA) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนทั้งแบบบรรยายและแบบบรรยายประกอบการให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

ทอมสัน (Thomson. 2001: 58-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับผลของการใช้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นปีที่ 2 จำนวน 16 คนซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้หลักสูตรปกติ ส่วนกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้หลักสูตรฟิสิกส์ขั้นสูงที่พัฒนาขึ้นแล้วทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบและการตอบแบบความเรียง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนตามหลักสูตรปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรฟิสิกส์ขั้นสูง

จากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะเห็นได้ว่าการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนส่วนใหญ่จะมีแนวทางการวิจัยที่คล้ายคลึงกันคือจะนำแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาหลักสูตรมาใช้เป็นตัวแปรในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีสรคานิยม การสอนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้และแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการตามแนวทางสะเต็ม

ศึกษามาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อศึกษาตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้หลักสูตร

4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) เป็นทักษะการคิดขั้นสูง โดยผู้นำความคิดอย่างมีวิจารณญาณมาใช้ในยุคแรกๆ คือ โซกราตีส (Socrates) ซึ่งใช้วิธีการตั้งคำถามพูดคุยกับผู้รู้ในการหาคำตอบในสิ่งที่ตนสงสัยจนเกิดความชัดเจนในประเด็นนั้นๆ ที่เรียกว่าวิธีการของโซกราตีส (Socratic method) คำว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณในภาษาไทยมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป ได้แก่ การคิดวิพากษ์วิจารณ์ การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดวิเคราะห์วิจารณ์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อความสอดคล้องและความเข้าใจที่ตรงกันในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า “การคิดอย่างมีวิจารณญาณ” ซึ่งความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีหลายลักษณะแตกต่างกัน ตามแง่มุมในการพิจารณาของแต่ละบุคคล ซึ่งโบโน (Bono. 1976: 29-32) และยิเกอร์ (Yinger. 1980: 11-13) ได้จำแนกการคิดอย่างมีวิจารณญาณออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. คำนิยามที่มีความหมายกว้าง ได้แก่ การนิยามการคิดอย่างมีวิจารณญาณในลักษณะที่เป็นกิจกรรมทางสมอง ที่เป็นกระบวนการคิดโดยทั่วไป (General thinking process) หรือเป็นการคิดเพื่อแก้ปัญหา ตัวอย่างคำนิยามกลุ่มนี้ได้แก่

ดิวี่ (Fisher. 2001: 2; citing Dewey. 1909: 9) เสนอว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดอย่างใคร่ครวญ ไตร่ตรอง (Reflective thought) ด้วยตนเองเกี่ยวกับความเชื่อหรือความรู้โดยใช้เหตุผลต่างๆ มาประกอบเพื่อหาข้อสรุปในแนวทางที่ควรจะเป็น

วัตสันและเกลเซอร์ (Fisher. 2001: 3; citing Watson; & Glaser. 1964: 10) เสนอว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบคือเจตคติในการคิดพิจารณาสิ่งต่างๆ อย่างรอบคอบ ความรู้เกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบหาเหตุผลมาประกอบและทักษะในการประยุกต์ใช้วิธีการและเจตคติเหล่านั้น

2. คำนิยามในความหมายที่แคบ ได้แก่ คำนิยามการคิดอย่างมีวิจารณญาณในลักษณะที่เป็นตรรกศาสตร์ หรือการใช้เหตุผลโดยการประเมินผลของความคิด ได้แก่คำนิยามต่อไปนี้

กู๊ด (Good. 1973: 680) ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าเป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิงเพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมดและใช้กระบวนการต่างๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล

พอล (Pual. 1990: 33) ได้เสนอว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นศิลปะของการคิดอย่างมีเหตุผลด้วยตนเองเพื่อให้การคิดมีความชัดเจนและมีความแม่นยำมากขึ้น และเป็นที่ยืนยันว่าเรารู้หรือไม่รู้อะไร

เอ็นนิส (Ennis. 1985: 45) ที่ให้นิยามไว้ว่าเป็นการคิดอย่างรอบคอบ มีเหตุมีผลเกี่ยวกับประเด็นหรือปัญหาต่างๆ เพื่อตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อหรือสิ่งใดควรทำซึ่งสอดคล้องกับ สุวิทย์ มูลคำ (2547: 9) ที่กล่าวว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณหมายถึง การคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผลที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อ หรือสิ่งใดควรทำ ช่วยตัดสินใจสภาพการณ์ได้ถูกต้อง

จากคำนิยามดังกล่าว สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดหรือกระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เพื่อประเมินข้อมูล เหตุการณ์หรือประเด็นปัญหา โดยใช้ความรู้ความคิด และประสบการณ์ของตนเองในการหาหลักฐานและเหตุผลที่เพียงพอ มีความสอดคล้องและน่าเชื่อถือ เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

4.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความสามารถทางสมองอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน สามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นกับบุคคลได้ ซึ่งมีผู้เสนอแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้ คือ

1. ทฤษฎีโครงสร้างทางเชาว์ปัญญาของกิลฟอร์ด (The structure of intelligence) (Guilford. 1967: 40-43) นักจิตวิทยาในกลุ่มจิตมิติเชื่อว่าความสามารถทางสมองนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ในลักษณะของการปฏิบัติงานตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ในลักษณะของความสามารถด้านต่างๆ ที่เรียกว่า องค์ประกอบและสามารถประเมินความสามารถนี้ได้ด้วยแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ซึ่งทฤษฎีของกิลฟอร์ด อธิบายว่าความสามารถทางสมองของมนุษย์นั้นประกอบด้วยสามมิติ คือ มิติด้านเนื้อหา (Contents) มิติด้านวิธีการ (Operation) และมิติด้านผลผลิต (Products) และได้อธิบายรูปแบบของการคิดแก้ปัญหาโดยทั่วๆ ไปว่า เป็นกระบวนการของความสามารถทางสมองด้านการจำ (Memory) การรับรู้และความเข้าใจ (Cognition) การคิดแบบอบเนกนัย (Divergent thinking) การคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) และการประเมินค่า (Evaluation) โดยความสามารถทั้ง 5 ด้านนี้จะทำงานร่วมกัน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการผสมผสานกันระหว่างองค์ประกอบที่เป็นมิติตามแนวคิดของกิลฟอร์ดที่อธิบายว่า เมื่อบุคคลพบปัญหาจากสิ่งแวดล้อมบุคคลจะทำความรู้จักกับสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของปัญหาและสภาพที่ก่อให้เกิดปัญหาโดยการแปลงรูปให้เข้ากับความรู้ที่มีอยู่ในส่วนของความจำซึ่งบางครั้งอาจมีการแก้ไขข้อมูลก่อนจากนั้นจะประเมินกลั่นกรองเพื่อแยกประเภทข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นอาจจะใช้การคิดทั้งแบบเอกนัยและอบเนกนัยสลับกันตามลักษณะของปัญหาว่าต้องการคำตอบแบบใด ดังที่กิลฟอร์ดได้ทำการวิเคราะห์

องค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบที่มีความสำคัญสำหรับการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นแบ่งได้ 3 องค์ประกอบคือ 1) ด้านพุทธิปัญญา 2) ด้านแก้ปัญหา แบ่งเป็นการคิดแบบเอกนัยและแบบอเนกนัย และ 3) ด้านการประเมินค่า

2. ทฤษฎีเชาวันปัญญตามแนวคิดด้านการประมวลข่าวสาร (Information processing theory) (Sternberg; & Baron. 1985: 43-128) ได้เสนอทฤษฎีเชาวันปัญญสามเกลียวว่าส่วนประกอบของเชาวันปัญญามี 3 ส่วน สามารถอธิบายเป็นทฤษฎีย่อย 3 ทฤษฎี ได้แก่

2.1 ทฤษฎีย่อยของความสอดคล้องกับบริบทสังคมอธิบายถึงความสามารถทางเชาวันปัญญที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมการเลือกสิ่งแวดล้อมที่อำนวยความสะดวกสูงสุดมากกว่าที่ทำ ตามความเคยชิน และการดัดแปลงสิ่งแวดล้อมในขณะนั้นให้เหมาะสมกับทักษะความสนใจและค่านิยม

2.2 ทฤษฎีย่อยประสบการณ์ อธิบายว่า งานหรือสภาพการณ์จะเป็นสิ่งกำหนดให้คนแสดงความสามารถทางเชาวันปัญญออกมาได้ดีที่สุด โดยงานหรือสภาพการณ์จะต้องมีลักษณะค่อนข้างแปลกใหม่

2.3 ทฤษฎีย่อยกระบวนการคิด อธิบายถึงโครงสร้างและกลไกที่อยู่เบื้องหลังพฤติกรรมทางปัญญาระบวนการคิดแยกเป็น ส่วนที่เป็นตัวควบคุม ซึ่งควบคุมการประมวลความรู้ และช่วยในการดำเนินการคิดและประเมินผลที่ได้จากการคิดของบุคคลส่วนของการปฏิบัติงานดำเนินงานไปตามแผนที่ได้วางไว้ และส่วนที่ทำให้ได้ความรู้ เป็นส่วนที่เลือกความรู้จำได้ ประมวลความรู้ใหม่ แล้วเปรียบเทียบกับความรู้เดิมเพื่อรับความรู้ใหม่เข้ามาไว้ในระบบความจำ

จากทฤษฎีย่อยทั้งสามทฤษฎีนี้ เป็นการอธิบายกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการเลือกและดัดแปลงสิ่งแวดล้อมของบุคคล สเตอร์นเบอร์กเชื่อว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดที่อยู่ในส่วนที่เป็นตัวควบคุมกระบวนการประมวลความรู้และช่วยให้บุคคลดำเนินการคิดและประเมินผลที่ได้จากการคิด

4.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จากความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมาจะพบว่ามีารเริ่มต้นจากประเด็นปัญหาหรือข้อโต้แย้งและสิ้นสุดที่ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล ซึ่งต้องผ่านกระบวนการคิดหลายขั้นตอน ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอขั้นตอนและกระบวนการคิดไว้ ดังนี้

เดรสเซลและเมย์ฮิว (Dressel; & Mayhew. 1957: 179-181) ได้กล่าวถึงความสามารถด้านต่าง ๆ 5 ด้านที่ถือว่าเป็นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา

1.1 การตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา ได้แก่ การรู้ถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในสภาพการณ์ การรู้ถึงความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์ การระบุ

จุดเชื่อมต่อที่ขาดหายไปของชุดของเหตุการณ์ หรือความคิดและการรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบ

1.2 การนิยามปัญหา ได้แก่ การระบุถึงธรรมชาติของปัญหา ความเข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา นิยามองค์ประกอบของปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยากและเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม จำแนกแยกแยะองค์ประกอบของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็น ส่วนประกอบที่สามารถจัดกระทำได้ ระบุงค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา จัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอน

2. ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา คือ การตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา การจำแนกแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้กับ แหล่งข้อมูลที่เชื่อถือไม่ได้ การระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับหรือไม่ การเลือกตัวอย่างข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้ ตลอดจนการจัดระบบระเบียบของข้อมูล

3. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ประกอบด้วย การระบุข้อตกลงที่ผู้อ้างเหตุผลไม่ได้กล่าวไว้ การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่คัดค้านการอ้างเหตุผล และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวกับการอ้าง

4. ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐาน ประกอบด้วย การค้นหา การชี้แนะต่อคำตอบปัญหา การกำหนดสมมติฐานต่าง ๆ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบและเป็นข้อมูลที่จำเป็น

5. ความสามารถในการสรุปอย่างสมเหตุสมผล และการตัดสินใจสมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผล

5.1 การสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้น สมมติฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างค่ากับประพจน์ การระบุเงื่อนไขที่จำเป็นและเงื่อนไขที่เพียงพอ การระบุความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และการระบุและกำหนดข้อสรุป

5.2 การพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป ได้แก่ การจำแนกการสรุปที่สมเหตุสมผลจากการสรุปที่อาศัยค่านิยม ความพึงพอใจ และความลำเอียง การจำแนกระหว่างการคิดหาเหตุผลที่มีข้อสรุปได้แน่นอนกับการคิดหาเหตุผลที่ไม่สามารถหาข้อสรุปที่เป็นข้อยุติได้

5.3 การประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้ ได้แก่ การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการพิสูจน์ข้อสรุป การรู้ถึงเงื่อนไขที่ทำให้ข้อสรุปไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และการตัดสินใจเพียงพอของข้อสรุปในลักษณะที่เป็นคำตอบของปัญหา

นีดเลอร์ (Woolfolk. 1987: 312; citing Kneedler. 1985: 227) ได้กำหนดความสามารถในกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. การนิยามและทำความเข้าใจของปัญหา ซึ่งจำแนกเป็นความสามารถย่อยๆ ได้แก่

1.1 การระบุเรื่องราวที่สำคัญหรือการระบุปัญหา เป็นความสามารถในการระบุ ความสำคัญของเรื่องที่อ่าน การอ้างเหตุผล ภาพล้อทางการเมือง การใช้เหตุผลต่างๆ และข้อสรุปใน การอ้างเหตุผล

1.2 การเปรียบเทียบความคล้ายคลึง และความแตกต่างระหว่างคน วัตถุ สิ่งของ ความคิดหรือผลลัพธ์ตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไป

1.3 การกำหนดว่าข้อมูลใดมีความเกี่ยวข้อง เป็นความสามารถในการจำแนก ระหว่างข้อมูลที่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้กับข้อมูลที่ไม่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้ รวมทั้ง การจำแนกระหว่างข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องราว

1.4 การกำหนดคำถามที่เหมาะสม เป็นความสามารถในการกำหนดคำถาม ซึ่งจะ นำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและชัดเจนเกี่ยวกับเรื่องราว

2. การพิจารณาตัดสินข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับปัญหา จำแนกเป็นความสามารถ ย่อยๆ ได้แก่

2.1 การจำแนกหลักฐาน เป็นลักษณะข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ซึ่งพิจารณาตัดสิน โดยใช้เหตุผล เป็นความสามารถในการประยุกต์เกณฑ์ต่างๆ เพื่อการพิจารณาตัดสินลักษณะ คุณภาพของการสังเกตและการคิดหาเหตุผล

2.2 การตรวจสอบความสอดคล้อง เป็นความสามารถในการตัดสินว่าข้อความหรือ สัญลักษณ์ที่กำหนดมีความสอดคล้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และมีความสอดคล้องกับบริบททั้งหมด หรือไม่

2.3 การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่ได้กล่าวอ้าง เป็นความสามารถในการระบุ ว่า ข้อตกลงเบื้องต้นในที่ไม่ได้กล่าวไว้ใน การอ้างเหตุผล

2.4 การระบุภาพพจน์ ในการอ้างเหตุผลเป็นความสามารถของการระบุความ คิดเห็นที่บุคคลยึดติด หรือความคิดตามประเพณีนิยม

2.5 การระบุความมีอคติปัจจัยทางอารมณ์และการโฆษณา เป็นความสามารถใน การระบุความมีอคติในการอ้างเหตุผลและการตัดสินความเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล

2.6 การระบุความแตกต่างระหว่างระบบค่านิยมและอุดมการณ์ เป็นความสามารถ ในการระบุความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างระบบค่านิยมและอุดมการณ์

3. การแก้ปัญหาหรือการลงสรุป จำแนกเป็น 2 ความสามารถย่อย ได้แก่

3.1 การระบุความเพียงพอของข้อมูล เป็นความสามารถในการตัดสินใจว่าข้อมูล ที่มีอยู่เพียงพอทั้งด้านปริมาณและคุณภาพต่อการนำไปสู่ข้อสรุป การตัดสินใจ หรือการกำหนด สมมติฐานที่เป็นไปได้หรือไม่

3.2 การพยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้ เป็นความสามารถในการทำนาย ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้ของเหตุการณ์ หรือชุดของเหตุการณ์ต่างๆ

ดีคาโรลี (Decaroli. 1973: 67-69) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมี
 วิจารณ์ญาณ ดังนี้

1. การนิยาม เป็นการกำหนดปัญหาทำความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำ
 และข้อความและการกำหนดเกณฑ์
2. การแสวงหาสมมติฐาน การคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล การหาทางเลือก
 และการพยากรณ์
3. การประมวลผลข่าวสาร เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
 หาหลักฐานและจัดระบบข้อมูล
4. การตีความข้อเท็จจริงและการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน การระบุอคติ
5. การใช้เหตุผล โดยระบุความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์
6. การประเมินผล โดยอาศัยเกณฑ์ กำหนดความสมเหตุสมผล
7. การประยุกต์ เป็นการทดสอบข้อสรุป การสรุปอ้างอิง การนำไปปฏิบัติ

เอ็นนิส (Ennis. 1985: 45-48) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณไว้
 ดังนี้

1. ทักษะการนิยาม ได้แก่ การระบุจุดสำคัญของประเด็นปัญหา ข้อสรุป ระบุ
 เหตุผล ทั้งที่ปรากฏและไม่ปรากฏ การตั้งคำถามที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ การระบุเงื่อนไข
 และข้อตกลงเบื้องต้น
2. ทักษะการตัดสินข้อมูล ได้แก่ การตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล
 การตัดสินความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา การพิจารณาความสอดคล้อง
3. ทักษะการสรุปอ้างอิงในการแก้ปัญหาและการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล ได้แก่
 การอ้างอิงและการสรุปแบบอุปนัย การนิรนัยโดยมีความตรง การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาอย่าง
 น่าเชื่อถือ

ควอลล์มอลซ์ (Quellmalz. 1985: 29-34) ได้สรุปความคล้ายคลึงกันของทักษะการคิด
 อย่างมีวิจารณ์ญาณระหว่างทฤษฎีของนักจิตวิทยากับทฤษฎีของนักปรัชญาใน 4 ขั้นตอนย่อยของ
 กระบวนการคิด ดังนี้

1. ขั้นการนิยามปัญหา ตามทฤษฎีของนักจิตวิทยาเป็นการค้นหาคำประกอบที่
 สำคัญของปัญหากับขั้นการทำความเข้าใจตามทฤษฎีของนักปรัชญา ซึ่งประกอบด้วย การกำหนด
 คำถามวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหาและการนิยามคำถาม
2. ขั้นการระบุข้อมูล เนื้อหาและกระบวนการที่จำเป็นในการแก้ปัญหา ตามทฤษฎี
 ของนักจิตวิทยา ตรงกับขั้นการตัดสินความเชื่อถือได้ของข้อมูลที่นำมาสนับสนุน แหล่งข้อมูล
 ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ตามทฤษฎีของนักปรัชญา
3. ขั้นการนำข้อมูลมาประกอบใช้เพื่อการแก้ปัญหาตามทฤษฎีทางจิตวิทยาตรง
 กับขั้นการคิดหาเหตุผลตามทฤษฎีของนักปรัชญา ซึ่งประกอบด้วยการคิดหาเหตุผลเชิงอนุมานและ
 การคิดหาเหตุผลเชิงอุปมาน

4. ขั้นตอนการประเมินผลสำเร็จของคำตอบตามทฤษฎีของนักจิตวิทยา ตรงกับขั้นตอนการใช้เกณฑ์ในการตัดสินความเพียงพอของคำตอบตามทฤษฎีของนักปรัชญา

จากการวิเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีของนักจิตวิทยา ผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยกระบวนการคิดหลายขั้นตอน ซึ่งนักการศึกษาแต่ละท่านได้เสนอแนวคิดไว้สอดคล้องกัน ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าวแล้วสังเคราะห์เป็นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถที่แสดงถึงกระบวนการคิดในแต่ละขั้น แสดงได้ดังตาราง 2



ตาราง 2 สรุปการสังเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กระบวนการ การคิด	เดรสเชล และเมย์ ฮิว (1957)	นิตเลอร์ (1985)	ดีคาโรลี (1973)	เอ็นนิส (1985)	เควลล์ มอลซ์ (1985)	ความถี่	กระบวนการ การคิดจาก การสังเคราะห์ ของผู้วิจัย	ความสามารถ
1. นิยามปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	5	1. นิยามปัญหา	1.1 ระบุปัญหา 1.2 นิยาม แยกแยะ จัดลำดับองค์ประกอบ ของปัญหา
2. พิจารณา ตัดสิน ข้อมูล	✓	✓	✓	✓	✓	5	2. พิจารณาตัดสิน ข้อมูล	พิจารณาความน่าเชื่อถือ ความเพียงพอ ความสอดคล้องของข้อมูลกับปัญหา จำแนก ความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงกับ ข้อคิดเห็น ระบุข้อตกลงเบื้องต้นได้
3. ระบุข้อตกลง เบื้องต้น	✓					1	3. ตั้งสมมติฐาน	3.1 กำหนดสมมติฐานจากข้อมูลและข้อตกลง เบื้องต้น
4. ตั้งสมมติฐาน	✓		✓			2		3.2 เลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้
5. นำข้อมูลมา แก้ปัญหา					✓	1	4. สรุปและประเมิน ข้อสรุปอย่าง สมเหตุสมผล	สรุปปัญหาอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐาน และข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยใช้วิธีการแบบอุปนัยและนิรนัย
6. สรุปอย่าง สมเหตุสมผล	✓	✓	✓	✓		4		
7. ประเมินผล			✓		✓	2		

จากตาราง 2 สรุปได้ว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณควรประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ การนิยามปัญหา การพิจารณาตัดสินข้อมูล การตั้งสมมติฐานและการสรุปและประเมินข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรตามแนวทางการสะเต็มศึกษา เรื่องอ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การนิยามปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุปัญหา นิยามความหมายของคำหรือข้อความที่เป็นองค์ประกอบของปัญหาที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้

2. การพิจารณาตัดสินข้อมูล หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการพิจารณาตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อมูล แหล่งข้อมูล ความสอดคล้องและความเพียงพอของข้อมูล จำแนกข้อมูลออกเป็นข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น และสามารถระบุข้อตกลงเบื้องต้น จากข้อมูลที่กำหนดให้ได้

3. การตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการกำหนดแนวทางหรือพยากรณ์คำตอบ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น รวมทั้งเลือกสมมติฐานที่เหมาะสมโดยพิจารณาถึงความเป็นเหตุเป็นผลของปัญหาและผลที่จะเกิดขึ้น

4. การสรุปและประเมินข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสรุปอ้างอิงแบบนิรนัย อุปนัย จากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างสมเหตุสมผล พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบข้อสรุป

4.4 การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวัดความสามารถในการคิด มีเทคนิคการวัดที่สามารถเลือกใช้ได้หลายวิธี เช่น การวัดโดยใช้แบบทดสอบ (Test) การสังเกตพฤติกรรมโดยตรง (Direct observation) การสัมภาษณ์รายบุคคล (Individual interview) การบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล (Comprehensive personal record) ตลอดจนการตรวจผลงานจากแฟ้มสะสมงานหรือแฟ้มพัฒนางาน (Portfolio) การวัดความสามารถในการคิดโดยใช้แบบทดสอบสามารถจำแนกได้เป็นสองประเภท ได้แก่ แบบทดสอบข้อเขียน (Paper-pencil test) และแบบทดสอบภาคปฏิบัติ (Performance test) แบบทดสอบข้อเขียนนั้นนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้ง่ายและสะดวกสำหรับผู้สอบทั้งกลุ่มเล็กและกลุ่มใหญ่ ในการพัฒนาแบบสอบข้อเขียนเพื่อวัดความสามารถในการคิด ผู้พัฒนาสามารถใช้รูปแบบการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัย (Objective test) หรือแบบทดสอบแบบอัตนัย (Subjective test) สำหรับแบบทดสอบแบบปรนัยเป็นแบบทดสอบที่ใช้เวลาในการสร้างมากแต่ตรวจง่าย และนิยมพัฒนาเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน รูปแบบการตอบที่นิยมใช้กัน เช่น แบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple-choice tests) ส่วนแบบทดสอบประเภทอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างง่ายแต่การตรวจใช้เวลาค่อนข้างมาก การพัฒนาเป็นแบบทดสอบมาตรฐานจึงทำได้ยาก รูปแบบการตอบที่นิยมใช้

กัน เช่น การตอบสั้น (Short answer) การเขียนตอบตามกรอบที่กำหนด (Restricted essay tests) การเขียนตอบอย่างเป็นอิสระ (Extended essay tests) (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 180-186)

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่เป็นแบบทดสอบมาตรฐานมีหลายฉบับ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอเพียงบางฉบับ ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของวัตสันและเกลเซอร์ (Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal) เป็นแบบทดสอบสำหรับนักเรียนระดับเกรด 9 ถึงวัยผู้ใหญ่ แบบทดสอบมี 2 แบบซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนานกันคือ แบบ Ym และแบบ Zm แต่ละแบบประกอบด้วยแบบทดสอบย่อยมีข้อสอบรวม 80 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 50 นาที แบบทดสอบแต่ละฉบับวัดความสามารถในการคิดด้านต่างๆ 5 ด้าน ดังนี้

1.1 ความสามารถในการอ้างอิงหรือสรุปความ (Inferences) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกระดับความน่าจะเป็นของข้อมูลหรือการสรุปข้อมูลต่างๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้

1.2 ความสามารถในการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumption) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น

1.3 ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างแน่นอนและข้อความใดไม่เป็นผลต่อความสัมพันธ์นั้น

1.4 ความสามารถในการตีความ (Interpretation) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกว่าข้อสรุปใดเป็นหรือไม่เป็นความจริงตามที่สรุปได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

1.5 ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกว่าข้อความใดเป็นการอ้างเหตุผลที่หนักแน่น

2. แบบวัดความคิดอย่างมีวิจารณญาณของคอร์เนล ระดับ X และ Z (Cornell Critical Thinking Test, Level X and Z) ซึ่งพัฒนาโดยเอ็นนิส (Ennis) และมิลล์แมน (Millman) โดยทั้งสองท่านได้ร่วมกันสร้างแบบทดสอบวัดความคิดวิจาร์ณญาณขึ้นมา 2 ฉบับ เพื่อวัดกลุ่มบุคคลในระดับต่างกัน ดังนี้

2.1 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณคอร์เนล ระดับ X (Cornell critical thinking test level X) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดกับนักเรียนตั้งแต่เกรด 4 จนถึงเกรด 12 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 71 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที ซึ่งแบบทดสอบฉบับนี้ จะวัดความสามารถใน 4 ด้าน คือการอุปนัย การนิรนัย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

2.2 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณคอร์เนลระดับ Z (Cornell critical thinking test level Z) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดกับเด็กระดับมัธยมศึกษาที่มีปัญญาเลิศและกลุ่มนักศึกษาระดับวิทยาลัยจนถึงวัยผู้ใหญ่ เป็นแบบปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 52 ข้อ ใช้เวลาทำ

แบบทดสอบ 50 นาทีซึ่งแบบทดสอบฉบับนี้จะวัดความสามารถ 7 ด้าน คือการอุปนัย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การพยากรณ์และการวางแผนการทดลอง การอ้างอิงเหตุผลผิดพลาด การนิรนัย การให้คำนิยาม และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

3. แนวคิดของทิสนา แชมมณี (2544: 169 - 170) ได้พิจารณารูปแบบและแนวทางของการวัดความสามารถในการคิดทั้งในอดีตและปัจจุบัน สามารถจำแนกประเภทของ การวัดออกเป็น 2 แนวทางสำคัญ ดังนี้

3.1 แนวทางของนักวัดกลุ่มจิตมิติ (Psychometric) แนวทางการวัดกลุ่มจิตมิตินี้เป็นของกลุ่มนักวัดทางการศึกษา และจิตวิทยาที่พยายามศึกษาและวัดคุณลักษณะภายในของมนุษย์มาเป็นเวลาเกือบศตวรรษ เริ่มจากการศึกษาและวัดเชาวน์ปัญญา (Intelligence) ศึกษาโครงสร้างทางสมองของมนุษย์ด้วยความเชื่อว่ามีลักษณะเป็นองค์ประกอบและมีระดับความสามารถที่แตกต่างกันในแต่ละคน ซึ่งสามารถวัดได้โดยการใช้แบบทดสอบมาตรฐาน ต่อมาได้ขยายแนวคิดของการวัดความสามารถทางสมองสู่การวัดผลสัมฤทธิ์ วัดบุคลิกภาพ ความถนัดและความสามารถในการด้านต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการคิด

3.2 แนวทางของการวัดจากการปฏิบัติ (Authentic performance measurement) แนวทางนี้เป็นทางเลือกใหม่ที่เสนอโดยนักวัดการเรียนรู้ในบริบทที่เป็นธรรมชาติโดยการเน้นการวัดจากการปฏิบัติในชีวิตจริงหรือคล้ายจริงที่มีคุณค่าต่อผู้ปฏิบัติและการประเมินตนเอง เทคนิคการวัดใช้การสังเกตสภาพงานที่ปฏิบัติ จากการเขียนเรียงความ การแก้ปัญหาในสถานการณ์เหมือนโลกแห่งความเป็นจริงและการรวบรวมงานในแฟ้มสะสมผลงานหรือแฟ้มพัฒนางาน (Portfolio)

จะเห็นได้ว่าการวัดความคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถทำได้หลายรูปแบบทั้งการใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเอง แบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานหรือวัดจากการให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติโดยตรวจสอบจากแฟ้มสะสมผลงาน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบเพื่อวัดความคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดความคิดอย่างมีวิจารณญาณของอรพิน พัฒนผล (2551: 98-109) และ มลิวัลย์ สมศักดิ์ (2540:149-163) ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบสถานการณ์แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

4.5 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นสิ่งสำคัญที่บุคคลใช้ในการเผชิญหน้ากับปัญหาและสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันซึ่งควรตระหนักถึงความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เป้าหมายสำคัญของการพัฒนาให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณคือการฝึกนักเรียนให้มีความสามารถในการใช้เหตุผล คิดอย่างไตร่ตรอง และรอบคอบโดยใช้ข้อมูลหรือสถานการณ์ที่มีอยู่อย่างเหมาะสม (พันธ์ ทองชุมนุษย์. 2545: 182) ซึ่งแนวการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีอยู่มากมาย อย่างไรก็ตามแนวทางที่มีการกล่าวถึงกันมากคือ แนวทางที่เกิดจากการประชุม Invitation Conference ของนักการศึกษาทั่วโลกจำนวน 60 คนที่ศูนย์การประชุมวิสเปร์ดิในเมืองราซิน มลรัฐ

วิสคอนซิน (The Wingspread Conference Center in Racine of Wisconsin) ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อเดือนพฤษภาคม ปี ค.ศ.1984 (Brandt. 1984: 3) เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาทักษะการคิดวิจารณ์ของนักเรียนโดยพบว่าแนวทางที่นักการศึกษากลุ่มนี้เห็นสอดคล้องกันคือการจัดการเรียนการสอนใน 3 แนวทางดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้สำหรับการคิด (Teaching for thinking) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นในด้านเนื้อหาวิชา เพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แนวนี้จะเป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจในสิ่งที่เรียน สามารถขยายแนวความคิดของตนเองได้

2. การจัดการเรียนรู้การคิด (Teaching of thinking) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองที่นำมาใช้ในการคิดโดยเฉพาะ เป็นการปลูกฝังทักษะการคิดโดยตรง ลักษณะของสิ่งที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาการที่โรงเรียน แนวการจัดการเรียนรู้จะแตกต่างกันไปตามทฤษฎีและความเชื่อพื้นฐานของแต่ละคนที่นำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมการจัดการเรียนรู้

3. การจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการคิด (Teaching about thinking) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้ทักษะการคิดเป็นเนื้อหาสาระของการจัดการเรียนรู้ โดยการช่วยเหลือให้นักเรียนได้รู้เข้าใจ กระบวนการคิดของตนเองเพื่อให้เกิดทักษะการคิดที่เรียกว่าอภิปญญา (Metacognition) คือรู้ว่าตนเองรู้อะไร มีความต้องการอะไร ตลอดจนสามารถควบคุมตรวจสอบการคิดของตนเองได้

ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างมีประสิทธิภาพนั้น นักการศึกษาได้เสนอวิธีการหรือเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งสามารถสรุปแนวคิดดังกล่าวได้ ดังนี้ (Nobori. 2011: online; Walker. 2003: 265)

1. การตั้งคำถาม (Questioning) เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกัน โดยคำถามที่ดีจะต้องอยู่ในระดับที่สูงกว่าระดับความรู้ ความจำ เพื่อกระตุ้นการคิดในระดับสูง เช่น การฝึกให้นักเรียนประเมินสถานการณ์ หรือสังเคราะห์ข้อเท็จจริงและความคิดรวบยอดจากเรื่องราวที่อ่าน คำถามที่ใช้อาจมีลักษณะคลุมเครือเพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้นิยามความหมายของคำเหล่านั้น แล้วหาหลักฐานประกอบก่อนลงข้อสรุป วิธีการหนึ่งที่น่าจะนำมาใช้ในการสอนคือ วิธีการของโสกราตีส (Socratic method) ที่เน้นการสร้างความกระจ่าง (Clarification) เช่น คำตอบของนักเรียนคนหนึ่งอาจนำไปตั้งเป็นคำถามให้เพื่อนช่วยสรุป โดยมีจุดประสงค์ให้ผู้เรียนหาความชัดเจนให้มากที่สุด โดยไม่เน้นคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ซึ่งเมื่อครูถามคำถามไปแล้ว ควรให้เวลานักเรียนคิดโดยไม่เร่งรัดคำตอบจนเกินไป นอกจากนี้ครูอาจกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ระดมความคิดเพื่อตั้งคำถามจากสถานการณ์หรือเรื่องที่อ่านหรือฟังแล้วเลือกคำถามที่น่าสนใจมาใช้เป็นประเด็นในการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน (Adsit. 2007: online)

2. การอภิปรายโต้แย้ง (Classroom discussion and debate) วิธีการนี้เป็นการให้นักเรียนหาเหตุผลประกอบแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องหนึ่งๆ ที่มีความขัดแย้งกัน ซึ่งเบิร์นสไตน์ (Walker.

2003: 265; citing Bernstein. 1985) ได้เสนอรูปแบบที่เรียกว่า รูปแบบการต่อรอง (Negotiation model) หรือวิธีการสร้างตารางวิเคราะห์ผลดี ผลเสีย (Pro and con grids) โดยกำหนดสถานการณ์ที่เป็นข้อโต้แย้งที่ตรงข้ามกันเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความเครียด แล้วพยายามหาหลักฐานมาประกอบให้เห็นถึงผลดี ผลเสียของแต่ละด้านเพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีที่สุดบนพื้นฐานของหลักฐานที่มีอยู่ วิธีการนี้ช่วยฝึกให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ อภิปรายและโต้แย้งโดยใช้หลักแห่งเหตุและผล โดยสถานการณ์ที่ขัดแย้งนั้นอาจได้มาจากข่าวหรือบทความในหนังสือพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอน การฝึกด้วยวิธีเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ว่าแต่ละคนอาจมีการรับรู้เนื้อหาในบทความเดียวกันแตกต่างกัน ดังนั้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินข้อโต้แย้งเหล่านี้ได้

3. การมอบหมายงานเขียน (Written assignments) งานเขียนที่ครูมอบหมายทั้งในและนอกชั้นเรียนนั้น ช่วยขยายกระบวนการคิดของผู้เรียนได้ โดยงานเขียนที่เหมาะสมควรเป็นงานเขียนสั้นๆ ที่เน้นกระบวนการคิด เช่น การแต่งกลอน โดยครูกำหนดประเด็นที่ต้องการให้มีอยู่ในบทกลอนเพื่อเป็นเกณฑ์ในการประเมินแนวคิดของผู้เรียน

จะเห็นได้ว่า บรรยากาศในห้องเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่ครูต้องสร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น แม้ว่าจะมีความคิดเห็นแตกต่างจากผู้อื่น ผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน โดยให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นสนับสนุนให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของคำตอบที่ได้มากกว่าการบอกว่าผิดหรือถูกแต่เพียงอย่างเดียว จัดการเรียนรู้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณควบคู่ไปกับวิชาที่สอน โดยกำหนดจุดประสงค์ให้ชัดเจน นอกจากนี้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกหัดในการตัดสินใจว่า ควรเชื่อหรือไม่เชื่อเรื่องราวในชีวิตประจำวัน เช่น การโฆษณาสินค้าในโทรทัศน์หรือหนังสือพิมพ์ (สรวงศ์ โคว์ตระกูล. 2541: 328)

จากการศึกษางานวิจัยสรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิจารณญาณนั้นสามารถกระทำได้ใน 2 รูปแบบ คือจัดการเรียนรู้เพื่อฝึกกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยตรงและการแทรกกิจกรรมการพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเข้าไปในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ของหลักสูตรปกติ สำหรับการพัฒนาหลักสูตรในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำรูปแบบที่สองคือการแทรกกิจกรรมการพัฒนากระบวนการคิดลงในหลักสูตรโดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระโดยไม่ปิดกั้นแนวคิด ผ่านการอภิปรายและการตั้งคำถามหรือสร้างข้อโต้แย้งจากสิ่งที่ได้อ่านหรือรับฟัง รวมทั้งการฝึกฝนการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของเรื่องราวในชีวิตประจำวันจากสื่อต่างๆ ซึ่งเป็นแนวทางที่ดีที่จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นบุคคลที่มีความคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลสามารถดำรงชีวิตอยู่ในโลกแห่งข้อมูลนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4.6.1 งานวิจัยในประเทศ

มลิวลย์ สมศักดิ์ (2540: 124-126) ได้พัฒนาและทดลองใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 6 ขั้นตอนคือ นิยามปัญหา รวบรวมข้อมูล จัดระบบข้อมูล ตั้งสมมติฐาน สรุปอ้างอิงโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ และประเมินการสรุปอ้างอิง ซึ่งรูปแบบการสอนคิดที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะโปรแกรมเฉพาะไม่อิงเนื้อหาวิชาใดวิชาหนึ่งแต่ใช้เนื้อหาทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้เรียน โดยประกอบไปด้วยกระบวนการสอน 5 ขั้นตอนคือ เสนอสถานการณ์ ผูกการคิดเป็นรายบุคคล ผูกการคิดเป็นกลุ่มย่อย อภิปรายผลการคิด และประเมินกระบวนการคิด จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพและผลการใช้รูปแบบการสอนโดยการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนการทดลอง ขณะทดลอง หลังการทดลองและติดตามผลการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดท้ายสำเภา จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวนทั้งสิ้น 64 คน ใช้เวลาในการสอน 16 คาบ ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนเท่ากับ 84.11/80.64 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ทดลองใช้รูปแบบการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการพัฒนาการคิดทั้งในขณะทดลอง หลังทดลองและติดตามผลการทดลอง แต่การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ทดลองใช้รูปแบบการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณขณะทดลอง หลังการทดลองและติดตามผลการทดลองไม่แตกต่างกัน

ปิยาภรณ์ พุ่มแก้ว (2551: 115) ได้พัฒนาโปรแกรมพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน ได้แก่ การนิยามปัญหา การพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนบ้านส้มป่อย (ส้มป่อยวิทยาเสริม) จังหวัดศรีสะเกษที่เข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับเด็กไทยอายุ 11-12 ปี ที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการบริหารสมอง ขั้นฝึกความสามารถในการคิดและขั้นสรุปและประเมินผลการคิด จากนั้นนำไปใช้จัดกิจกรรมเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์และนักเรียนมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนโดยใช้โปรแกรมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปรกรณ์ ไพรอังกูร (2551: 131-136) ได้สร้างแบบประเมินการคิดวิจาร์ณญาณเพื่อหาเกณฑ์ปกติของระดับชั้นปีของนักเรียนนายร้อยตำรวจ และเพื่อพัฒนาการคิดวิจาร์ณญาณของนักเรียนนายร้อยตำรวจโดยใช้โปรแกรมการพัฒนาการคิดวิจาร์ณญาณ ผลการวิจัยพบว่า แบบประเมินที่สร้างขึ้นประกอบด้วย 5 ด้าน คือ ด้านการอ้างอิง ด้านการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความและด้านการประเมินข้อโต้แย้ง จำนวน 95 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเมื่อคำนวณโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาและสูตรเฟลด์ทซ์ ราชู เท่ากับ .801 และ .803 ตามลำดับ และมีค่า

ความเที่ยงตรงเมื่อเทียบกับเกณฑ์ภายนอกคือแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ คอร์ทเนลระดับแซดมีความสัมพันธ์กันที่ระดับ .01 ส่วนนักเรียนนายร้อยตำรวจจำนวน 20 คนที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาการคิดวิจารณญาณมีการคิดวิจารณญาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อรพิน พัฒนาผล (2551: 75-77) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยตรวจสอบคุณภาพด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่น และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ นักเรียนที่มีระดับชั้นและเพศแตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 722 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-stages random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบสถานการณ์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ซึ่งวัดความสามารถ 4 ด้าน คือ ด้านการนิยามปัญหา การตัดสินใจข้อมูล การระบุสมมติฐาน และการสรุปอ้างอิง ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าความยากแต่ละด้านอยู่ระหว่าง .222 - .798 ค่าอำนาจจำแนกแต่ละด้านอยู่ระหว่าง .200-.513 ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบแต่ละด้านเท่ากับ .662, .714, .833 และ .757 และรวมทั้งฉบับมีค่า .747

ศุภิกา เพชรล้วน (2554: 138) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์และความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้ทั้งสองวิธีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างนิยและแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

4.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

วัตสันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser. 1980) ได้สร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1937 และได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 1980 สำหรับนักเรียนเกรด 9 ถึงวัยผู้ใหญ่ แบบทดสอบมี 2 ฉบับซึ่งเป็นคู่ขนานกันแต่ละฉบับ ประกอบด้วย 5 แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการคิด 5 ด้าน คือการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุ ข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการแปลความ และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง ผลจากการพัฒนาแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายในโดยวิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ มีพิสัยระหว่าง 0.69-0.85 และมีความเชื่อมั่นโดยวิธีสอบซ้ำซึ่งเว้นระยะห่างระหว่างสอบ 3 เดือน เท่ากับ 0.73

มอนโร (Monroe. 1985: 290-297) ได้ศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ นักศึกษามหาวิทยาลัยชั้นปีที่ 1 ที่มีภูมิลำเนาจากโรงเรียนมัธยมปลายที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 แบบคือ กลุ่มที่อยู่ในโรงเรียนของรัฐอย่างน้อยในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา กลุ่มที่เรียนโปรแกรมคริสเตียน (Christian program) อย่างน้อย 3 ปีที่ผ่านมา และกลุ่มที่เรียนในโรงเรียน Accelerated Christian Education อย่างน้อย 3 ปีที่ผ่านมา ผลการวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างของคะแนนการคิด วิจารณ์ระหว่างนักศึกษาระดับชั้นปีที่ 1 ทั้ง 3 กลุ่มทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักศึกษาทั้ง 3 กลุ่มถูกจัดอยู่ ทั้งในกลุ่มที่มีคะแนน CTA (คะแนนจากแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของวัดสันและ เกลเซอร์ รูปแบบ A) และคะแนนการคิดวิจารณ์สูง

กู๊ดแมน (Goodman. 1990: online) ได้รวบรวมการฝึกปฏิบัติเพื่อพัฒนาการคิดอย่าง มีวิจารณญาณและส่งเสริมการแสดงออกโดยผ่านการเขียนอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนเกรด 2-6 ที่ มีความคิดและทักษะการจัดระบบต่ำ จำนวน 6 คน โดยใช้ครู 3 คน และครูอีก 1 คนเป็นผู้ให้ คำแนะนำในการใช้เทคนิคระดมสมอง กำหนดโครงสร้างและการร่างเรื่องราว จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างการเขียนของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีการปรับปรุงการเขียนของตนเองในทางที่ดีขึ้นอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อได้รับการฝึกอย่างมีโครงสร้าง นอกจากนี้ยังได้เรียนรู้ที่จะคิดอย่างมีระบบ และมีการวางแผนมากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่า งานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดอย่างมี วิจารณญาณจะมี 2 รูปแบบคือ การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ และการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้รูปแบบการสอนที่ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การใช้การเขียนอย่างสร้างสรรค์ หรือการใช้ วิธีการสอนบนฐานคิดของปรัชญาหรือทฤษฎีการเรียนรู้ เช่น การสอนตามแนวทฤษฎีสรคินิยม หรือการใช้ปัญหาเป็นฐานซึ่งแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นและรูปแบบการสอนดังกล่าวสามารถนำมา ประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้

5. อ้อย: การปลูก ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

อ้อย (Sugar cane) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharum officinarum* Linn. เป็นพืช ใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลเดียวกับหญ้าและไผ่ โดยมีลักษณะลำต้นเป็นข้อปล้อง มีไขสีขาวบริเวณลำต้น เชื่อกันว่ามีถิ่นกำเนิดมาจากหมู่เกาะนิวกีนิ จากนั้นกระจายไปสู่บริเวณต่างๆ ผ่านการค้าขายและ การล่าอาณานิคม ในเชิงเศรษฐกิจอ้อยจัดเป็นพืชไร่ในกลุ่มพืชพลังงานทดแทน (สำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตร. 2555: 4) ที่ประเทศไทยสามารถส่งออกในรูปของน้ำตาลทรายได้เป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศบราซิล พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคตะวันออกเหนือและภาคกลาง โดยมี โรงงานน้ำตาลตั้งอยู่ตามภาคต่างๆ จำนวน 46 โรงงาน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล ทราย. 2555: ออนไลน์) โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งอ้อยในเชิงการค้าออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ อ้อยเคี้ยวและอ้อยทำน้ำตาลโดยอ้อยเคี้ยวจะมีเปลือกและเนื้อนิ่มกว่าอ้อยโรงงาน

พันธุ์ของอ้อยเคี้ยวที่ปลูกกันในประเทศไทยได้แก่ อ้อยขาไก่ อ้อยสิงคโปร์ และอ้อยมอริเชียส ส่วนอ้อยโรงงานนั้นเปลือกและเนื้อจะแข็งจึงไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นอาหารโดยตรง พันธุ์ของอ้อยโรงงานที่ปลูกกันในประเทศไทยมีมากมาย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสมโดยมีหน่วยงานสำคัญที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการพัฒนาพันธุ์อ้อยได้แก่ กรมวิชาการเกษตร สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และบริษัทมิตรผล (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

สำหรับพื้นที่ในเขตภาคกลางในปีการผลิต 2554/55 มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 12 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี ลพบุรี สุพรรณบุรี อุทัยธานี ราชบุรี ชัยนาท สระบุรี สิงห์บุรี นครปฐม ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรีและอ่างทอง โดยจังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเป็นอันดับที่ 6 รองจากจังหวัดกาญจนบุรี นครราชสีมา อุตรดิตถ์ ลพบุรีและนครสวรรค์ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2555: 8-9) มีพื้นที่ปลูก 574,972 ไร่ ซึ่งอ้อยนับเป็นพืชเศรษฐกิจอันดับที่ 2 รองจากข้าว ปลูกมากในเขตอำเภอด่านช้าง อำเภอหนองหญ้าไซ อำเภอสองพี่น้องและอำเภอดูทอง โดยมีชุดดินที่ใช้ในการปลูกอ้อยเป็นดินสีน้ำตาลชุดกำแพงแสน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป.: ออนไลน์) พันธุ์อ้อยที่เกษตรกรนิยมปลูกได้แก่ เอฟ 140, เอฟ 156, สุพรรณ 2, สุพรรณ 3, เค 200 โดยเกษตรกรจะเริ่มปลูกอ้อยในเดือนพฤษภาคม และจะเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเปิดรับซื้อของโรงงานน้ำตาล ซึ่งจังหวัดสุพรรณบุรี มีโรงงานน้ำตาลทั้งสิ้น 3 โรงงาน ได้แก่ โรงงานน้ำตาลมิตรผล โรงงานน้ำตาลสุพรรณบุรี และโรงงานน้ำตาลอุตสาหกรรม อู่ทอง (รีไฟน์ซึ้งมงคล) (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2555: 56)

5.1 ขั้นตอนการผลิตอ้อย

การปลูกอ้อยให้ได้ผลผลิตสูงนั้น เกษตรกรต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ (ละอองดาว แสงหล้า. 2548: 3-4)

1. การคัดเลือกพันธุ์อ้อย ต้องเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในแต่ละแหล่งปลูก ให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพความหวานมากกว่า 10 ซี.ซี.เอส. (Commercial Cane Sugar (C.C.S.) ตำนาน ศัตรูพืช เจริญเติบโตได้ดีและสามารถไว้ต่อได้ไม่น้อยกว่า 2 ครั้งตลอดจนให้ผลผลิตได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของอ้อยปลูก
2. การวางแผนการผลิต ต้องมีการวางแผนการผลิตอ้อยให้สอดคล้องกับการดำเนินงานของโรงงานผลิตน้ำตาล โดยสอดคล้องกับช่วงเปิดหีบอ้อยของโรงงาน คือ ช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน นอกจากนี้จะต้องจดทะเบียนเป็นผู้ปลูกอ้อย ตามพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527
3. ฤดูปลูก แบ่งออกเป็น 2 ฤดู ตามสภาพพื้นที่ คือ
 - 3.1 ต้นฤดูฝน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน ในพื้นที่เขตชลประทาน และช่วงเดือนมีนาคม - เมษายน ในพื้นที่เขตน้ฝน

3.2 ปลายฤดูฝน ในช่วงเดือนตุลาคม - ธันวาคม ซึ่งเป็นการปลูกอ้อยข้ามแล้ง ซึ่งทำได้ในบางพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกซึ่งเป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทราย

4. การเตรียมท่อนพันธุ์ ต้องมีท่อนพันธุ์ที่ดีสำหรับใช้ในแปลงทำพันธุ์และแปลงปลูกอ้อย เพื่อลดความเสี่ยงจากการระบาดของศัตรูพืชและลดต้นทุนการผลิต

5. การจัดเตรียมแปลงพันธุ์อ้อย ทำได้โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ส่วนละเท่า ๆ กัน โดยแบ่งเป็นแปลงอ้อยทำพันธุ์ แปลงอ้อยโตปีที่ 1 และแปลงบำรุงดินรอปูก

6. การปลูก ต้องมีการเตรียมดินก่อนปลูก ในพื้นที่ที่เป็นดินดาน จะต้องทำการระเบิดดินดานก่อน หรือมีการทำลายตออ้อยเก่าออก ในการปลูกสามารถใช้แรงงานคนหรือใช้เครื่องปลูกก็ได้ นอกจากนี้พื้นที่ปลูกต้องไม่มีน้ำท่วมขัง การคมนาคมสะดวกโดยห่างจากโรงงานน้ำตาลไม่เกิน 60 กิโลเมตร (กรมวิชาการเกษตร. 2551: ออนไลน์)

7. การดูแลรักษา หมายถึง การใส่ปุ๋ย การป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยโรคที่สำคัญของอ้อย ได้แก่ โรคใบขาว แล้งดำ เหี่ยวเน่าแดง และกอตะไคร้ ส่วนแมลงที่สำคัญ ได้แก่ หนอนกอ ลายเล็ก หนอนกอสีขาว หนอนกอสีชมพู และด้วงหนวดยาว เป็นต้น การป้องกันและกำจัดทำได้โดยการเลือกใช้พันธุ์ต้านทาน การทำลายกอที่เป็นโรค การใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากโรคหรือชุบท่อนพันธุ์ด้วยน้ำร้อนเพื่อฆ่าเชื้อโรค การปลูกพืชหมุนเวียน การใช้สารเคมีกำจัดแมลง การใช้ศัตรูธรรมชาติ เช่น แตนเบียน แมลงห้ำ เป็นต้น

8. การเก็บเกี่ยว อ้อยสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 10 - 12 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม ซึ่งหลังจากตัดอ้อยแล้ว ต้องรีบส่งโรงงานภายใน 48 ชั่วโมง เพราะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำตาล (ซูโครส) และขบวนการผลิตน้ำตาลของโรงงาน

9. การดูแลรักษาอ้อยต่อ หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วต้องตัดอ้อยให้ชิดดินทันที และจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอ้อยต่อ โดยการใส่ปุ๋ยและรักษาระดับความชื้นในดิน โดยไม่ใช้วิธีการเผาใบอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดการสูญเสียความชื้นและอินทรีย์วัตถุในดิน

5.2 ระบบการรับซื้ออ้อยของโรงงาน

การรับซื้ออ้อยในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ การรับซื้อตามน้ำหนักและการรับซื้อตามคุณภาพ โดยการรับซื้อตามน้ำหนักจะกำหนดราคาตามน้ำหนักคิดเป็นตัน ซึ่งเป็นการตกลงกันระหว่างเกษตรกรและโรงงานน้ำตาลโดยมีรัฐบาลเป็นตัวกลาง ส่วนการรับซื้ออ้อยตามคุณภาพจะใช้ระบบ ซี.ซี.เอส. (Commercial Cane Sugar: C.C.S.) ซึ่งเป็นค่าทางทฤษฎีโดยโรงงานน้ำตาลจะกำหนดค่าซี.ซี.เอส. มาตรฐานไว้ที่ 10 ซึ่งหมายถึง อ้อยที่มี ซี.ซี.เอส 10 หน้า 1 ตัน (1,000 กิโลกรัม) จะสามารถให้น้ำตาลซูโครสได้สูงสุด 100 กิโลกรัม (สราวุธกรมไทยสำหรับเยาวชน. ม.ป.ป.: ออนไลน์) โดยในปัจจุบันการรับซื้ออ้อยจะเป็นการผสมผสานระบบการรับซื้อทั้ง

สองระบบเข้าด้วยกัน โดยราคาต่อตันในปีการผลิต 2555/2556 สำหรับอ้อยที่มีความหวาน 10 ซี.ซี. เอส. เท่ากับ 1,031 บาท (ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2556: 13)

5.3 ประโยชน์ของอ้อย

อ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งสามารถสรุปประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของอ้อยได้ดังนี้ (ศิริพร บุญรักษา. 2553: ออนไลน์)

1. ลำต้นแก่ใช้เป็นอาหาร เช่น อ้อยคั่ว น้ำอ้อย ไอศกรีม หรือใช้ประกอบอาหาร เช่น ทำต้มเค็มปลา นอกจากนี้ในตำราสมุนไพรยังใช้ลำต้นสดหรือแห้งของอ้อยตำคั้นกับน้ำช่วยบรรเทาอาการไอ ขับเสมหะ และขับปัสสาวะได้ (สุจารัตน์ หอมหวล. 2553: ออนไลน์)
 2. ใบ ยอดและส่วนของลำต้นที่ยังอ่อนใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น โคและกระบือได้ โดยอาจให้กินแบบสดหรือนำไปหมักในอัตราส่วน ยอดสด 100 กิโลกรัม กากน้ำตาล 5 กิโลกรัม แอมโมเนียมซัลเฟต 1 กิโลกรัม และน้ำ 1 กิโลกรัม ส่วนใบอ้อยแห้งใช้เป็นเชื้อเพลิงที่ให้ค่าพลังงานสูง โดยใบอ้อยแห้งที่ได้จากไร่ที่ให้ผลผลิตอ้อยไร่ละ 16 ตัน สามารถทำให้รถแทรกเตอร์ขนาดกลางทำงานได้ถึง 80 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัตถุดิบหรือบำรุงดิน เพื่อช่วยรักษาความชื้นและป้องกันวัชพืช และเป็นอาหารของจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ จึงช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนในดิน
 3. รากและเหง้าที่อยู่ในดินเมื่อเน่าเปื่อยผุพังก็จะเป็นปุ๋ยให้กับดิน
- นอกจากนี้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้
1. ชานอ้อย คือส่วนของลำต้นอ้อยที่หีบเอาน้ำอ้อยออกแล้ว มีไฟเบอร์ (Fiber) ประเภทลิกนินเป็นส่วนประกอบ (ประมาณ 48.5%) ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ดังนี้
 - 1.1 ใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับผลิตไอน้ำและกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ภายในโรงงานน้ำตาล โดยชานอ้อยที่มีความชื้นร้อยละ 50หนัก 3 ตันเมื่อเผาจะให้พลังงานเท่ากับน้ำมันเชื้อเพลิงหนัก 1 ตัน
 - 1.2 ใช้ผลิตวัสดุก่อสร้าง เช่นอัดเป็นแผ่น (Particle board) ไม้อัดผิวเส้นใย (Fiber-overlaid plywood) และแผ่นกันความร้อน (Insulating board) ซึ่งไม้อัดเหล่านี้มีคุณสมบัติเก็บเสียงได้ดี และกันความร้อนได้จึงนิยมใช้ในการทำฝ้าเพดานหรือบุผนังห้อง
 - 1.3. ใช้ผลิตเยื่อกระดาษ (Pulp) แต่ข้อจำกัดคือไฟเบอร์ของชานอ้อยค่อนข้างสั้น คือ มีความยาวเฉลี่ยเพียง 1.7 มิลลิเมตร ในขณะที่เยื่อของไม้ไผ่มีความยาวเฉลี่ย 2.7-4.0 มิลลิเมตรซึ่งมีผลต่อความยากง่ายในการทำเยื่อและความเหนียวของกระดาษ (ปรีชา สุริยพันธุ์. 2555: ออนไลน์; อ้างอิงจาก Barnes. 1964)
 - 1.4. ใช้เป็นอาหารสัตว์ ชานอ้อยถ้าให้สัตว์กินโดยตรงมักจะเกิดปัญหาในเรื่องของรสชาติ กระบวนการย่อย ตลอดจนอัตราส่วนระหว่างชานอ้อยที่สัตว์กินกับน้ำหากตัวเพิ่มขึ้นต่ำ วิธีการแก้ไขคือนำชานอ้อยมาหมักก่อนให้สัตว์กิน โดยใช้ชานอ้อย 1 ตัน (ความชื้น

ร้อยละ 55.3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง กากน้ำตาลร้อยละ 15 ยูเรียร้อยละ 0.8 และข้าวโพดร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ผสมแล้วทำให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 60 หมักไว้ 4-6 สัปดาห์

1.5 ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์ฟูรอล (Furfural) เฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ (Furfuryl alcohol) และไซลิทอล (Xylitol) (ฟิลาณี ไวกนอมสตัยและคนอื่นๆ. 2549: ออนไลน์)

1.6 ใช้ทำปุ๋ยหมัก โดยหมักร่วมกับปุ๋ยคอก กากตะกอน หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังใช้ปลูกสัตว์เพื่อรองรับมูลสัตว์ และทำปุ๋ยหมักได้

1.7 ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อรักษาความชื้นของดินและป้องกันวัชพืช

2. กากตะกอนหรือชีตะกอน หมายถึงสิ่งเจือปนที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ อยู่ในน้ำอ้อย สิ่งเจือปนเหล่านี้จะถูกขจัดออกไปจากน้ำอ้อยในขบวนการทำใส (Clarification) กากตะกอนโดยทั่วไปมีลักษณะเป็น สีเทาเข้ม ส่วนประกอบของกากตะกอนขึ้นอยู่กับคุณภาพ ความสะอาดของอ้อย และกรรมวิธีการผลิตของโรงงาน ส่วนใหญ่มีน้ำประมาณร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ส่วนที่เป็นของแข็งเป็นพวกสารอินทรีย์ที่ได้จากอ้อย ดิน น้ำตาลรวมทั้งมีไขมันอยู่ด้วย การใช้ประโยชน์ของกากตะกอนมีดังนี้

2.1 ใช้เป็นปุ๋ยบำรุงดินได้ดี จากการวิเคราะห์กากตะกอนพบว่า มีไนโตรเจน ร้อยละ 1.98 กรดฟอสฟอริก ร้อยละ 2.56 และโพแทสเซียม ร้อยละ 0.28 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ก็มีธาตุอาหารอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชอยู่ด้วย ข้อควรระวังในการใช้กากตะกอนทำปุ๋ยก็คือ ต้องไม่ใส่มากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากการสลายตัวยังไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ต้องระวังเชื้อราที่ติดมาด้วย เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวอาจใช้วิธีหมักโดยกองไว้ในร่มให้ความชื้นพอเหมาะ คลุมด้วยพลาสติก ฟ้าใบหรือกระสอบเก่าเพื่อให้สลายตัวโดยสมบูรณ์ กากตะกอนที่สลายตัวดีแล้วจะเย็น การหมักใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือน

2.2 ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตไซ ประมาณครึ่งหนึ่งของไซที่มีอยู่บนต้นอ้อย จะปะปนอยู่ในกากตะกอน อ้อย 1 ต้นที่เข้าหีบจะให้ไซประมาณ 450 กรัม ซึ่งแตกต่างกันไปตามพันธุ์อ้อยและบริเวณที่ปลูก ไซที่ได้จากอ้อยสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น อุตสาหกรรมผลิตสารขัดเงา ผลิตหมึกสำหรับกระดาษคาร์บอน และผลิตพลาสติก เป็นต้น

3. กากน้ำตาล (Molasses) คือของเหลวมีลักษณะเป็นน้ำเชื่อมสีน้ำตาลเข้มของเหลวนี้จะถูกแยกออกจากเกล็ดน้ำตาลโดยวิธีปั่น (Centrifuge) กากน้ำตาลประกอบด้วย น้ำตาล นอกจากนี้ยังมีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ สารประกอบไนโตรเจน กรดต่างๆ วิตามิน ไซ และแร่ธาตุ ดังนั้นกากน้ำตาลจึงใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางกว่าผลพลอยได้ชนิดอื่นๆ เช่น ใช้ทำปุ๋ย เลี้ยงสัตว์ ผลิตแอลกอฮอล์ ใช้ในอุตสาหกรรมยีสต์ ผงชูรส และกรดน้ำส้ม แม้ว่าจะใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง แต่ประโยชน์หลักมีอยู่ 2 ประการคือ ประการแรกใช้เป็นอาหารสัตว์ประเภทสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ ฯลฯ โดยผสมกับขานอ้อยเพื่อช่วยเพิ่มรสชาติอาหารและช่วยกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียในกระเพาะ ทำให้สัตว์พวกนี้ใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น ประโยชน์

อีกด้านหนึ่งที่สำคัญคือใช้ผลิตแอลกอฮอล์ โดยนำกากน้ำตาลมาทำให้เจือจางด้วยน้ำ แล้วหมักโดยอาศัยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ จากนั้นก็นำมากลั่นเพื่อแยกแอลกอฮอล์ออก ซึ่งจะได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 95% ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้แตกต่างกันไปตามคุณภาพของกากน้ำตาล ตลอดจนกรรมวิธีการผลิตแอลกอฮอล์ของโรงงานนั้น โดยทั่วไปกากน้ำตาลหนัก 1 ตันจะให้แอลกอฮอล์ประมาณ 340 ลิตรกากน้ำตาลที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะผลิตมากขึ้นในอนาคตเพื่อใช้ทดแทนพลังงานที่ได้จากน้ำมัน (Fossil oil) ซึ่งนับวันจะหายาก และมีราคาแพง

นอกจากนี้หากพิจารณาในด้านสังคมและเศรษฐกิจพบว่า อ้อยมีความสำคัญต่อการจ้างงานภายในประเทศ เนื่องจากมีผู้ที่เกี่ยวข้องในวงการอุตสาหกรรมทำน้ำตาลในปัจจุบันนับแสนคน

5.4 อ้อยกับปัญหาสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันเกษตรกรผู้ผลิตอ้อยนิยมเผาใบอ้อยกันมากขึ้น เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการตัดอ้อยและจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดอ้อยสดมีไม่เพียงพอ ซึ่งการเผาใบอ้อยแบ่งออกได้ 3 ระยะ คือ (ละอองดาว แสงหล้า, 2548: 5-6)

1. การเผาใบอ้อยก่อนการเตรียมดิน เพื่อให้สะดวกในการเตรียมดินปลูก เพราะล้อรถแทรกเตอร์จะสิ้นเวลาที่ไถ ผลที่ตามมา คือ โครงสร้างของดินถูกทำลาย อินทรีย์วัตถุลดลง ดินอัดแน่น ไม่อุ้มน้ำ และน้ำซึมลงได้ยาก

2. การเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว สืบเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานเกษตรกรจึงนิยมเผาใบอ้อย เนื่องจากทำให้ตัดได้รวดเร็วเพราะไม่ต้องลอกกาบใบ แต่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ

2.1 การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

การเผาใบอ้อยทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และกลุ่มหมอกควัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก่อให้เกิดอากาศเป็นพิษซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของคนและสัตว์ อีกทั้งยังทำให้บ้านเรือนสกปรกจากฝุ่นละอองเถ้าที่ปลิวมาตกตามอาคารบ้านเรือน

2.2 การตกค้างของสารเคมีกำจัดวัชพืช

แปลงอ้อยที่มีการเผาใบจะมีวัชพืชขึ้นมากกว่าแปลงที่ตัดอ้อยสด ทำให้ต้องมีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชมากขึ้นและเกิดการตกค้างของสารพิษในดินสูงขึ้น

2.3 การสูญเสียน้ำหนักของอ้อยไฟไหม้ (สุรพล ถ้ากระแสน และคนอื่นๆ.

2536: 23)

- 2.3.1 อ้อยที่มีการเผาใบก่อนการเก็บเกี่ยวทุกพันธุ์ เมื่อต้องทิ้งไว้ในไร่จะสูญเสียน้ำหนักมากกว่าอ้อยตัดสด ทั้งนี้อ้อยแต่ละพันธุ์จะมีการสูญเสียน้ำหนักไม่เท่ากัน เช่น พันธุ์

อุทก 1 สูญเสียน้อยกว่า พันธุ์อุทก 2 และ F 140 เป็นต้น

2.3.2 พันธุ์และเวลาเก็บเกี่ยวอ้อย มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักอ้อยไฟไหม้ที่ตัดกองทิ้งไว้ในไร่ เช่น พันธุ์ F 140 ถ้าเก็บเกี่ยวเดือนมกราคมและมกราคม จะสูญเสียน้ำหนักมากกว่าพันธุ์อุทก 1 และอุทก 2 (เมื่อตัดกองทิ้งไว้ในไร่ 14 วัน) แต่อ้อยพันธุ์อุทก 2 ที่เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายน จะสูญเสียน้ำหนักมากกว่าพันธุ์ อุทก 1 และ F 140

2.3.3 ถ้าเก็บเกี่ยวอ้อยไฟไหม้ ในเดือนที่มีอากาศร้อนจัด จะสูญเสีย น้ำหนักมากกว่าเดือนที่มีอากาศเย็น เช่น ถ้าเก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคมแล้วทิ้งไว้ในไร่ จะสูญเสีย น้ำหนักมากกว่าเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนและมกราคม ซึ่งจะมีการสูญเสียถึงร้อยละ 27 เมื่อตัด กองไว้ในไร่ 14 วัน แต่ถ้าเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนจะสูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 19.7

2.4 การสูญเสียคุณภาพความหวานของอ้อยไฟไหม้

2.4.1 ถ้าเก็บเกี่ยวอ้อยไฟไหม้ ทันฤดูหีบ (เดือนพฤศจิกายน) แล้วทิ้งไว้ ในไร่เกิน 3 วัน คุณภาพความหวานจะลดลง แต่ถ้าเก็บเกี่ยวในช่วงกลางถึงปลายฤดูหีบ (เดือน มกราคม - มีนาคม) ทิ้งไว้ในไร่เกิน 1 วัน คุณภาพความหวานจะลดลง (สุรพล ถ้ำกระแสน และ คนอื่นๆ. 2536: 24)

2.4.2 อ้อยไฟไหม้เมื่อเย็นต้นทิ้งไว้ในไร่ จะมีค่า ซี.ซี.เอส.ลดลงมาก แต่ การตัดอ้อยไฟไหม้กองไว้จะช่วยชะลอการลดลงของ ซี.ซี.เอส.ได้

2.4.3 อ้อยที่มีความหวานสูง จะมีร้อยละการลดลงของค่า ซี.ซี.เอส. มากกว่าพันธุ์ที่มีความหวานต่ำ โดยเฉพาะอ้อยไฟไหม้ที่ทิ้งเย็นต้นไว้ในไร่

2.5 การสูญเสียน้ำตาลในกระบวนการผลิต

อ้อยไฟไหม้จะสูญเสียน้ำตาลซูโครสโดยจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในน้ำอ้อย ทำให้ซูโครสเปลี่ยนเป็นเด็คแทรน (Dextran) มีลักษณะเมือกเหนียว ทำให้กระบวนการผลิตน้ำตาล เช่น กระบวนการทำให้ใส การกรอง และการตกผลึก มีประสิทธิภาพลดลง ทำให้ได้ผลผลิต น้ำตาลต่อตันอ้อยน้อยลงและเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น

2.6 ปริมาณการใช้น้ำเพิ่มขึ้น

การเผาใบอ้อยทำให้อ้อยตอตายมากกว่าอ้อยตัดสด และอ้อยตอที่รอดจะมีลำต้น แคระแกร็น มีใบเหลือง ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการให้น้ำอ้อยตอเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่มีใบอ้อย คลุมดินช่วยรักษาความชื้น

2.7 อ้อยไฟไหม้ถูกตัดราคา

ตั้งแต่ปีการผลิต พ.ศ. 2540/2541 คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล (กอน.) ได้กำหนดให้ตัดราคาอ้อยไฟไหม้ตันละ 20 บาท และเพิ่มราคาอ้อยตัดสดตันละ 10 บาท เพื่อจูงใจ ให้ชาวไร่อ้อยตัดอ้อยสดเข้าโรงงาน มีผลทำให้ปริมาณอ้อยไฟไหม้ลดลงเหลือร้อยละ 57.5 จากปี การผลิต พ.ศ. 2539/2540 ที่มีอ้อยไฟไหม้เข้าหีบถึงร้อยละ 76.5 (อรรถสิทธิ์ บุญธรรม. 2540: 5-6)

2.8 ผลกระทบต่อการค่าน้ำตาลในตลาดโลกในอนาคต น้ำตาลที่ได้จากอ้อย ไฟไหม้จะมีคุณภาพต่ำและขึ้นเนื่องจากมีเด็คแทรนเกาะอยู่รอบๆ ผลึกน้ำตาล ถ้าประเทศไทยผลิต

น้ำตาลจากอ้อยไฟไหม้มาก อาจทำให้ถูกกีดกันการค้าน้ำตาลในตลาดโลก เพราะนอกจากจะได้ น้ำตาลคุณภาพต่ำแล้วยังส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมของโลก นั้นหมายถึงว่าต่างประเทศอาจจะไม่ซื้อ น้ำตาลของไทยในอนาคต เนื่องจากประเทศออสเตรเลียที่เป็นคู่แข่งสำคัญของประเทศไทย ส่วนใหญ่จะตัดอ้อยสดเข้าโรงงาน

3. การเผาใบอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะเผาใบอ้อยเพื่อป้องกันไฟไหม้ อ้อยตอ หลังจากที่มีหน่อออกแล้ว และทำให้สามารถใส่ปุ๋ยได้สะดวกยิ่งขึ้น แต่มีผลเสียที่ตามมา คือ

3.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง

การเผาใบอ้อยทำให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารของพืช ในดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุจะถูกทำลาย และหน้าดินถูกชะล้างได้ง่าย เพราะไม่มีใบอ้อยปกคลุม ทำให้ต้องใส่ปุ๋ยเคมีมากขึ้น

3.2 ธรรมชาติขาดความสมดุล

การเผาใบอ้อยทำให้หน่อเนกอลายและหน่อกอสีชมพูเข้าทำลายอ้อยตอ ได้ง่ายมากขึ้น โดยเจาะเข้าทำลายตรงโคนหน่ออ้อยซึ่งไม่มีใบอ้อยปกคลุม นอกจากนี้แมลงศัตรู ธรรมชาติ เช่น แตนเบียน แมลงเต่าลาย หรือแมลงห้ำ อาจถูกทำลาย

3.3 การตกค้างของสารเคมีกำจัดวัชพืช

แปลงอ้อยที่มีการเผาใบ จะมีวัชพืชขึ้นมากกว่าแปลงที่ตัดอ้อยสด ทำให้ ต้องใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชมากขึ้นและก่อให้เกิดการตกค้างในดินสูงขึ้น

3.4 เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกเช่นเดียวกับการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว

5.5 การแก้ไขปัญหาในปัจจุบัน

อรรถสิทธิ์ บุญธรรมและคนอื่นๆ (ละอองดาว แสงหล้า. 2548: 8; อ้างอิงจาก อรรถสิทธิ์ บุญธรรมและคนอื่นๆ. 2548: 24.28) ได้เสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาไว้ดังนี้

5.1 ควรใช้เครื่องจักรกลการเกษตร ได้แก่ การใช้เครื่องสับใบและกลบเศษซากอ้อย คลุกเคล้าลงในดินก่อนการเตรียมดิน เพื่อลดการเผาใบอ้อยก่อนปลูก

5.2 ในกรณีจำเป็นต้องเผาใบอ้อยในอ้อยตอ ควรให้น้ำอ้อยตอทันที เพื่อลดอัตราเสี่ยง การตายของอ้อยตอลง

5.3 ควรตัดอ้อยไฟไหม้ ส่งโรงงานทันที แต่ในกรณีที่ส่งโรงงานไม่ทัน ควรตัดกองไว้ในไร่ ซึ่งจะสูญเสียความหวานน้อยกว่าการทิ้งยืนต้นไว้ในไร่

5.4 ควรส่งเสริมการนำเอาเครื่องตัดอ้อยมาใช้ทดแทนแรงงานที่ขาดแคลน แต่ปัจจุบัน ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง และยังอยู่ในระหว่างการศึกษาวิจัย

5.5 มีการกำหนดราคาอ้อยตัดสดให้สูงกว่าอ้อยไฟไหม้ ตลอดจนแนะนำการใช้มีดสวน ใบอ้อยเพื่อสนับสนุนการตัดอ้อยสด

5.6 แนวทางการแก้ไขปัญหาระยะยาว

ระดับเกษตรกร

1. วางแผนการปลูกและการผลิตอ้อยร่วมกับหน่วยงานราชการ โดยให้สอดคล้องกับความต้องการของโรงงานผลิตน้ำตาล
2. เลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และมีการปฏิบัติดูแลรักษาอย่างถูกต้อง
3. เก็บเกี่ยวอ้อยในระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์อ้อย เพื่อให้ได้ผลผลิตปริมาณมากและมีความหวานสูง
4. รีบน้ำอ้อยที่ตัดแล้วส่งโรงงานทันที ไม่ควรทิ้งไว้ในไร่

หน่วยงานภาครัฐ

1. กำหนดแผนการปลูกและการผลิตอ้อยร่วมกับเกษตรกรและโรงงานน้ำตาล
2. กำหนดพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมให้เกษตรกร
3. รัฐบาลควรส่งเสริมและสนับสนุนงานวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวกับการทดแทนแรงงานที่ขาดแคลนและมีค่าจ้างสูง เช่น พัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร โดยเฉพาะเครื่องตัดอ้อยให้เหมาะสมกับวิธีการตัดและขนส่งอ้อยในประเทศไทย โดยไม่ทำลายโครงสร้างของดินจากการที่เครื่องจักรกลมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ซึ่งมีรายงานว่าล้อรถบรรทุกสิบล้อที่ออกแบบสำหรับการวิ่งบนถนน เมื่อนำมาวิ่งในแปลงอ้อยจะทำให้เกิดการอัดตัวของดินสูงขึ้นถึงร้อยละ 55 และเมื่อรถบรรทุกและเครื่องตัดอ้อยที่มีโซ่อยู่ในประเทศไทยวิ่งซ้ำในพื้นที่เดียวกัน ทำให้เกิดการอัดตัวของดินสูงขึ้นถึงร้อยละ 65 และในกรณีถ้ามีการวิ่งทำงานบนตออ้อยจะทำให้ผลผลิตของอ้อยต่อแรก ลดลงสูงสุดถึงร้อยละ 43 (ภาควิชาเกษตรกลวิธาน. 2547: ออนไลน์) นอกจากนี้ควรมีการกำหนดราคาของเครื่องตัดอ้อยที่เกษตรกรสามารถซื้อได้ และมีการปรับปรุงพันธุ์อ้อยให้ทิ้งใบก่อนการเก็บเกี่ยว หรือวิจัยหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อให้อ้อยทิ้งใบก่อนการเก็บเกี่ยว เช่น การใช้สารเคมีเร่งการสุกแก่ของอ้อย แต่ต้องไม่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
4. กำหนดราคาอ้อยตัดสดให้สูงกว่าอ้อยไฟไหม้เป็นรูปธรรมและมีมาตรฐานเดียวกันในทุกโรงงาน โดยในปัจจุบันบางโรงงานจะตัดราคาอ้อยไฟไหม้ลงร้อยละ 10 - 25 ในกรณีที่มีปริมาณอ้อยจำนวนมาก
5. กำหนดระเบียบว่าด้วยการตัดและส่งอ้อยให้แก่โรงงานและตรวจสอบคุณภาพอ้อยอย่างเป็นทางการ
6. สนับสนุนการวิจัยการใช้ประโยชน์จากอ้อยเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในเชิงอุตสาหกรรม เป็นการส่งเสริมการใช้อ้อยภายในประเทศให้สูงขึ้น พร้อมทั้งเพื่อแก้ปัญหาราคาอ้อยตกต่ำและล้นตลาดในปัจจุบัน เช่น การนำอ้อยไปผลิตเอทานอลในเชิงอุตสาหกรรม เพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งไม่เพียงทำให้ราคาอ้อยมีเสถียรภาพเท่านั้น ยังทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น (ลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง) และเป็นการประหยัดเงินตรานำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศปีละกว่า 20,000 - 30,000 ล้านบาท (เจริญศักดิ์ โจนฤทธิ์

พิธีชงน้ำ. 2547: 7) โดยรัฐบาลต้องกำหนดส่วนผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ชัดเจน และสนับสนุนให้บริษัทผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงซื้อเอทานอลที่ผลิตได้ภายในประเทศ

7. จัดสรรงบประมาณเพื่อบูรณะถนนหนทางในไร่อ้อยให้สะดวกยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถขนส่งอ้อยได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

8. ควรให้ความรู้แก่เกษตรกรชาวไร่อ้อยในการตัดอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ โดยวางแผนการปลูกก่อนการปลูกอ้อย ปลูกจิตสำนึกในการไม่เผาใบอ้อยและพยายามป้องกันไม่ให้เกิดไฟไหม้อ้อย และรณรงค์ให้เกษตรกรทราบถึงผลกระทบจากการเผาใบอ้อยที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ตลอดจนสิ่งแวดล้อมทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล (กอน.) และสมาคมชาวไร่อ้อย

1. ควรสนับสนุนงานวิจัยร่วมกับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องในการวิจัยและปรับปรุงเครื่องตัดอ้อยที่มีอยู่ให้มีความคล่องตัวเหมาะสมกับวิธีการตัดและขนส่งอ้อยแบบไทย
2. จัดหาถนบกอ้อยให้เข้าให้เพียงพอในการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน
3. กำหนดระเบียบการจดทะเบียนชาวไร่อ้อย หัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อย เพื่อให้การขนส่งอ้อยมีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต

โรงงานน้ำตาล

1. จัดสรรโควตาหรือคิวตัดอ้อยอย่างยุติธรรมและกระจายอย่างทั่วถึง โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย
 2. ปรับปรุงการบริหารโรงงานให้มีประสิทธิภาพ เพื่อลดผลกระทบจากปริมาณอ้อยที่ตกค้างเพื่อรอการนำไปผลิตเป็นน้ำตาล ซึ่งทำให้ผลผลิตและความหวานของอ้อยลดลง
- จะเห็นได้ว่าการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้น จำเป็นที่จะต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน โรงงานน้ำตาล ในการดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับพันธุ์อ้อยที่ให้ผลผลิตสูง จัดหาเครื่องตัดอ้อยให้เพียงพอกับความต้องการ รวมทั้งกำหนดมาตรการด้านราคาเพื่อส่งเสริมและจูงใจให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยหันมาตัดอ้อยสดกันมากขึ้น นอกจากนี้การให้การศึกษากับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยและเยาวชนให้ความรู้ที่ถูกต้องด้านสิ่งแวดล้อมจะช่วยพัฒนาจิตสำนึกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและให้ความร่วมมือกับหน่วยงานต่างๆ เพื่อความยั่งยืนของแหล่งเพาะปลูกและอาชีพด้านการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการปลูกอ้อยต่อไป

6. ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

สิ่งแวดล้อมหมายถึง สิ่งที่อยู่รอบๆ ตัวมนุษย์ทั้งที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นสิ่งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ซึ่งรวมถึงระบบสังคมและวัฒนธรรมด้วย เช่น วัฒนธรรมแบบแผน ประเพณี ความเชื่อ (ชลลดา สุภาภาวี่. 2540: 8) โดยแต่ละส่วนมีอิทธิพลเกี่ยวโยงถึงกัน เป็นปัจจัยเกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ผลกระทบจากปัจจัยหนึ่งจะมีส่วนเสริมสร้างหรือทำลายอีกส่วนหนึ่ง (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2549: 22) ซึ่งในปัจจุบันจะเห็นว่าหน่วยงานต่างๆ ได้ให้

ความสนใจในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยมีสาเหตุมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและค่านิยมที่ไม่ถูกต้อง ตลอดจนความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของมนุษย์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม (ระวีวรรณ ชินะตระกูล. 2540: 13) วิธีหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้คือการให้การศึกษาโดยเฉพาะกับเยาวชนซึ่งเป็นกำลังสำคัญและเป็นอนาคตของชาติ เพื่อให้พวกเขามีความรู้ที่ถูกต้อง จนพัฒนาเป็นความตระหนัก โดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ความหมาย กระบวนการสร้างความตระหนัก ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนัก ความสำคัญ ลักษณะ องค์ประกอบ ตลอดจนวิธีการวัดและพัฒนาความตระหนัก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 ความหมายของความตระหนัก (Awareness)

ความตระหนัก หมายถึง สภาวะของจิตใจที่เกี่ยวกับความรู้สึก ความคิด ความสำนึก และความปรารถนาต่างๆ ที่มีต่อเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง (กุลวดี ราชภักดี. 2545: 38; ลดาวัลย์ พอใจ. 2536: 19) ซึ่งเป็นพฤติกรรมขั้นต่ำสุดในด้านจิตพิสัย (Affective domain) คล้ายกับความรู้ (Knowledge) ซึ่งเป็นพฤติกรรมขั้นต่ำสุดของด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2523: 133; Bloom. 1971: 213) ปัจจัยด้านความรู้สึกหรืออารมณ์นั้น จะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านความรู้เสมอ (ประสาธ อิศรปริดา. 2523: 177) โดยความตระหนักนี้ จะไม่เกี่ยวข้องกับความรู้หรือการระลึกได้ เหมือนความรู้ เพียงแต่รู้สึกว่ามีสิ่งนั้นอยู่ (Conscious of something) จำแนกและรับรู้ (Recognition) สิ่งเร้านั้น (ชวาล แพรัตกุล. 2552 : 201) แต่หากพิจารณาในแง่ของจิตวิทยาตามแนวคิดของ ไอเซนค์ อาร์โนลด์และเมอิลี (Eysenck, Arnold; & Meili. 1972: 110) จะเห็นว่าความตระหนักเป็นความสัมพันธ์ของความสำนึก (Consciousness) และเจตคติ (Attitude) ซึ่งเป็นภาวะของจิตใจซึ่งไม่อาจจะแยกเป็นความรู้สึกหรือความคิดเพียงอย่างเดียวได้ นักการศึกษาบางท่านมีความเห็นว่า ความตระหนักและจิตสำนึกมีความหมายเดียวกัน (Runes. 1971: 32; Wolman. 1973: 38) โดยเป็นภาวะทางจิตใจหรือการกระทำที่เกิดจากความสำนึก ซึ่งขั้นตอนของการเกิดความตระหนักเริ่มต้นขึ้นเมื่อบุคคลได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าแล้วมีการประเมินค่าถึงความสำคัญของตนเองที่มีต่อสิ่งเร้านั้นๆ โดยอาศัยระยะเวลา เหตุการณ์ ประสบการณ์หรือสภาพแวดล้อมแล้วเกิดการรับรู้ขึ้น (จันทน์ เกียรติโพธา. 2542: 13; พัทธีภรณ์ เคยนิยม. 2545: 19) และเมื่อรับรู้มากขึ้น ก็จะเข้าใจในสิ่งเร้านั้น คือ เกิดเป็นความคิดรวบยอดและพัฒนาเป็นการเรียนรู้กล่าวคือ มีความรู้ในสิ่งนั้นและนำไปสู่การเกิดความตระหนัก ซึ่งความรู้และความตระหนักต่างก็นำไปสู่การกระทำหรือการแสดงพฤติกรรมของบุคคล ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนักดังกล่าวแสดงได้ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนัก

ที่มา: Good, Carter V. (1973). Dictionary of Education. New York: McGraw Hill. p.54

โดยสรุป ความตระหนักเป็นสภาวะทางจิตใจที่เกี่ยวกับการแสดงความรู้สึกและอารมณ์โดยมีความหมายเหมือนกับคำว่าสำนึก ที่เกิดจากการรับรู้จากการกระตุ้นของสิ่งเร้า ที่อาจเป็นเหตุการณ์ ประสบการณ์โดยอาศัยระยะเวลาจนพัฒนาเป็นการรับรู้ในความคิดรวบยอด เกิดการเรียนรู้และพัฒนาเป็นความตระหนักในที่สุด

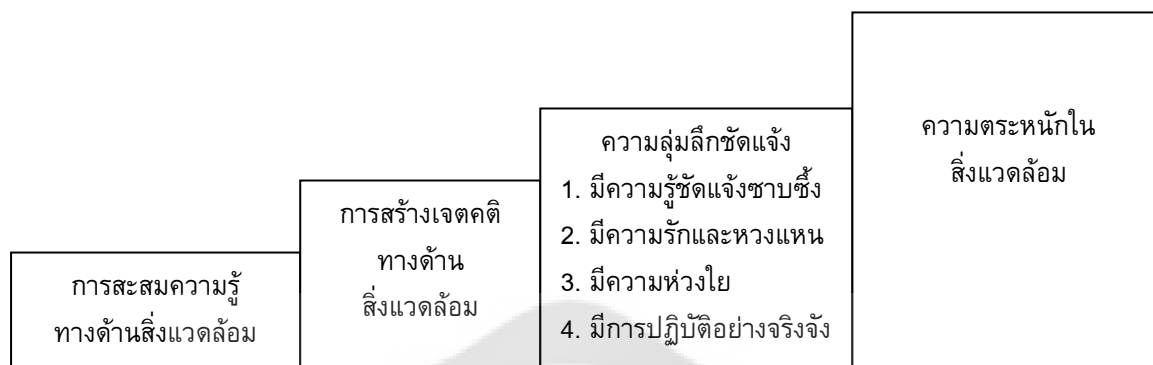
สำหรับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมนั้น เกษม จันทรแก้ว (2536 : 82) กล่าวว่า ความตระหนักในสิ่งแวดล้อมมีความหมายโดยนัยเหมือนกับการมีจิตสำนึกในการรักษาสิ่งแวดล้อม เพราะความตระหนักเป็นการรู้ที่อยู่ภายในจิตสำนึกตลอดเวลา การรู้ประจักษ์ชัดหรือการรู้ชัดเจนในเรื่องสิ่งแวดล้อมนั้น ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ (Knowledge) ทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างถูกต้องตามหลักการ รู้ถึงปัญหา และสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ไข เมื่อเกิดความรู้แล้วจะต้องมีการสร้างเจตคติ (Attitude) ทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้องคือ มีการเห็นของจริงหรือสัมผัสจริง โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าจนเกิดทัศนคติที่ถูกต้อง ภายหลังจากเกิดความรู้และเจตคติที่ถูกต้องแล้ว ขั้นตอนต่อไปถ้าต้องการให้เกิดความตระหนัก หรือการรู้แจ้งเห็นจริงก็จะต้องสร้างความลุ่มลึกชัดแจ้ง (Intelligibility) ในเรื่องสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะจะต้องมีการปฏิบัติจนเกิดเป็นนิสัยและฝังแน่นในความรู้สึกอย่างคงทน

สำหรับประเด็นความลุ่มลึกชัดแจ้งที่ก่อให้เกิดความตระหนักในสิ่งแวดล้อมนั้นสามารถแบ่งเป็นลำดับได้ 4 ขั้นตอน คือ

1. มีความรู้ที่ชัดแจ้งและซาบซึ้ง หมายถึง เข้าใจอย่างถ่องแท้ในเรื่องสิ่งแวดล้อม รู้ว่าสิ่งใดถูกสิ่งใดผิด สิ่งใดดีสิ่งใดไม่ดี สิ่งใดก่อให้เกิดประโยชน์สิ่งใดก่อให้เกิดโทษ และสิ่งใดก่อให้เกิดผลดีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม
2. มีความรักและห่วงหาอาวรณ์ หมายถึง รักและห่วงหาอาวรณ์ในสิ่งที่เข้าใจอย่างถ่องแท้สำหรับเรื่องราวต่างๆ ของสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งที่ถูก สิ่งที่ดีมีประโยชน์ และก่อให้เกิดผลดีต่อมนุษยชาติ
3. มีความวิตกกังวล หมายถึง รู้สึกเป็นห่วงและกังวลถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมหรือผลที่จะเกิดขึ้นกับมนุษย์ ทั้งในปัจจุบันและอนาคต
4. การปฏิบัติอย่างจริงจัง เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดสำหรับสร้างความลุ่มลึก เพื่อให้เกิดความตระหนักในสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนทั้ง 3 ข้อที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้นเป็นเพียงพื้นฐานที่

ก่อให้เกิดผลทางด้านลักษณะนิสัยและความรู้สึกนึกคิด แต่ผลในทางนามธรรมที่จะเกิดขึ้นต่อ
สิ่งแวดล้อมนั้นต้องอาศัยการปฏิบัติอย่างจริงจังทั้งทางตรงและทางอ้อม

จากแนวคิดเกี่ยวกับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมสามารถสรุปได้ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 ลำดับขั้นตอนของการสะสมความรู้และเจตคติเพื่อเกิดความตระหนักทางสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสภาวะจิตใจที่เกิดความรู้สึกรู้สึก ความสำนึก
ต่อสิ่งแวดล้อมอันเกิดขึ้นจากการมีความรู้และเจตคติที่ถูกต้องด้านสิ่งแวดล้อม จนเกิดเป็นความลุ่ม
ลึกชัดเจน เช่น เห็นประโยชน์ รู้คุณค่า ห่วงแหน ปกป้อง และรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมตลอด
นำไปปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมจนพัฒนาต่อเป็นความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการจัด
การเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ เห็นความสำคัญของสิ่งแวดล้อมและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมา
จากการกระทำที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมได้ในที่สุด

6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนัก

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าความตระหนักจะเกิดขึ้นได้นั้นมนุษย์จะต้องมีความรู้ที่
พัฒนาจากการรับรู้ ซึ่งความตระหนักที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นกับการรับรู้และความรู้
ของแต่ละคน ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักจึงประกอบด้วย (ทงศักดิ์ ประสบกิติคุณ.

2535: 21 – 23)

1. ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล
2. ความเคยชินต่อสภาพแวดล้อม ถ้าบุคคลใดที่มีความเคยชินต่อสภาพแวดล้อม
ที่เห็นอยู่เป็นประจำ ก็จะทำให้บุคคลนั้นไม่ตระหนักต่อสิ่งที่เกิดขึ้น
3. ความใส่ใจและการเห็นคุณค่า ถ้ามนุษย์มีความใส่ใจต่อเรื่องใดมากๆ นั้นแสดง
ถึงการมีความพร้อมที่จะรับรู้ ซึ่งสามารถพัฒนาไปสู่ความตระหนักในเรื่องนั้นได้
4. ลักษณะและรูปแบบของสิ่งเร้า สามารถทำให้ผู้พบเห็นเกิดความสนใจ ย่อมทำ
ให้ผู้พบเห็นเกิดการรับรู้และความตระหนักขึ้น

5. ระยะเวลาและความถี่ในการรับรู้ ถ้ามนุษย์ได้รับการรับรู้บ่อยครั้งเท่าใดหรือนานเท่าไรก็ยิ่งทำให้มีโอกาสเกิดความตระหนักได้มากขึ้นเท่านั้น

6.3 ความสำคัญของความตระหนัก

มโนญ พีชสะกะ (2540: 14) ได้สรุปว่า การกระทำใดๆ ของมนุษย์เกิดจากความเชื่อและอารมณ์ที่มีต่อสิ่งนั้น ดังนั้นคนที่มีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม มักจะคิดและกระทำแต่สิ่งที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก

6.3.1 ความตระหนักจะช่วยให้เกิดการประเมินว่าควรทำหรือไม่ควรทำ ที่ทำให้บุคคลนั้นเกิดบรรทัดฐาน หรือมาตรฐานทางพฤติกรรมของตนเองขึ้น ซึ่งจะช่วยพัฒนาตนเองได้มีจุดยืน และเป็นตัวของตัวเองมีบุคลิกที่ดีงาม และมีค่านิยมที่ถูกต้อง

6.3.2 ความตระหนักจะเป็นแบบแผนให้คนรู้จักคิด รู้จักเลือก และรู้จัก ตัดสินใจที่จะแก้ไขข้อขัดข้องต่างๆ เพราะการเลือกเป็นสิ่งที่กำหนดให้เกิดการตัดสินใจที่เป็นความรู้สึกนึกคิด

6.3.3 ความตระหนักเป็นแรงจูงใจ ที่จะทำให้คนชอบหรือไม่ชอบเป็นแรงผลักดันให้บุคคลนั้นทำด้วยความตั้งใจที่จะช่วยให้คนประสบความสำเร็จต่อการทำงาน

ความตระหนักจึงช่วยให้คนเห็นรับรู้ข้อเท็จจริง เห็นความสำคัญและรู้จักเลือกและตัดสินใจที่จะปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหา ดังนั้นความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญต่อจิตใจที่จะจูงใจให้คิดวิเคราะห์ และตัดสินใจที่จะปกป้องและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

6.4 ลักษณะของความตระหนัก

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาและ นักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของความตระหนัก มีรายละเอียดดังนี้

6.4.1 แนวคิดของฟรอยด์ (จรรยา ชื่นจ่าย. 2546: 8; Freud. 1933) ฟรอยด์เป็นนักจิตวิทยาด้านการพัฒนาบุคลิกภาพที่เชื่อว่า พื้นฐานทางสรีระเป็นแรงขับโดยสัญชาตญาณทำให้เกิดความต้องการและทำให้คนแสดงพฤติกรรม เรามีแนวคิดว่า ความตระหนักเป็นลักษณะทางจิตที่เกิดจากภาวะของอีโก้ (Ego) และซูเปอร์อีโก้ (Superego) ซึ่งจะควบคุมคนให้กระทำในกรอบที่สังคมต้องการ คนที่มีความตระหนักจะมีความรู้สึกสำนึกหรือมีจิตสำนึก ดังนั้นคนที่มีความตระหนักต่อสิ่งใดก็จะเป็นคนมีมโนธรรม หรือมีจริยธรรมต่อสิ่งนั้น ซึ่งคนนั้นมักจะกระทำแต่สิ่งที่ดี และถูกต้องตามครรลองครองธรรมหรืออาจเรียกว่าเป็นคนมีสติ

6.4.2 แนวคิดของบลูมและคนอื่นๆ (Bloom; Krathwohl; & Masia. 1964: 101-103) บลูมได้จัดกลุ่มพฤติกรรมด้านอารมณ์และความรู้สึกไว้ในด้านจิตพิสัย (Affective domain) ในระดับขั้นการเรียนรู้ที่สามารถรับรู้ข้อเท็จจริงและเรื่องราวต่างๆ อย่างเพียงพอ ซึ่งเป็นขั้นพื้นฐานของการพัฒนาขึ้นไปสู่ขั้นที่สูงขึ้น คือ ขั้นการตอบสนอง การเกิดค่านิยม การจัดระบบคุณค่า การสร้างลักษณะนิสัยตามแบบค่านิยมที่ยึดถือ ตามลำดับ ซึ่งจะแตกต่างจากการรับรู้ด้านพุทธิพิสัย

(Cognitive domain) ที่ เป็นความสามารถในการจดจำประสบการณ์และเรื่องราวต่างๆไว้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยแนวคิดของบลูมและคนอื่นๆ แสดงได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 ลำดับขั้นของพฤติกรรมด้านจิตพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคนอื่นๆ

1. การรับรู้	1.1 ความตระหนักรู้
	1.2 ความยินดีที่จะรับรู้
	1.3 การควบคุมหรือการเลือกให้ความสนใจ
2. การตอบสนอง	2.1 การยินยอมตอบตกลง
	2.2 ความเต็มใจที่จะตอบสนอง
	2.3 ความพอใจในการตอบสนอง
3. การเกิดค่านิยม	3.1 การยอมรับค่านิยม
	3.2 การนิยมชมชอบในค่านิยม
	3.3 การยึดมั่นในค่านิยม
4. การจัดระบบคุณค่า	4.1 การสร้างแนวความคิดของค่านิยม
	4.2 การจัดระบบค่านิยม
5. การสร้างลักษณะนิสัย	5.1 การวางหลักทั่วไป
	5.2 การสร้างลักษณะนิสัย

ที่มา: Bloom, Benjamin S.; Krathwohl, R. David; & Masia, Bertram B. (1964).

Taxonomy of Educational Objectives, Handbook II: Affective Domain. p. 101-103.

โดยสรุปความตระหนักเป็นภาวะทางจิตใจที่มีลักษณะเป็นความรู้สึกหรืออารมณ์และมีการพัฒนาเป็นลำดับขั้น เกิดจากการรับรู้เป็นพื้นฐานแล้วมีความคิดและการประเมินค่าเพื่อนำไปใช้ควบคุมตนเอง ซึ่งทำให้คนนั้นมีสติสัมปชัญญะและมีแนวโน้มที่จะแสดงออกในทางที่ถูกต้องดังนั้นความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นความรู้สึกนึกคิดในใจที่เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตนเองกับสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากการได้รับรู้ ได้เห็น ได้คิดไตร่ตรองจนเกิดความรู้สึกและอารมณ์ การสร้างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมจึงไม่ใช่ให้ความรู้แต่เพียงอย่างเดียว แต่ควรจัดกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนรับรู้ข้อมูล ข้อเท็จจริงที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ให้คิดวิเคราะห์และกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

6.5 องค์ประกอบของความตระหนัก

เนื่องจากความตระหนักเป็นสภาวะทางจิตใจ ความสำนึก ความรู้สึก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวคิดของนักจิตวิทยาเกี่ยวกับองค์ประกอบของจิตใจซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 แนว ดังนี้

6.5.1 แนวคิดที่กล่าวถึงจิตใจมีสามองค์ประกอบ ได้แก่ ปัญญา จิตใจและพฤติกรรม โดยพระธรรมปิฎก (2539: 1-8) กล่าวถึงการแสดงออก การเคลื่อนไหวทางร่างกาย และวาจาจะมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม พฤติกรรมที่แสดงออกทุกครั้งต้องมีความตั้งใจและแรงจูงใจเป็นสิ่งกำหนด เมื่อมีแรงจูงใจอย่างไรก็จะมีเจตจำนงที่จะแสดงออกทางพฤติกรรมด้วยกายและวาจา ส่วนความรู้สึกหรือสภาพอารมณ์รวมทั้ง คุณธรรม เช่น ความรัก ความชอบ ความเกลียด ความริษยา เหล่านี้จะมีอิทธิพลอยู่เบื้องหลังของพฤติกรรม ความชอบนี้จะถูกกระตุ้นและพัฒนาเป็นความเชื่อในคุณค่าของสิ่งนั้นๆและจะพัฒนาเป็นค่านิยมต่อไป ช่วงเวลาของการพัฒนาที่นานพอควรจะไปกระตุ้นให้เกิดสภาวะในใจที่ มุ่งมั่นจะกระทำที่เรียกว่าเจตคติและเมื่อมีเจตคติก็น่าจะกระตุ้นให้คนนั้นลงมือกระทำปฏิบัติหรือแสดงออก นอกจากนี้พฤติกรรมต้องอาศัยปัญญาเกี่ยวข้องเพราะการที่จะแสดงพฤติกรรมอะไรออกมา นั้น ก็ต้องมีความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมที่แสดงออกจะอยู่ภายใต้ขอบเขตของปัญญา ซึ่งกล่าวได้ว่าปัญญาต้องอาศัยจิตใจถ้าจิตใจมีความเพียร มีความขยันอดทนใจสู้เจอปัญหาไม่ถอย พยายามคิดและแก้ปัญหาก็จะเกิดปัญญา ความรู้สึกและปัญญาก็มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในระดับปานกลางและความสัมพันธ์นี้ไม่อาจแยกจากกัน (ธีระพร อูวรรณโณ. 2528: 1-4) การพัฒนาคนจึงอยู่ในระบบแห่งบูรณาการ 3 ด้าน คือ ปัญญา จิตใจ และพฤติกรรม สอดคล้องกับแนวความคิดของเฟอร์กูสัน (Ferguson. 1952: 81) เครชและบาลลาเชย์ (Krech; & Ballachey. 1962: 140-141) ซึ่งที่ยอมรับว่าจิตใจของคนมี 3 องค์ประกอบ ดังนี้

(1) องค์ประกอบด้านความรู้ (Cognitive component) การที่บุคคลจะมีความรู้สึกต่อสิ่งใดนั้นบุคคลนั้นจำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องนั้นเสียก่อน เพื่อรู้ว่าสิ่งนั้นมีประโยชน์หรือโทษอย่างไร เช่น รู้ว่าต้นไม้มีประโยชน์มากมาย มีดอกไม้ทำให้ที่ต่างๆสวยงามและน่าอยู่ มีผลใช้เป็นอาหารได้ ช่วยทำให้อากาศร่มรื่นและช่วยป้องกันน้ำท่วม เป็นต้น ความรู้เหล่านี้จะแตกต่างกับความรู้ความจำที่จดจำเรื่องราวต่างๆไว้อย่างแม่นยำ แต่ความรู้เกิดจากการคิดและการวิเคราะห์มาอย่างดี ดังนั้น ความตระหนักในส่วนนี้จึงเป็นความเชื่อ ความรู้ ความคิดและความคิดเห็นต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด

(2) องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective component) เมื่อบุคคลมีความรู้มากพอ ก็จะเกิดความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบต่อสิ่งนั้น หากรู้ว่าสิ่งนั้นดีมีประโยชน์ก็จะรู้สึกชอบ และรู้สึกว่าสิ่งนั้นไม่ดีหรือไม่มีประโยชน์บุคคลนั้นก็เกิดความรู้สึกไม่ชอบ เมื่อรู้ว่าต้นไม้มีประโยชน์แล้วก็จะมีความรู้สึกชอบ รักและหวงแหนต้นไม้ และเห็นว่าการทำลายต้นไม้และป่าไม้ทำให้เกิดภัยอันตรายแก่ชีวิต ที่จะไม่รู้สึกไม่ชอบการบุกรุกและลักลอบตัดไม้ทำลายป่า ดังนั้น ความตระหนักในส่วนนี้จึงเป็นความรู้สึกชอบไม่ชอบ หรือมีท่าทีที่ดีหรือไม่ดีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด

(3) องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavioral component) เมื่อบุคคลนั้นรู้สึกชอบหรือไม่ชอบ ก็พร้อมที่จะกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านตามความรู้สึก ซึ่งในส่วนนี้จะไม่แสดงพฤติกรรมออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน แต่จะเป็นส่วนที่มีแนวโน้มหรือความพร้อมที่บุคคลจะปฏิบัติตามความรู้สึก เช่น เมื่อชอบ รักและหวงแหนต้นไม้ บุคคลนั้นก็จะเห็นด้วยและสนับสนุนกับกฎเกณฑ์การอนุรักษ์ป่าไม้

6.5.2 แนวคิดที่กล่าวถึงจิตใจมีสององค์ประกอบ โรเซนเบิร์ก (Rosenberg. 1956: 367-372) และแคทซ์ (Katz. 1960: 163-204) ได้แบ่งจิตใจออกเป็น 2 องค์ประกอบ คือปัญญาและความรู้สึก โดยปัญญาจะเป็นตัวส่งเสริมหรือขัดขวางการบรรลุถึงค่านิยมต่างๆ ของบุคคล ส่วนความรู้สึกของบุคคลจะเกิดขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งหนึ่งสิ่งใด โรเซนเบิร์กได้เสนอทฤษฎีความคล่องของปัญญา (Cognitive consistency theories) ที่กล่าวว่ามนุษย์ต้องการที่จะบรรลุและรักษาไว้ซึ่งความสอดคล้องระหว่างความรู้สึกและปัญญา

6.5.3 แนวคิดที่กล่าวถึงจิตใจมีองค์ประกอบเดียว ฟิชไบน์ ไอเซ็น เฮอร์สโตน อินสโคและเบ็ม (ธีระพร อวรรณโณ. 2529: 105; อ้างถึงใน; Fishbein; Ajzen; Thurstone; Insko; & Bem.) เป็นกลุ่มนักจิตวิทยาที่สนับสนุนว่า จิตใจมีองค์ประกอบเดียว คืออารมณ์ความรู้สึกในทางที่ชอบหรือไม่ชอบต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ดังนั้น จึงมีนักจิตวิทยาถือเอานิยามองค์ประกอบทางอารมณ์ความรู้สึกเป็นคำนิยามเดียวกันกับเจตคติ

จากข้อมูลข้างต้นสรุปว่า ทั้งสามแนวคิดมีความเห็นร่วมกันว่าจิตใจประกอบด้วยองค์ประกอบหลักคือความรู้สึก ซึ่งอาจจะมียุทธศาสตร์ประกอบอื่นๆ อีกเช่น ปัญญาหรือพฤติกรรม ซึ่งทั้งสามองค์ประกอบต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นการที่จะสร้างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ควรพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาองค์ประกอบด้านปัญญา ความคิด ความรู้สึกและอารมณ์

6.6 การวัดความตระหนัก

ความตระหนัก (Awareness) เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการรู้สำนึกว่าสิ่งนั้นมีอยู่ (Conscious of something) จำแนกและรับรู้ (Recognitive) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ละเอียดอ่อนเกี่ยวกับด้านความรู้สึกและอารมณ์ ดังนั้นการวัดและการประเมิน จึงต้องมีหลักการและวิธีการตลอดจนเทคนิคเฉพาะที่เหมาะสม จึงจะวัดความรู้สึกและอารมณ์นั้นๆ ได้ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้หลายวิธี ดังนี้ (ชวาล แพรัตกุล. 2552: 55-68)

1. วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) อาจเป็นการสัมภาษณ์ชนิดที่โครงสร้างแน่นอน (Structured item) โดยสร้างคำถามและมีคำตอบที่เลือกเหมือนกัน แบบสอบถามชนิดเลือกตอบ และคำถาม จะต้องตั้งไว้ก่อน เรียงลำดับก่อนหลังไว้อย่างดี หรืออาจเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured item) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์ที่มีไว้แต่หัวข้อใหญ่ๆ ให้ผู้ตอบมีเสรีภาพในการตอบมาก

2. แบบสอบถาม (Questionnaire) แบบสอบถามอาจจะเป็นชนิดปลายปิดหรือปลายเปิดก็ได้

3. แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เป็นเครื่องมือวัดชนิดที่ตรวจสอบว่า เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย มีหรือไม่มีสิ่งที่กำหนดไว้ตามรายการ อาจอยู่ในรูปของการทำเครื่องหมายตอบ หรือเลือกกว่าใช่ ไม่ใช่ก็ได้

4. มาตรวัดอันดับคุณภาพ (Rating scale) เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับวัดอารมณ์และความรู้สึกที่ต้องการทราบระดับความเข้าใจ (Intensity) ว่ามีมากน้อยเพียงไรในเรื่องนั้น

5. การเข้าใจความหมายของภาษา (Semantic Differential technique หรือ S.D.) เทคนิคการวัดโดยใช้ความหมายของภาษาของชาร์ลส์ ออสกู๊ด (Osgood. 1952: 172-175) เป็นเครื่องมือที่วัดได้ครอบคลุมชนิดหนึ่ง เครื่องมือชนิดนี้จะประกอบด้วยเรื่องซึ่งถือเป็น “สัปดาห์” และจะมีคุณศัพท์ที่ตรงข้ามกันเป็นคู่ประกอบสัปดาห์นั้นหลายคู่ แต่ละคู่จะมี 2 ขั้ว ช่วงห่างระหว่าง 2 ขั้วนี้แบ่งด้วยตัวเลข ถ้าใกล้ข้างใดมากก็จะมีคุณลักษณะตามคุณศัพท์ของขั้วนั้นมาก คุณศัพท์ที่ประกอบเป็น 2 ขั้วนี้ แยกออกเป็น 3 ด้านใหญ่ๆ คือ ด้านที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่า (Evaluation) ด้านที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพ (Potential) และด้านที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรม (Activity)

ทิสนา แคมมณี (2546: 125) ได้กล่าวถึงกระบวนการวัดความตระหนักซึ่งเป็นกระบวนการที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เอาใจใส่ รับรู้ เห็นคุณค่าในปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. สังเกต ให้ข้อมูลที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เอาใจใส่ และเห็นคุณค่า
2. วิचारณ์ ให้ตัวอย่าง สถานการณ์ ประสบการณ์ตรง เพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์หาสาเหตุและผลดีผลเสียที่เกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

3. สรุปให้อภิปรายหาข้อมูลหรือหลักฐานมาสนับสนุนคุณค่าของสิ่งที่จะต้องตระหนักและวางแผนเป้าหมายที่จะพัฒนาตนเองในเรื่องนั้น

สรุปได้ว่า การวัดความตระหนักสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ที่ต้องการวัดว่าจะเลือกวิธีการใดที่เหมาะสมเพื่อให้วิธีการที่นำไปใช้นั้นสามารถวัดความตระหนักซึ่งเป็นพฤติกรรมด้านความรู้สึกและอารมณ์ออกมาได้อย่างแท้จริงสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

6.7 วิธีพัฒนาความตระหนัก

เนื่องจากความตระหนักเป็นพฤติกรรมในด้านความรู้สึกและอารมณ์ที่เกิดจากการได้รับความรู้ จนเกิดเป็นค่านิยมที่ถูกต้อง และพัฒนาจนเป็นความตระหนักที่ส่งผลต่อการแสดงออกของพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ดังนั้นการพัฒนาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมจึงสามารถทำได้โดยการให้ความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมโดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย ซึ่งนักการศึกษาและหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม ได้เสนอรูปแบบของกิจกรรมไว้มากมาย สรุปได้ดังนี้ (Daikin. 2013: online; Jacobs; & Cates. 1999: 47)

6.7.1 การพานักเรียนไปศึกษานอกสถานที่ ซึ่งอาจเป็นสิ่งแวดล้อมในชุมชน สถานประกอบการ หรือโรงงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน ซึ่งกิจกรรมนี้นอกจากจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาด้านสิ่งแวดล้อมจากประสบการณ์จริงแล้ว ยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงทักษะการสังเกตเข้ากับการเรียนการสอนตามแนวทางการสอนแบบใช้ธรรมชาติเป็นฐาน (Nature-based strategy) ในการค้นพบปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วยตนเองซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ดีที่สุดวิธีหนึ่ง ในการช่วยให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม เกิดความต้องการที่จะปกป้องสิ่งแวดล้อม ตลอดจนพัฒนาความเข้าใจถึงผลกระทบของการกระทำของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อม (Ballantyne;& Parker. 2002: 218)

6.7.2 การใช้กิจกรรมบทบาทสมมติ (Role play) เช่น การให้ผู้เรียนแสดงบทบาทเป็นตัวละครที่แตกต่างกันในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการตัดไม้เพื่อส่งออกจากประเทศอินโดนีเซียไปยังประเทศญี่ปุ่นในการสอนหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับป่าไม้

6.7.3 การสัมภาษณ์บุคคลผู้มีความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เช่น ราษฎรชาวบ้าน บุคลากรของหน่วยงาน วิธีนี้นอกจากจะเป็นการเพิ่มพูนความรู้แล้วยังฝึกทักษะการสื่อสารให้แก่ผู้เรียนได้

6.7.4 การทำโครงงาน

6.7.5 การไต่สวนที่ในประเด็นที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

6.7.6 การเผยแพร่ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมแก่ผู้อื่น เช่น จัดทำโปสเตอร์ แผ่นพับ ส่งเสริมการกระทำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม วาดภาพ เขียนคำขวัญ เขียนเรียงความหรือการฝึกเขียนจดหมายถึงหน่วยงาน องค์กรที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมเพื่อบรรยายถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชน

6.7.7 การมีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชน เช่น การปลูกต้นไม้

กิจกรรมดังกล่าวข้างต้น ครูผู้สอนสามารถนำรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ แนวคิดเกี่ยวกับการสอนภาษาเพื่อการสื่อสาร (Communicative approach) และกระบวนการกลุ่มมาใช้ให้ผู้เรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมร่วมกัน โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ บทความจากหนังสือพิมพ์ นิตยสาร วิทยุ โทรทัศน์ อินเทอร์เน็ต เพลงที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมหรือสื่อที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบค้นหรือสร้างขึ้นด้วยตนเองมาใช้ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ วิวิจารณ์และแก้ปัญหาจากเรื่องราวที่ได้อ่านหรือฟัง ซึ่งการเปิดโอกาสให้บุคคลได้แสดงความคิดเห็นอย่างตรงไปตรงมาและมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชนนี้สามารถสร้างความตระหนักให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนได้ (Seremia. 2011: online) นอกจากนี้ครูยังสามารถแทรกประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมในระหว่างขั้นตอนการจัดกิจกรรม เช่น ฝึกให้ผู้เรียนใช้กระดาษให้ครบทั้งสองหน้า

จากผลการศึกษาแนวคิดและหลักการของนักการศึกษา นักจิตวิทยาสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ซึ่งสรุปเป็นประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนเป็นภาวะภายในจิตใจที่ไม่สามารถมองเห็นเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาได้ สามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นได้โดยการจัดกิจกรรมที่หลากหลายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพื่อฝึกให้นักเรียนสามารถพัฒนาไปสู่ขั้นของการเกิดค่านิยม และการสร้างนิสัยที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมได้

2. ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเกิดจากความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางด้านความรู้ ความคิด และอารมณ์ความรู้สึกที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียน การสร้างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมจึงควรจัดกิจกรรมที่พัฒนาด้านต่างๆ ดังนี้

2.1 พัฒนาด้านความรู้โดยให้นักเรียนรับรู้ข้อมูลและให้เห็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่แท้จริง

2.2 พัฒนาด้านความคิด โดยส่งเสริมให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกทางเลือกและกำหนดแนวทางปฏิบัติของตนเองที่เป็นการสร้างสัญญาของตัวเองหรือกลุ่มของตนเอง (Commitment) ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ภาษาจากสื่อจริงที่หลากหลาย

2.3 พัฒนาด้านอารมณ์ โดยกระตุ้นความรู้สึกทางอารมณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ตนเองคิดอย่างอิสระ เช่น วาดภาพ เขียนคำขวัญ และเขียนเรียงความ ที่จะเป็นการต่อยอดให้เป็นความรู้สึกที่ตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมั่นคงตลอดไป

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์เทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงผลการสังเคราะห์กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

กิจกรรมพัฒนาการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	กิจกรรมพัฒนาความ ตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม	การสังเคราะห์กิจกรรม ของผู้วิจัย
1. การตั้งคำถามกระตุ้นการคิด	1. การศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ นอกสถานที่	1. การตั้งคำถาม - ครูเป็นผู้ตั้งคำถาม - นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม
2. การมอบหมายงานเขียน	2. การมอบหมายงานเพื่อ กระตุ้นความรู้สึกทางอารมณ์ ของนักเรียน เช่น การวาดภาพ การเขียนคำขวัญ การเขียน เรียงความเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม	2. การมอบหมายงาน และ เผยแพร่ผลงานแก่ผู้อื่น

ตาราง 4 (ต่อ)

กิจกรรมพัฒนาการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	กิจกรรมพัฒนาความ ตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม	การสังเคราะห์กิจกรรม ของผู้วิจัย
3. การกำหนดประเด็นโต้แย้ง ให้เกิดการคิดผ่านการอภิปราย ร่วมกันจากสถานการณ์ที่เป็น ปัญหา	3. การโต้วาทีในประเด็นที่ เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม	3. การกำหนดประเด็นโต้แย้ง จากสถานการณ์ที่เกี่ยวกับ สิ่งแวดล้อม
4. การสอนแบบโครงงาน	4. การสอนแบบโครงงาน	4. การสอนแบบโครงงาน
5. การใช้กระบวนการกลุ่ม	5. การเผยแพร่ความรู้ด้าน สิ่งแวดล้อมต่อบุคคลอื่น	5. การจัดการเรียนรู้ที่แทรก ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้ กระบวนการกลุ่มในการดำเนิน กิจกรรม
	6. การมีส่วนร่วมกิจกรรมด้าน สิ่งแวดล้อมของชุมชน	6. การมีส่วนร่วมในกิจกรรม ด้านสิ่งแวดล้อมของชุมชน
	7. การแทรกประเด็นด้าน สิ่งแวดล้อมเข้าไปในการจัด การเรียนการสอน	

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักสูตรบูรณาการ โดยนำแนวคิดของสะเต็มศึกษา มาบูรณาการเข้ากับหัวเรื่อง “อ้อย” ที่สอดคล้องกับบริบทด้านเกษตรกรรมในท้องถิ่น ผ่านการเรียนรู้ จากกิจกรรมที่หลากหลาย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยสอดแทรกข้อความหรือ ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับอ้อยเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกคิด วิเคราะห์ ทดลอง และทำ กิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาโดยนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการ ออกแบบมาประยุกต์ใช้ ควบคู่ไปกับการนำวิธีการที่ส่งเสริมการคิด เช่น การเขียนผังมโนทัศน์ การ ตั้งคำถาม การระดมสมอง การอภิปราย การทำงานกลุ่มมาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ จะช่วย พัฒนาทักษะการคิด ตลอดจนความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

6.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

6.8.1 งานวิจัยในประเทศ

จรรยา ชื่นจำย. (2546: 37-38) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการสอนเพื่อสร้าง ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม และศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการสอนเพื่อสร้างความตระหนักต่อ สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านยะหา อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการสอนเพื่อสร้างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมมีประสิทธิภาพจากการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนมีการพัฒนาคุณสมบัติด้านความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นกว่าก่อนใช้ชุดกิจกรรม โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

กรรณภา วัชรธำรงกุล (2552: 92-93) ได้สร้างและหาคุณภาพแบบวัดความตระหนักผู้ต่อผลกระทบของสภาวะโลกร้อน สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 และเปรียบเทียบความตระหนักผู้ต่อผลกระทบของสภาวะโลกร้อนของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่าแบบวัดความตระหนักผู้ต่อผลกระทบของสภาวะโลกร้อน สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 มีคุณภาพดังนี้ ค่าอำนาจจำแนก (bis r) อยู่ระหว่าง .259 - .486 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค มีค่า 0.862 และด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ มีค่า 0.858 ค่าความเที่ยงตรงของแบบวัด ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) พบว่า จำนวนองค์ประกอบที่เหมาะสมของแบบวัดความตระหนักผู้ต่อผลกระทบของสภาวะโลกร้อน มี 2 องค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่ 1 มีจำนวน 18 ข้อ ชื่อว่า การลดการใช้พลาสติกทดแทน และการประหยัดพลังงาน ส่วนองค์ประกอบที่ 2 มีจำนวน 10 ข้อ ชื่อว่า การไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม นักเรียนที่มีระดับชั้นต่างกัน มีความตระหนักผู้ต่อผลกระทบของสภาวะโลกร้อนทั้งด้านการลดการใช้ พลาสติกทดแทน และการประหยัดพลังงาน และด้านการไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สิริกัลยา คำนาน (2552: 77-81) ได้ศึกษาถึงความตระหนักของเกษตรกรและความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคล ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรในตำบลป่าแลวหลวงกับความตระหนักต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกข้าวโพดรวมทั้งความต้องการปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร เกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดที่ไม่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อม ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบชั้นประถมศึกษา มีการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมจากโทรทัศน์มากที่สุด เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชจำนวน 1 ครั้ง สำหรับความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดมีความรู้ในระดับต่ำ ส่วนความรู้ด้านปัญหาสิ่งแวดล้อม พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดมีความรู้ในระดับสูง และความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกข้าวโพด พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดมีความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกข้าวโพด ลักษณะส่วนบุคคล ไม่มีความสัมพันธ์กับความตระหนักของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกข้าวโพด ส่วนการรับรู้ข่าวสารทางด้านวิทยุโทรทัศน์และหนังสือพิมพ์ และปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีมีความสัมพันธ์กับความตระหนักของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปลูกข้าวโพด

จรรยา จิวเจริญ (2554: 79-80) ได้พัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนกุลโนจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 35 กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยกิจกรรมเสริมหลักสูตรประกอบด้วยเนื้อหา 4 หน่วยคือ 1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม 2)

พลังงานทางเลือก 3) พลังงานน้ำ และ 4) พลังงานไฟฟ้า เครื่องมือวิจัยประกอบไปด้วย แบบทดสอบความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม แบบสอบถามพฤติกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม และแบบสอบถามความตระหนักด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่าที (t-test) พบว่า หลังการฝึกอบรมนักเรียนที่เข้าร่วมมีความรู้ ความเข้าใจ พฤติกรรมและมีความตระหนักด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมสูงกว่าก่อนเข้ารับการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

อลายโม (Alaimo: 1969) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเข้าใจในปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ เพศ การยอมรับตนเอง การเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม โอกาสในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมและแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนเพศชายและเพศหญิงมีค่านิยมต่อสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างกัน และนักเรียนแต่ละระดับจะมองการแก้ปัญหาด้วยแนวทางต่างๆ กัน ดังนั้นการเรียนการสอนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมควรจะแปรไปตามระดับความแตกต่างของปัจจัยด้านต่างๆ ของนักเรียน

เบอร์เชทท์ (Burchett. 1972: 4439A) ได้ศึกษาเจตคติเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาในระดับ 4 ระดับ 5 และระดับ 6 ซึ่งผลการศึกษา พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมในทิศทางบวกและปัญหาสิ่งแวดล้อมในอนาคตจะรุนแรงมากกว่าในปัจจุบัน สิ่งที่มีอิทธิพลต่อเจตคติของนักเรียน คือ การสอนของครูและสิ่งเร้าภายนอก เช่น ภาพยนตร์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลถึงเจตคติของนักเรียนและองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งในการเปลี่ยนแปลงเจตคติของนักเรียน คือ การได้มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม

บาลแลนไธน์ และพาร์คเกอร์ (Ballantyne; & Parker. 2002) ได้สำรวจความคาดหวัง เจตคติและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนที่เรียนเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมตามโปรแกรมการสอนสิ่งแวดล้อมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งแวดล้อมจากแหล่งเรียนรู้ตามธรรมชาติ โดยผู้วิจัยสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนที่มีอายุระหว่าง 8-17 ปี จำนวน 580 คน ผลการสำรวจ พบว่า การเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สังเกตและเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติโดยตรงสามารถส่งเสริมความสนใจและพัฒนาเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงความปรารถนาและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของผู้เรียนได้

เซตินและนิแซนซี (Cetin; & Nisanci. 2010: online) ได้พัฒนาหลักสูตรรายวิชาชีววิทยา และเปรียบเทียบผลการใช้หลักสูตรด้านความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมกับนักเรียนเกรด 9 ปีการศึกษา 2008-2009 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กอกเมนโนกลู อีเรตและเออร์แคน (Gokmenoglu; Eret; & Ercan. 2011: online) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น ความชอบ ผลการเรียนรู้ และความสนใจทั่วไปในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน ได้แก่ เพศ การมีคอมพิวเตอร์ส่วนตัวใช้ที่บ้าน จำนวนหนังสือที่มีอยู่ในบ้าน การลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของปีการศึกษานี้และปีการศึกษาที่ผ่านมา รวมถึงเวลาที่ใช้ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำหลักสูตรวิทยาศาสตร์สำหรับครู โดยได้ศึกษากับนักเรียนอายุ 15 ปีที่เข้าร่วมการประเมินตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในรอบปี 2006 จำนวน 4942 คนของประเทศตุรกี เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ผลการศึกษา พบว่า ความชอบทัศนคติ ผลการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ตลอดจนความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ลักษณะมุ่งอนาคตและการวางแผนประกอบอาชีพด้านวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียน พบว่า เพศหญิงมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าเพศชาย การมีคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลใช้ที่บ้าน จำนวนหนังสือ เวลาที่ใช้ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีผลต่อความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนการลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในปีการศึกษานี้และปีการศึกษาที่ผ่านมาไม่มีผลต่อความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

ทราน โซและงูเย็น (Tran; Chou; & Nguyen. 2013: 24-32) ได้ศึกษารูปแบบการอนุรักษ์ปะการังทางทะเลในเขตเมืองตรา (Trao) บริเวณภาคกลางของประเทศเวียดนามโดยใช้การจัดการแบบใช้ชุมชนเป็นฐาน โดยผู้วิจัยได้ร่วมมือกับหน่วยงานหลายภาคส่วนในการดำเนินกิจกรรมที่หลากหลายโดยมุ่งพัฒนาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของคนในชุมชน เช่น การจัดทำสื่อเผยแพร่ความรู้ ฝึกอบรม แผ่นพับเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเล การจัดกิจกรรมทางสังคมที่เปิดโอกาสให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการเสนอความคิดเห็นและลงมืออนุรักษ์ด้วยตนเองจนเกิดความรู้ความภาคภูมิใจในสิ่งแวดล้อมของตน การพัฒนาคู่มือการจัดการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับครู และนักเรียนในห้องที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมนอกห้องเรียนที่หลากหลาย เช่น การแข่งขันวาดภาพ เขียนเรียงความ เล่นเกม เยี่ยมชมสถานที่ทางทะเลโดยเน้นกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อการอนุรักษ์ปะการังทางทะเลที่เน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนสามารถพัฒนาความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศทางทะเล ตลอดจนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมแก่บุคคลในชุมชนได้ในระดับดี

ไดคิน (Daikin. 2010: online) ได้พัฒนาโปรแกรมการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่เยาวชนในประเทศญี่ปุ่น ในหัวเรื่อง “ป่าไม้” โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้และให้ความช่วยเหลือในการถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมโดยใช้พนักงานของบริษัทเพื่อสร้างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมให้แก่ผู้เรียนและช่วยให้เขามองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งผลกระทบของมนุษย์ที่มีต่อระบบนิเวศ โดยในการวิจัยครั้งนี้บริษัทไดคินได้ใช้สื่อและรูปแบบกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การอภิปรายประเด็นต่างๆ จากการดูวิดีโอที่บริษัทได้

พัฒนาขึ้น การทำงานกลุ่มและการแสดงบทบาทสมมติเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นตามบทบาทของกลุ่มคนที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการตัดไม้ในประเทศอินโดนีเซียเพื่อส่งมาขายยังประเทศญี่ปุ่นเพื่อพิจารณาผลกระทบอย่างรอบด้าน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความสนใจในกิจกรรมของบริษัทและมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้ว่า งานวิจัยส่วนมากจะมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้ปัจจัยด้านลักษณะและรูปแบบของสิ่งเร้า ได้แก่ รูปแบบหรือวิธีการสอนตลอดจนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการนำความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อมแทรกเข้าไปในกระบวนการเรียนการสอน การเรียนรู้จากสื่อต่างๆ เช่น วิทยู โททัศน์ สื่อสิ่งพิมพ์ รวมถึงการจัดกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับชั้นและวัยของผู้เรียนโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง ผ่านการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้ตามธรรมชาติด้วยตนเอง ซึ่งสิ่งเร้าเหล่านี้สามารถช่วยพัฒนาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมโดยสอดแทรกความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมลงในกิจกรรมผ่านสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ต่อเนื่องและสอดคล้องกับวัยและประสบการณ์ของผู้เรียนเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้องจนพัฒนาเป็นความตระหนัก

7. ความพึงพอใจ

7.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่มีต่อการเรียนรู้ การรับรู้ และความสำเร็จของการจัดการศึกษา โดยนักการศึกษาได้ให้คำจำกัดความของคำนี้ไว้หลากหลาย ซึ่งสามารถสรุปความหมายได้ว่า ความพึงพอใจเป็นกระบวนการหรือสภาวะทางจิต (Singh; Singh; & Singh. 2012: online; citing Morse. 1953: 27; Wallerstein. 1995: 27) ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ทำให้บุคคลเกิดความรู้สึกชอบ รัก พอใจหรือมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งนั้น กระบวนการดังกล่าวนี้เกิดจากการที่บุคคลนั้นได้รับการตอบสนองความต้องการหรือความคาดหวังของตนเอง โดยการตอบสนองนั้นอาจเป็นการตอบสนองทางด้านวัตถุหรือด้านจิตใจก็ได้ (คุณากร จำปาหอม. 2552: 48; ชีรวรรณ โคษา. 2550: 32; รัชนีวรรณ สุขเสนา. 2550: 66; Wolman. 1973: 384)

7.2 ทฤษฎีความพึงพอใจ

ความพึงพอใจในการเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนจึงควรศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจเพื่อนำแนวคิดที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน โดยแนวคิดและทฤษฎีดังกล่าวมีอยู่มากมาย ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

7.2.1 ทฤษฎีลำดับความต้องการของมาสโลว์ (Maslow's hierarchy of needs theory) (ทิตนา แชมมณี. 2550: 69; อ้างอิงจาก Maslow. 1954: 80-91) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงความต้องการพื้นฐานตามธรรมชาติของมนุษย์อย่างเป็นลำดับขั้น กล่าวคือ ความต้องการของบุคคลจะเรียงลำดับตามความสำคัญจากความต้องการพื้นฐานไปจนถึงความต้องการที่ซับซ้อน โดยบุคคลจะมีความต้องการในระดับที่สูงขึ้น เมื่อความต้องการระดับต่ำลงมาได้รับการตอบสนองแล้วเท่านั้น ซึ่งถ้าบุคคลที่ได้รับการตอบสนองตามความต้องการแล้วก็จะเกิดความพึงพอใจ มีขวัญและกำลังใจในการทำงาน รวมถึงสามารถทำงานตามที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมาสโลว์ (Maslow) ได้แบ่งความต้องการของมนุษย์ออกเป็น 5 ชั้นจากต่ำไปสูง ดังนี้

ขั้นที่ 1 ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological needs) เป็นความต้องการเบื้องต้นเพื่อความอยู่รอดของชีวิต เช่น ความต้องการอาหาร อากาศ น้ำ และที่อยู่อาศัย ความต้องการทางด้านร่างกายจะมีผลต่อพฤติกรรมก็ต่อเมื่อความต้องการทางด้านนี้ของตนยังไม่ได้รับการตอบสนอง

ขั้นที่ 2 ความต้องการด้านความปลอดภัยหรือความมั่นคง (Security or safety needs) หมายถึงความต้องการสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยปราศจากอันตรายทางร่างกายและจิตใจ ความต้องการในขั้นนี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่ความต้องการทางร่างกายได้รับการตอบสนองแล้ว

ขั้นที่ 3 ความต้องการการเป็นเจ้าของและความรัก (Belonging and love needs) หมายถึง ความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับจากสังคม ความเป็นมิตร ความรักจากเพื่อนร่วมงานและครอบครัว

ขั้นที่ 4 ความต้องการเป็นที่ยอมรับ ยกย่องและให้เกียรติ (Esteem needs) หมายถึง ความต้องการของบุคคลที่จะให้บุคคลอื่นยกย่อง ให้เกียรติและเห็นความสำคัญในความรู้ความสามารถของตนเอง

ขั้นที่ 5 ความต้องการความสำเร็จในชีวิต (Self-actualization needs) เป็นความต้องการระดับสูงสุดที่จะบรรลุความสำเร็จของตนเองด้วยการใช้ความสามารถ ทักษะ และศักยภาพอย่างเต็มที่ บุคคลที่ถูกจูงใจด้วยความต้องการในขั้นนี้จะแสวงหาหน้าที่ท้าทายความสามารถของตนเอง

7.2.2 ทฤษฎีแรงจูงใจของเฮิร์ซเบิร์ก (Herzberg's two factors theory) (รัชนีวรรณ สุขเสนา. 2550: 64; อ้างอิงจาก Herzberg. 1959: 71-79) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับมูลเหตุที่ทำให้เกิดความพึงพอใจที่เรียกว่า The motivation hygiene theory โดยกล่าวถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยกระตุ้น (Motivation factor) ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับการทำงานที่ทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย ความสำเร็จในการทำงาน การได้รับการยอมรับนับถือ ลักษณะงานที่ท้าทายและน่าสนใจ ความรับผิดชอบและความก้าวหน้าในการทำงาน และปัจจัยค้ำจุน (Hygiene factor) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้บุคคลสามารถทำงานได้ต่อไป เช่น ผลตอบแทนที่ได้รับ โอกาสที่จะได้รับความก้าวหน้า สัมพันธภาพระหว่างบุคคล ความมั่นคงปลอดภัย สภาพการทำงานและนโยบายขององค์กร

จากการศึกษาทฤษฎีลำดับความต้องการของมาสโลว์และทฤษฎีแรงจูงใจของ เอิร์ชเบิร์กข้างต้น สรุปได้ว่า ความพึงพอใจของบุคคลเกิดจากความต้องการในชั้นต่างๆ ได้รับการตอบสนองโดยมีปัจจัยที่ส่งเสริมความพึงพอใจหลัก 2 ประการคือปัจจัยกระตุ้นและปัจจัยค้ำจุน ซึ่งครูสามารถนำหลักการดังกล่าวไปปรับใช้ในการเลือกกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนสื่อและ แหล่งเรียนรู้ต่างๆ ที่มีความหมาย ทำทนายและกระตุ้นความสนใจเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของ ผู้เรียนจนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งได้ โดยการที่ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้นั้น ครูจะต้องเข้าใจถึงความต้องการพื้นฐานของผู้เรียนว่าอยู่ใน ชั้นใดโดยอาจศึกษาจากพฤติกรรมที่เขาแสดงออกเพื่อให้ครูสามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐาน ของผู้เรียนได้อย่างตรงจุด จากนั้นนำไปพิจารณาเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ ความต้องการนั้นๆ นอกจากนี้การให้อิสระแก่ผู้เรียนโดยจัดบรรยากาศในชั้นเรียนให้เหมาะสม รวมถึงการให้การเสริมแรง เช่น การช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึภาคภูมิใจ และความมั่นใจจาก การทำงานที่ได้รับมอบหมายได้สำเร็จด้วยตนเองหรือการให้คำชมเชย หรือให้คะแนนในระดับที่น่า พพอใจ จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทัศนคติที่ดีต่อการเรียนได้

7.3 การวัดความพึงพอใจ

เนื่องจากความพึงพอใจเป็นทัศนคติของบุคคลที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่ไม่อาจวัดได้ โดยตรง ดังนั้นจึงใช้การวัดทางอ้อมด้วยการวัดความคิดเห็นของบุคคลนั้นแทน โดยข้อจำกัดของ การวัดความพึงพอใจก็คือผลการวัดอาจมีความคลาดเคลื่อนหากบุคคลแสดงความคิดเห็นไม่ตรงกับ ความรู้สึกที่แท้จริง (ไกล์รุ่ง นครานากุล. 2547: 70) ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอวิธีการวัดความพึง พพอใจไว้หลายวิธี สามารถสรุปได้ ดังนี้ (พัชรวิรรณ คุณชื่น. 2552: 93; อ้างอิงจาก สุรพล พยอม แยม. 2548)

1. การใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วัด ทัศนคติหรือความสนใจ โดยรูปแบบที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบคือ แบบของลิเคิร์ท แบบของเธอร์สตัน และแบบของออสกูด
2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจโดยตรงซึ่งต้องอาศัยเทคนิคการตั้ง คำถามที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง
3. การสังเกต โดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลหลายด้าน เช่น การพูด กริยา ท่าทาง

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจสามารถทำได้ หลายรูปแบบ ซึ่งการที่ผู้วัดจะเลือกใช้รูปแบบใดนั้นต้องพิจารณาข้อดี ข้อจำกัดของแต่ละรูปแบบ รวมทั้งเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับบุคคลที่ต้องการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงและเกิดความ คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับในการวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรบูรณาการฯ

7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

7.4.1 งานวิจัยในประเทศ

วิบูลย์ นุชประมูล (2547: 125-126) ได้พัฒนาหลักสูตรบูรณาการรายวิชา ผดุงครรภ์และนรีเวชแผนไทยประยุกต์ สำหรับนักศึกษาแพทย์แผนไทยประยุกต์ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 59 คน ทดลองใช้หลักสูตรนาน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง พบว่า หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ โดยจากการประเมินตนเองของผู้เรียนพบว่า เกิดการเรียนรู้และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นักศึกษามีความสนใจค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ เกิดการพัฒนาความรู้ มีการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนอยู่ที่ระดับเห็นด้วยมาก ผู้สอน มีความพึงพอใจต่อการสอนอยู่ในระดับมาก

แว่นแก้ว พันภัย (2549: 51) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนเรื่อง เศรษฐศาสตร์ในครอบครัว ที่เรียนโดยการสอนแบบสตอรี่ไลน์กับการสอนแบบเกมสถานการณ์จำลอง ดำเนินการทดลองกับนักเรียนของโรงเรียนเซนต์คาเบรียล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 2 กลุ่มๆ ละ 60 คน เป็นเวลา 20 ชั่วโมง พบว่า ผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

มณฑนา แพทย์ผล (2550: 104) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจต่อวิธีสอนและความคงทนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบจำนวนเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มกับการสอนตามปกติ โดยใช้การสอนทั้งหมด 23 ชั่วโมง พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อวิธีสอนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุพินญา คำขจร (2550: 99) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนด้วย CIPPA และ TAI ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศรีสะเกษ จำนวน 48 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่จัดกลุ่มแบบ TAI มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบ CIPPA และนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความพึงพอใจในการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน

ธีระ สุภาวิมล (2551: 64) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบความพึงพอใจของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดเทศบาลเมืองอ่างทองที่มีต่อการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้ สุขศึกษาและพลศึกษา ปีการศึกษา 2550 กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 จำนวน 300 คน เป็นนักเรียนชาย 150 คน นักเรียนหญิง 150 คน ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดเทศบาลเมืองอ่างทองที่มีต่อการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้ สุขศึกษาและพลศึกษา ด้านจุดมุ่งหมายของพลศึกษา ด้านเนื้อหาสาระหลักสูตร ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านประสิทธิภาพของครูผู้สอน ด้านสถานที่ อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านการวัดผลและ

ประเมินผลอยู่ในระดับมากทุกด้าน และนักเรียนชายกับนักเรียนหญิงมีความพึงพอใจในแต่ละด้านไม่แตกต่างกัน

สาลินี อาจารย์ (2552: 122-124) พัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ หัวข้อเคมีไฟฟ้าและสมบัติธาตุตามตารางธาตุ ประสิทธิภาพของหลักสูตรประเมินจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน และพฤติกรรมผู้เรียนของกลุ่มทดลองที่จัดการเรียนรู้แบบ 5E ด้วยหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่สอนโดยการบรรยายในหลักสูตรปกติ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 33 คน และ 32 คน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรปกติที่สอนโดยวิธีบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพฤติกรรมในชั้นเรียนรวมถึงความพึงพอใจอยู่ในระดับดี-ดีมาก

7.4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ดูแรนและคนอื่นๆ (Duran.; et al. 2007: 55-73) ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบกระตือรือร้นที่ใช้ซอฟต์แวร์เป็นฐาน (Software-based active methodology) ที่มีการนำสถานการณ์จำลองที่ท้าทายให้ผู้เรียนได้อภิปรายและทำนายผลที่เกิดจากสถานการณ์ร่วมกันผ่านการระดมสมองและการเรียนรู้จากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนตามหัวข้อ เรื่อง เครื่องกลไฟฟ้า ของนักศึกษาแห่งมหาวิทยาลัยเซวิลล์ (Seville University) ประเทศสเปน ผลการวิจัย พบว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

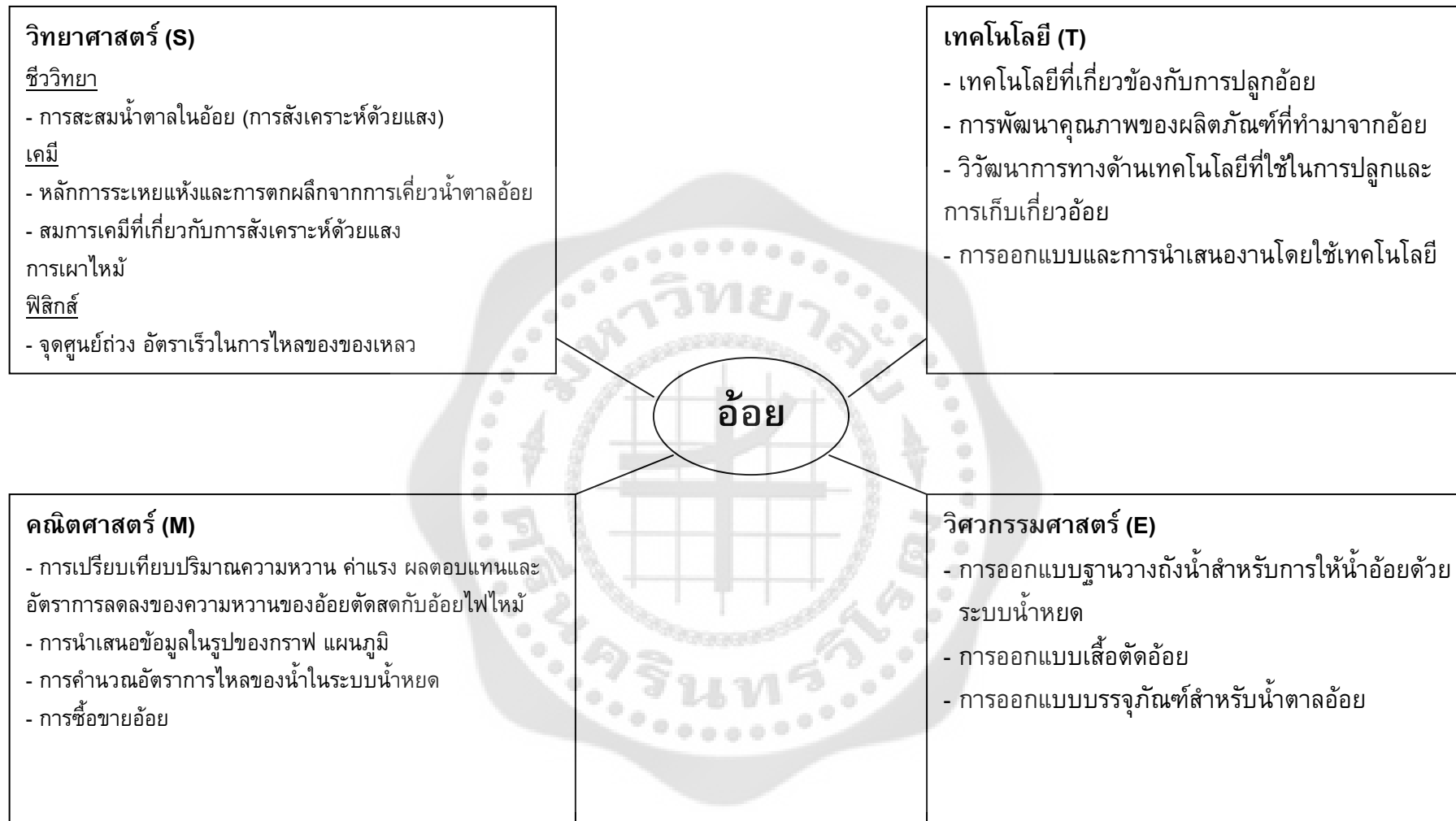
เซาและยวน (Zhao; & Yuan. 2010: 282-295) ได้ศึกษาการเรียนรู้แบบผสมผสานที่มีการผสมผสานการเรียนรู้แบบเผชิญหน้ากับการเรียนรู้ที่ใช้สื่อเทคโนโลยีเข้ามาช่วยกับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเพกิง (Peking University) โดยศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนรู้รูปแบบนี้ใน 4 มิติ คือ องค์ประกอบด้านผู้เรียน ผู้สอน หลักสูตรและระบบ ผลการวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้กับระบบ e-learning ความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ และประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบนี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษา

ชอยและยัง (Choi; & Yang. 2011: 551) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความพึงพอใจความสามารถในการเข้าใจผู้อื่นและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับอุดมศึกษาที่เรียนด้านการศึกษาศาสตร์ของประเทศเกาหลี ที่เรียนด้วยการใช้โครงงานเป็นฐานแบบมีวิดีโอ (Project-based video instruction) และการใช้โครงงานเป็นฐานแบบใช้ข้อความ (Project-based text instruction) ผลการวิจัย พบว่า ความพึงพอใจ ความสามารถในการเข้าใจผู้อื่นและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ

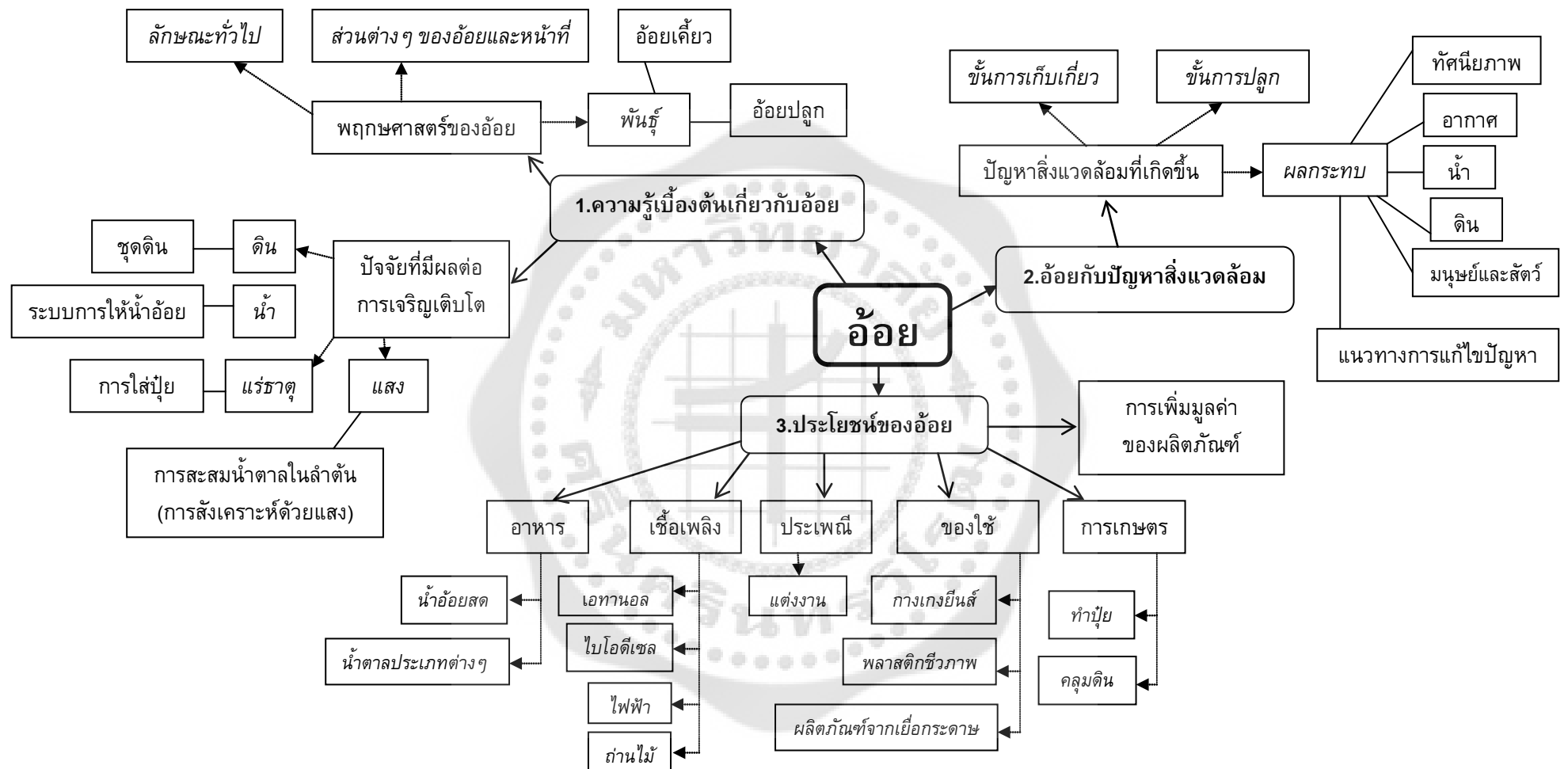
นักเรียนที่เรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานแบบมีวิดิทัศน์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้โครงงานเป็นฐานแบบใช้บทความอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ จะเห็นได้ว่า การใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บนฐานของทฤษฎีการเรียนรู้ เช่น ทฤษฎีสรคินิยม การเรียนรู้แบบร่วมมือ การใช้สถานการณ์จำลองหรือการนำเทคนิคหรือวิธีการที่ทำทหายและเร้าความสนใจของผู้เรียนมาฝึกให้ผู้เรียนได้อภิปราย ระดมสมองร่วมกันผ่านกระบวนการกลุ่มโดยใช้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน สามารถช่วยพัฒนาความพึงพอใจให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนได้

โดยสรุป จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 7 ประเด็นข้างต้นนั้น ผู้วิจัยได้นำหลักการและความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรบูรณาการและสะเต็มศึกษา มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยนำรูปแบบการบูรณาการหลักสูตรแบบบูรณาการตามแนวคิดของโฟการ์ตี้ (Fogarty) มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรในครั้งนี้ โดยได้บูรณาการเนื้อหาและกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาของรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันแบบสหวิทยาการ และนำประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนจากขั้นตอนของการปลูกและการเก็บเกี่ยวอ้อยมาวิเคราะห์เนื้อหาในรูปของผังมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาทั้งสี่ จากนั้นนำมากำหนดเป็นคำถามสำคัญ (Essential questions) เพื่อออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และการประเมินผล โดยได้ผานวิธีการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการพัฒนาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักการศึกษาได้แก่ การตั้งคำถาม การทำโครงงาน กระบวนการกลุ่ม การอภิปราย การทดลอง และการแสดงบทบาทสมมติ เข้ากับวัฏจักรการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) เพื่อจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน จากนั้นศึกษาผลการใช้หลักสูตรใน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหลักสูตรและความคิดเห็นของครูที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรฯ ซึ่งรายละเอียดของผังมโนทัศน์และการวิเคราะห์เนื้อหาแสดงได้ดังภาพประกอบ 17-18 และตาราง 5-6



ภาพประกอบ 17 ผังหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



ภาพประกอบ 18 ผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหัวเรื่อง หน่วยการเรียนรู้และเนื้อหาของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย

ตาราง 5 โครงสร้างหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หน่วยการเรียนรู้	คำถามสำคัญ	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
1. มารูจักอ้อยกันเถอะ	1. อ้อยมีความหวานได้อย่างไร	- ลักษณะทั่วไป ส่วนต่างๆ ของอ้อยและหน้าที่ - การผสมน้ำตาลในลำต้น (การสังเคราะห์ด้วยแสง)	4
	2.ปัจจัยที่ส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตได้นั้นมีอะไรบ้าง	- พันธุ์อ้อย ดินที่เหมาะสมในการปลูกอ้อย ระยะเวลาการปลูก	6
2. เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไร ใส่ใจสิ่งแวดล้อม	3. ข้อดีและข้อเสียของการตัดอ้อยสดกับ การตัดอ้อยไฟไหม้มีอะไรบ้าง	- วิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 วิธี คือการตัดอ้อยสด และการเผาอ้อยก่อนตัด	2
	4. การเผาอ้อยก่อนตัดส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร	- สาเหตุที่ทำให้เกษตรกรนิยมเผาอ้อยก่อนตัด - ผลกระทบของการเผาอ้อยก่อนตัดที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม - การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการขายอ้อยสดกับอ้อยไฟไหม้ ในเรื่องของความหวาน ค่าแรง ผลตอบแทนและอัตราการลดลงของความหวาน	2
	5. แนวทางการแก้ไขปัญหาพิษที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวอ้อยมีอะไรบ้าง	- แนวทางการแก้ไขปัญหาการเผาอ้อยก่อนตัด	4
3. อ้อยนั้นสำคัญไฉน	6. อ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อย่างไรบ้าง	- อ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ลำต้นนำไปทำน้ำตาล และส่วนของอ้อยที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล เช่น ชานอ้อย กากน้ำตาล หรือส่วนที่เหลือหลังจากการเก็บเกี่ยวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ เช่น ทำเอทานอล ทำปุ๋ย ทำเยื่อกระดาษ ฯลฯ	10
	7. การเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากอ้อยทำได้อย่างไร	- การนำเทคโนโลยี กระบวนการออกแบบผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์มาใช้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากอ้อยให้สูงขึ้นได้	4
รวม			34

ตาราง 6 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้กับเนื้อหาและกระบวนการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

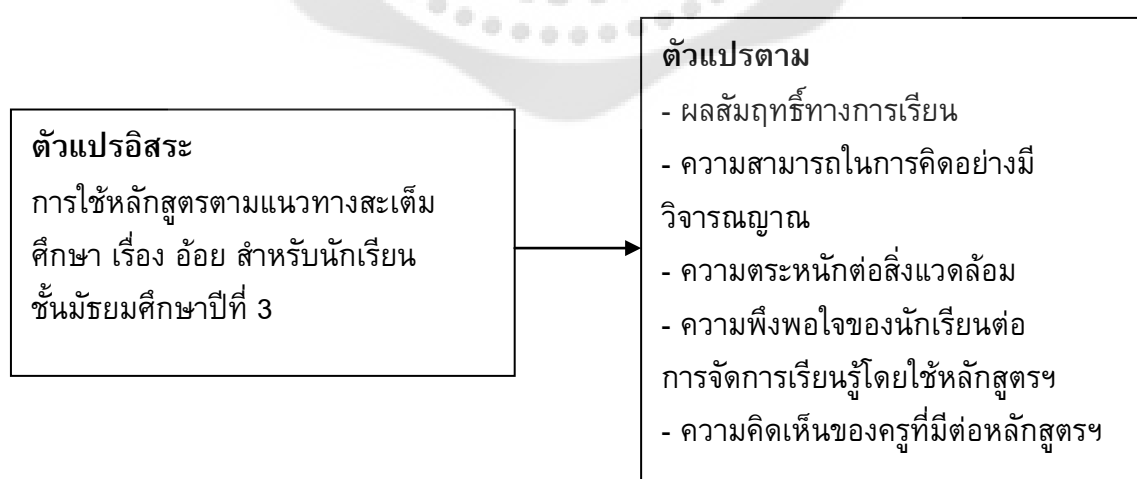
หน่วยที่/ชื่อหน่วย	คำถามสำคัญ	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
หน่วยที่ 1 มารู้จักอ้อยกันเถอะ	1. ลำต้นของอ้อยมีความหวานได้อย่างไร 2. ปัจจัยที่ส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตได้นั้นมีอะไรบ้าง	- ลักษณะของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ - ลักษณะทั่วไปของอ้อย - ส่วนประกอบของอ้อยและหน้าที่ - การขยายพันธุ์อ้อย - ปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตของอ้อย - การสังเคราะห์ด้วยแสง (การสะสมน้ำตาลในลำต้น) - กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย (การสกัด การระเหย การตกผลึก การละลาย) - พลังงานศักย์โน้มถ่วง - อัตราเร็ว	- เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการปลูกอ้อยในขั้นตอนต่างๆ - การให้น้ำอ้อยด้วยระบบน้ำหยด	- กระบวนการออกแบบฐานวางภาชนะบรรจุน้ำสำหรับระบบน้ำหยด	- การวัด - การคำนวณปริมาตรของรูปทรง 3 มิติ - การคำนวณอัตราเร็วการไหลของน้ำในระบบน้ำหยดอย่างง่าย - การเปรียบเทียบหน่วยของปริมาตร
หน่วยที่ 2 เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไร ใส่ใจสิ่งแวดล้อม	3. ข้อดีและข้อเสียของการตัดอ้อยสดกับการตัดอ้อยไฟไหม้มีอะไรบ้าง 4. การเผาอ้อยก่อนตัดส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร	- ปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนและแนวทางการแก้ปัญหา (สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม มาตรฐาน ว 2.2 ข้อ 1-6 และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	- เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวอ้อย - ผลดีและผลกระทบของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการขั้นตอนการเก็บเกี่ยว - การนำเสนอผลงานโดย	- กระบวนการออกแบบเสื่อตัดอ้อย (สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี มาตรฐาน ง 2.1 ข้อที่ 2)	- การคำนวณค่าแรงต่อพื้นที่ ปริมาณความหวาน ราคาซื้อขายอ้อย - การนำเสนอข้อมูล (สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

ตาราง 6 (ต่อ)

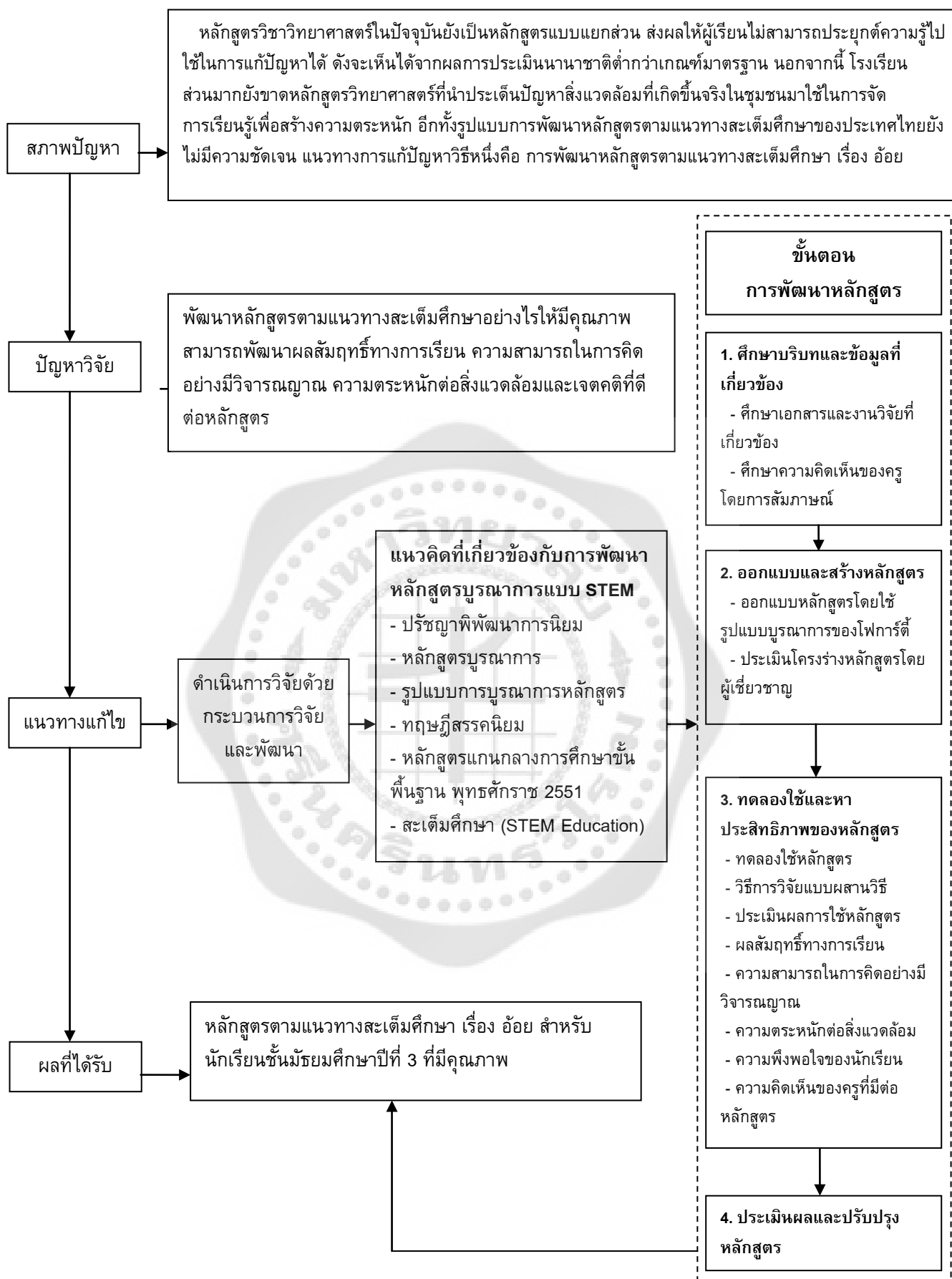
ชื่อหน่วย	คำถามสำคัญ	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
	5. แนวทางการแก้ไข ปัญหามลพิษที่เกิดจากการ เก็บเกี่ยวอ้อยมีอะไรบ้าง	และเทคโนโลยี) - จุดศูนย์ถ่วง	ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (สาระที่ 3 เทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร มาตรฐาน ง 3.1 ข้อ 1,3,4)		มาตรฐาน ค 5.1) -ทักษะและกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ (สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ มาตรฐาน 6.1)
หน่วยที่ 3 อ้อยนั้นสำคัญไฉน	6. อ้อยสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ อย่างไรบ้าง 7. การเพิ่มมูลค่าของ ผลิตภัณฑ์จากอ้อยทำได้ อย่างไร	- การพาสเจอร์ไรซ์ - ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ เกี่ยวข้องกับการแปรรูป อาหารจากน้ำอ้อยสด -กระบวนการผลิตน้ำตาล การตกผลึก การระเหย - ชนิดของน้ำตาล - การหมัก - การกลั่นลำดับส่วน	- เทคโนโลยีอาหารที่ เกี่ยวกับการถนอมอาหาร และการแปรรูปอาหาร - เทคโนโลยีที่ใช้ใน กระบวนการผลิตน้ำตาล - ความสามารถในการใช้ คอมพิวเตอร์ในการ ออกแบบผลงาน	-กระบวนการออกแบบ บรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุ น้ำตาลอ้อย - การออกแบบเครื่องกลั่น ลำดับส่วนอย่างง่าย	- การคำนวณความกว้าง ความยาวและปริมาตรของ บรรจุภัณฑ์ น้ำหนัก ต้นทุน และราคาขาย - การชั่ง ตวง วัด - อัตราส่วน -กำไร ขาดทุน ร้อยละ - การนำเสนอข้อมูล

8. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยังเป็นหลักสูตรแบบแยกส่วน ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาและทักษะที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน ส่งผลให้ผู้เรียนมองไม่เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาในรายวิชาเหล่านั้น ผู้เรียนจึงไม่สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ ประกอบกับผลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์และครูวิชาการพบว่า การสอนเพื่อให้บรรลุตัวชี้วัดที่เกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมหรือทรัพยากรธรรมชาติในห้องเรียนยังขาดการนำบริบทที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียนมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ จึงมุ่งแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการบนฐานคิดของทฤษฎีสมรรถนิยม (Constructivism) ที่นำหัวเรื่อง อ้อย ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในห้องเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติงานอยู่มาบูรณาการเข้ากับเนื้อหาและกระบวนการของ 4 รายวิชาได้แก่ รายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยนำแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการบูรณาการของโฟการ์ตี้ (Fogarty, 1991: 63-64) ได้แก่ รูปแบบบูรณาการ (Integrated Model) มาใช้ในการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดและกระบวนการของรายวิชาทั้งสี่เข้าด้วยกัน ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based learning) โดยศึกษาแนวคิด วิเคราะห์ ค้นหาหาคำตอบและแก้ปัญหาเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ด้วยตนเองจากประสบการณ์ตรงผ่านการลงมือปฏิบัติโดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รวมทั้งความพึงพอใจของนักเรียนและความคิดเห็นของครูที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้น โดยกรอบแนวคิดในการวิจัยสรุปได้ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 20 สรุปแนวคิดในการวิจัยการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and development) ซึ่งมีวิธีการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาบริบทและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและสร้างหลักสูตร
- ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และหาประสิทธิภาพหลักสูตร
- ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร

โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาบริบทและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสำรวจสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความต้องการของครูในการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย จากการสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการออกแบบและสร้างหลักสูตร โดยมีวิธีดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการ สะเต็มศึกษา (STEM education) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและความรู้เกี่ยวกับอ้อย การปลูก ประโยชน์รวมถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

2. ศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และความต้องการของครูในการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย จากการสัมภาษณ์ครู โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรได้แก่ ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์หรือครูวิชาการที่ทำหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนในเขตอำเภอหนองหญ้าไซ และอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมาจากโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา จำนวน 13 โรงเรียนและโรงเรียนมัธยมศึกษาจำนวน 3 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์หรือครูวิชาการที่ทำหน้าที่ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนในเขตอำเภอหนองหญ้าไซ และอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมาจากโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา จำนวน 8 โรงเรียนและโรงเรียนมัธยมศึกษาจำนวน 2 โรงเรียนที่ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ปลายเปิด เพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาเกี่ยวกับหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมและความต้องการของครูที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ฉบับ โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังต่อไปนี้

2.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็น การเขียนข้อคำถามในการสัมภาษณ์

2.2.2 เขียนโครงร่างแบบสัมภาษณ์ให้ครอบคลุมประเด็นคำถามดังนี้คือ

1) หลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมของโรงเรียน 2) วิธีการจัดการเรียนการสอนรายวิชา วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน 3) ความคิดเห็นต่อการนำความรู้เรื่องอ้อยไปใช้ในการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม 4) เนื้อหาและ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ต้องการให้มีในหลักสูตร และ 5) ข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตร

2.2.3 ปรับปรุงโครงร่างแบบสัมภาษณ์ก่อนนำไปใช้โดยผ่านการตรวจพิจารณา จากประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นไปสัมภาษณ์ครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis)

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและสร้างหลักสูตร

การออกแบบและสร้างหลักสูตรบูรณาการ ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างหลักสูตร ซึ่งแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การจัดทำโครงร่างหลักสูตร

ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 นำมาเป็นกรอบแนวคิดในการกำหนดองค์ประกอบ โครงร่างหลักสูตร ดังนี้

1.1 ชื่อของหลักสูตร เป็นการกำหนดชื่อของหลักสูตรให้มีความสอดคล้องกับ กระบวนการวิจัยและพัฒนา

1.2 สภาพปัญหาและความจำเป็น เป็นการพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการ การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านการพัฒนาหลักสูตรและสะเต็มศึกษา การสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูผู้สอนรายวิชา วิทยาศาสตร์หรือครูวิชาการเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการการจัดการเรียน การสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เพื่อนำมากำหนดขอบเขตของหลักสูตร

1.3 หลักการของหลักสูตร เป็นการกำหนดให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความจำเป็น รวมทั้งหลักการจัดการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เข้ากับเนื้อหาและกระบวนการของรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์

1.4 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เป็นการกำหนดผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อได้ศึกษาตามหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยการกำหนดพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึงความรู้ ความสามารถ ความเข้าใจซึ่งเป็นผลการเรียนรู้จากหลักสูตรบูรณาการโดยกำหนดให้สอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตร

1.5 โครงสร้างเนื้อหาที่นำมาบูรณาการ เป็นการนำเนื้อหาจาก 4 รายวิชา ได้แก่ รายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM) มาบูรณาการร่วมกันโดยใช้หัวเรื่อง อ้อย เป็นแกน

1.6 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการนำแนวคิดของทฤษฎีสรคินิยมและกระบวนการสืบเสาะโดยใช้วัฏจักรการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) มาใช้ในการจัดกิจกรรมและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยองค์ประกอบในแต่ละแผนประกอบด้วย ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ชื่อเรื่อง เวลา มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/แหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

1.7 สื่อและแหล่งเรียนรู้ เป็นการพิจารณาสื่อหรืออุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นสื่อที่นำมาใช้ในชั้นเรียน หรือการเรียนรู้นอกชั้นเรียน

1.8 แนวทางการวัดและประเมินผล เป็นการกำหนดรูปแบบและวิธีการที่ใช้ในการประเมินผลระดับชั้นเรียน เพื่อดูว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าในด้านความรู้และกระบวนการอันเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้น้อยเพียงใด โดยเน้นการประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลายควบคู่ไปกับการดำเนินกิจกรรม โดยประเมินอย่างสม่ำเสมอ ต่อเนื่อง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินตนเองและเพื่อน

2.การสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลในการทดลองใช้หลักสูตร

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือ เพื่อใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในด้านต่างๆ จำนวน 5 ฉบับ ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม
4. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้

หลักสูตรฯ

5. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตรฯ

การสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลในแต่ละประเภท มีวิธีการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือตามลำดับ ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อ้อย โดยครอบคลุมพฤติกรรม ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า

1.2 เขียนข้อคำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ที่วิเคราะห์ไว้ จำนวน 50 ข้อ

1.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอให้ประธานกรรมการและกรรมการควบคุม ปรินญาณพนธ์ ตรวจสอบพิจารณา ความเที่ยงตรงและความถูกต้อง ด้านจุดประสงค์ เนื้อหาการใช้ภาษา และความเหมาะสมของข้อความ แล้วนำมาแก้ไขให้ถูกต้อง

1.4 นำแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษา จำนวน 2 ท่านและด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency (IC) ของแบบทดสอบกับจุดประสงค์ และเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยคัดเลือกข้อที่มี ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

1.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรีที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 104 คน แล้วนำ แบบทดสอบที่ได้มาตรวจให้คะแนน

1.6 นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบ มาหาคุณภาพโดยใช้ การวิเคราะห์ ดังนี้

1.6.1 การหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27% แล้วคัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30-0.68 และมีอำนาจจำแนกอยู่ ระหว่าง 0.21-0.75 เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบฉบับจริง โดยสูตรของการหาค่าความยากง่าย และค่า อำนาจจำแนกมี ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540: 129-130)

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

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากของข้อคำถาม
	R	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

$$r = \frac{R_u - R_e}{N / 2}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
	R_u	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง
	R_e	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

1.6.2 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยวิธีการของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ .781

1.7 จัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบแบบ สถานการณ์ แบบเลือกตอบ จำนวน 40 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี นิยาม เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบ วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากนั้นนำมาเขียนนิยามเชิงปฏิบัติการที่เกี่ยวกับ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน คือ

2.1.1 การนิยามปัญหา หมายถึง ความสามารถในการระบุปัญหา นิยาม ความหมายของคำหรือข้อความที่เป็นองค์ประกอบของปัญหาที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์เมื่อ กำหนดสถานการณ์ให้

2.1.2 การพิจารณาตัดสินข้อมูล หมายถึง ความสามารถของนักเรียนใน การพิจารณาตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อมูล แหล่งข้อมูล ความสอดคล้องและความเพียงพอของ ข้อมูล จำแนกข้อมูลออกเป็นข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น และสามารถระบุข้อตกลงเบื้องต้น จากข้อมูล ที่กำหนดให้ได้

2.1.3 การตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการกำหนด แนวทางหรือพยากรณ์คำตอบ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น รวมทั้งเลือกสมมติฐานที่ เหมาะสมโดยพิจารณาถึงความเป็นเหตุเป็นผลของปัญหาและผลที่จะเกิดขึ้น

2.1.4 การสรุปและประเมินข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล หมายถึง ความสามารถ ของนักเรียนในการสรุปอ้างอิงแบบนิรนัย อุปนัย จากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่าง สมเหตุสมผล พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบข้อสรุป

2.2 สร้างแบบทดสอบตามนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยเป็นแบบทดสอบแบบ สถานการณ์แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยดัดแปลงมาจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณของอรพิน พัฒนาผล (2551) และมลิวลย์ สมศักดิ์ (2540) ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้มี สถานการณ์ 15 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมเป็น 60 ข้อ

2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอให้ประธานกรรมการและกรรมการควบคุม ปริญญาโท ตรี ตรวจสอบความถูกต้องของสถานการณ์ ข้อคำถามและตัวเลือก แล้วนำมาแก้ไข ให้ถูกต้อง

2.4 นำแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านตรวจสอบ

ความเที่ยงตรง ความถูกต้องและความเหมาะสมสอดคล้องของสถานการณ์ ข้อคำถามและตัวเลือก กับนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ สมบูรณ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

2.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรีที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 135 คน แล้วนำ แบบทดสอบที่ได้มาตรวจให้คะแนน

2.6 นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบ มาหาคุณภาพโดยใช้ การวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27% โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการ เช่นเดียวกับหัวข้อ 1.6 ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นคัดเลือกข้อ คำถามที่มีคุณภาพไว้ ได้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำนวน 40 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.47 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.59 และค่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ .727

2.7 นำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพแล้วมาจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบ ฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม เป็นแบบวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาแนวทางการสร้างแบบวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่าจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 เขียนข้อความที่แสดงถึงความรู้สึกของการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์หรือเห็น ความสำคัญในการรักษาสีเขียวของดิน น้ำ อากาศและทัศนียภาพให้อยู่ในสภาพดี จำนวน 35 ข้อความ โดยมีข้อความแสดงพฤติกรรมในทางบวก และพฤติกรรมในทางลบและมีลักษณะเป็น แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนดังนี้

ข้อความแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 5 คะแนน ข้อความที่มีความหมายในทางบวก กำหนดให้คะแนนแต่ละความเห็นดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้คะแนน	5 คะแนน
เห็นด้วย	ให้คะแนน	4 คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้คะแนน	2 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้คะแนน	1 คะแนน

ส่วนในกรณีที่ข้อความมีความหมายในทางลบ กำหนดให้คะแนน ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้คะแนน	1 คะแนน
-------------------	----------	---------

เห็นด้วย	ให้คะแนน	2 คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้คะแนน	4 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้คะแนน	5 คะแนน

3.3 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนอให้ประธานกรรมการและกรรมการควบคุม

ปริญญานิพนธ์ ตรวจสอบพิจารณาแก้ไขให้เหมาะสม

3.4 นำแบบวัดให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษา จำนวน 5 ท่านตรวจสอบ

ลักษณะการใช้คำถามและความถูกต้องทางด้านภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.5 นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรีที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 104 คน จากนั้นนำมาตรวจให้คะแนนเพื่อหาคุณภาพของแบบสอบถามในด้านอำนาจจำแนกรายข้อโดยใช้ t-test เทคนิค 25% ของเอ็ดเวิร์ด (Edwards) คัดเลือกข้อความที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 1.75 ขึ้นไป ได้ข้อความที่มีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 1.938-4.831 จำนวน 30 ข้อ โดยใช้สูตรดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540: 132)

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{S_H^2}{N_H} + \frac{S_L^2}{N_L}}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
	$\bar{X}_H$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มสูง
	$\bar{X}_L$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มต่ำ
	S_H^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มสูง
	S_L^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มต่ำ
	N_H	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง
	N_L	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

3.6 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้แบบวัดความตระหนักมาหาค่าความเชื่อมั่น

โดยคำนวณจากสูตรการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) จากสูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2539: 171)

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

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ

ผลการคำนวณ ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ .747 จากนั้นนำแบบวัดไปจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรบูรณาการฯ เป็นแบบวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 23 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 กำหนดจุดประสงค์ในการสร้างแบบสอบถามและกำหนดประเด็นที่จะใช้ในการเขียนข้อความ

4.2 เขียนข้อความสอบถามความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ คือ พอใจมากที่สุด พอใจมาก พอใจปานกลาง พอใจน้อยและพอใจน้อยที่สุด จำนวน 23 ข้อและข้อความปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้เขียนแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ

4.3 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอให้ประธานกรรมการและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ตรวจสอบพิจารณาแก้ไขให้เหมาะสม

4.4 นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษา จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบลักษณะการใช้คำถามและความถูกต้องทางด้านภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4.5 นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนด้านช้างวิทยาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน จากนั้นนำมาตรวจหาคะแนนเพื่อหาคุณภาพของแบบสอบถามในด้านอำนาจจำแนก (t-test) รายข้อและความเชื่อมั่นโดยดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 3.6 และ 3.7 ในหัวข้อการสร้างแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม คัดเลือกข้อความที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 1.75 ขึ้นไปได้ข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 2.197-6.096 จำนวน 22 ข้อและค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ .968 จากนั้นจัดพิมพ์แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

4.6 การพิจารณาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรบูรณาการฯ กำหนดเกณฑ์ที่ยอมรับได้ไว้ที่ระดับมากคือ มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป

5. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร เป็นแบบสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth interview) ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

5.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์แบบเจาะลึก

5.2 กำหนดวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์

5.3 เขียนข้อคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด

5.4 นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อประธานกรรมการและกรรมการควบคุม
ปริญญาบัตร ตรวจสอบแก้ไขให้เหมาะสม

5.5 นำแบบสัมภาษณ์ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องกับ
ข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ
(รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก จ)

5.6 นำแบบสัมภาษณ์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์
โรงเรียนบ้านหนองขาม จำนวน 1 คน เพื่อศึกษาความชัดเจนของภาษาและความต่อเนื่องของข้อ
คำถาม

5.7 ทดลองใช้แบบสัมภาษณ์กับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนที่เป็นกลุ่ม
ตัวอย่าง จำนวน 2 คน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อภิปรายชี้แจงเนื้อหาเพื่อตรวจสอบสมมติฐานต่อไป

3. การประเมินโครงสร้างหลักสูตร

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นไปหาประสิทธิภาพโดยการประเมิน
ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

3.1 กำหนดจุดประสงค์ของการประเมิน

3.1.1 เพื่อประเมินความเหมาะสมของแต่ละองค์ประกอบในหลักสูตร ได้แก่
หลักการ เป้าหมาย จุดมุ่งหมาย โครงสร้างเนื้อหา แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่ง
เรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินผลว่ามีความเหมาะสมกับสภาพปัญหาและความต้องการของ
ผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มากน้อยเพียงใด

3.1.2 เพื่อประเมินความสอดคล้องของแต่ละองค์ประกอบในหลักสูตร ได้แก่
สภาพปัญหา หลักการ เป้าหมาย จุดมุ่งหมาย โครงสร้างเนื้อหา แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
สื่อและแหล่งเรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินผลว่ามีความสอดคล้องกันเพียงใด

3.2 ผู้ประเมิน เป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็ม
ศึกษา จำนวน 2 ท่านและผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาหลักสูตร จำนวน 3 ท่าน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ใช้แบบประเมินโครงสร้างหลักสูตร ซึ่งประกอบไปด้วย
3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของหลักสูตร เป็นแบบสอบถาม
แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง
เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด

ตอนที่ 2 การประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของหลักสูตรเป็นแบบสอบถาม
แบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง

ตอนที่ 3 การประเมินความคิดเห็นเพิ่มเติม เป็นการให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมของ
ผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ เพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรต่อไป

ผู้วิจัยได้ดำเนินการในการสร้างและประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของ
โครงสร้างหลักสูตร ดังต่อไปนี้

3.3.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบต่างๆ ของหลักสูตรกำหนดประเด็น
และเขียนเป็นข้อคำถาม

3.3.2 นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุม
ปริญญาบัตรและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรง ความครอบคลุมและความถูกต้องของภาษา
ที่ใช้

3.3.3 นำข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์เพื่อแปลความหมายดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด.
2546: 100)

เกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมของโครงสร้างหลักสูตร

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ในการพิจารณาค่าความเหมาะสม ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของ
ผู้เชี่ยวชาญ มีค่าตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป เป็นเกณฑ์เบื้องต้นว่าหลักสูตรมีคุณภาพเหมาะสมในระดับมาก

เกณฑ์การพิจารณาความสอดคล้องของโครงสร้างหลักสูตร

สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น 1

ไม่แน่ใจ กำหนดคะแนนเป็น 0

ไม่สอดคล้อง กำหนดคะแนนเป็น -1

ในการพิจารณาค่าความสอดคล้อง พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง ถ้ามีค่า
มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถือว่าหลักสูตรมีความสอดคล้อง

4. การปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตร

หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงสร้างหลักสูตร
ที่ออกแบบและสร้างขึ้นแล้ว นำหลักสูตรในส่วนที่มีข้อบกพร่องมาปรับปรุงให้สมบูรณ์ตาม
ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ สำหรับนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และหาประสิทธิภาพหลักสูตร

การทดลองใช้และหาประสิทธิภาพหลักสูตร แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1
การศึกษานำร่อง (Pilot study) กับนักเรียนของโรงเรียนด้านช่างวิทยา จำนวน 15 คน ขั้นตอนที่ 2

ทดลองใช้หลักสูตรกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างของโรงเรียนหนองหญ้าไซวิทยา จำนวน 2 ห้องเรียน รวมนักเรียน 81 คน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษานำร่อง (Pilot study)

การศึกษานำร่อง เป็นการนำร่างหลักสูตรที่แก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริงซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนด่านช้างวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 15 คน ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2557 เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สอนสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพหลักสูตรเป็น การเบื้องต้น เช่น ปัญหาอุปสรรคหรือข้อบกพร่องระหว่างการใช้หลักสูตร ศึกษาผลการใช้หลักสูตร และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อหลักสูตร เช่น ความชัดเจนในการใช้ภาษา รูปแบบของใบ กิจกรรมต่าง ๆ และความเหมาะสมของกิจกรรม เวลาและสื่อประกอบการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 ทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่าง

การทดลองใช้หลักสูตรมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตร ซึ่ง ดำเนินการทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่าง โดยพิจารณาผลการใช้หลักสูตรในด้านผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนรู้ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม และ ความพึงพอใจของนักเรียนและความคิดเห็นของครูที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรที่ พัฒนาขึ้น ซึ่งการทดลองใช้หลักสูตรมีรายละเอียด ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียน ที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา ในเขตอำเภอด่านช้างและอำเภอหนองหญ้าไซ ซึ่งเป็นอำเภอที่มีการประกอบอาชีพทำไร่ไถนาเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ในปี พ.ศ. 2554 - 2555 ของ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีโรงเรียนมัธยมศึกษาใน 2 อำเภอนี้ทั้งหมด 3 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเลือกโรงเรียนแบบเจาะจงเพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จาก โรงเรียนมัธยมศึกษาทั้งหมด ในเขตอำเภอด่านช้างและอำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี โดย พิจารณาจากโรงเรียนที่มีจำนวนห้องเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มากกว่า 2 ห้องเรียน และมี ครูประจำการที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ได้กลุ่มตัวอย่างที่มาจากโรงเรียน หนองหญ้าไซวิทยา อำเภอหนองหญ้าไซ ซึ่งมีห้องเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของภาคเรียน ที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ทั้งหมด 5 ห้องเรียน และมีครูประจำการที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คน จากนั้นสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มา 2 ห้องเรียน ซึ่งมี นักเรียนจำนวน 81 คน และสุ่มอย่างง่ายครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 คนเพื่อเป็นคณะครูผู้ร่วม วิจัย

แบบแผนการทดลอง

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed-Methods design) ซึ่งประกอบไปด้วยวิธีการวิจัย 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การวิจัยเชิงคุณภาพ โดยนำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการในการพัฒนาหลักสูตร ความคิดเห็นของครูผู้ร่วมวิจัยที่มีต่อหลักสูตรฯ รวมทั้งข้อมูลจากการเขียนอนุทินของนักเรียน

2. การวิจัยเชิงปริมาณ ในขั้นทดลองใช้และหาประสิทธิภาพหลักสูตรใช้วิธีการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) โดยมีแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) แบบแผนการวิจัยดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	สอบก่อน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลัง
R(E)	T ₁	X	T ₂
ความหมายของสัญลักษณ์			
R	แทน	กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสุ่ม	
E	แทน	กลุ่มทดลอง	
X	แทน	การใช้หลักสูตรบูรณาการแบบ STEM	
T ₁	แทน	การทดสอบก่อนการใช้หลักสูตร	
T ₂	แทน	การทดสอบหลังการใช้หลักสูตร	

โดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. เก็บข้อมูลก่อนทดลองใช้หลักสูตร ด้วยการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน โดยใช้แบบทดสอบ จำนวน 3 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

2. ทดลองใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 เป็นเวลา 1 ภาคเรียน (20 สัปดาห์)

3. เก็บข้อมูลหลังทดลองใช้หลักสูตร ด้วยการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน โดยใช้แบบทดสอบจำนวน 4 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรและสัมภาษณ์

ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร ตรวจสอบการทดสอบหลังทดลองใช้หลักสูตร นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติและทดสอบสมมติฐาน เพื่อหาประสิทธิภาพในด้านผลการใช้หลักสูตร จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงและแก้ไขหลักสูตรให้มีความสมบูรณ์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประสิทธิภาพของหลักสูตร สามารถพิจารณาจากเกณฑ์ ต่อไปนี้

1.1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินโครงสร้างหลักสูตร โดยพิจารณาจากเกณฑ์ ต่อไปนี้

1.1.1 การประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของหลักสูตร
บูรณาการ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมไม่น้อยกว่า 3.50

1.1.2 การประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของหลักสูตร
บูรณาการ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ไม่น้อยกว่า 0.50

1.2 ด้านผลการใช้หลักสูตร ประกอบด้วย

1.2.1 ด้านผู้เรียน

- เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์
เพิ่มเติม เรื่อง อ้อย ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของ
นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลองใช้หลักสูตร โดยใช้สถิติ t-test for dependent
samples

- เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์
เพิ่มเติม เรื่อง อ้อยของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 65 โดยใช้สถิติ
One sample t-test

- เปรียบเทียบคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัด
การเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรกับเกณฑ์ในระดับมากที่มีค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป โดยใช้สถิติ
One sample t-test

1.2.2 ด้านครู

- ศึกษาความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร โดยใช้การวิเคราะห์เชิง
เนื้อหา (Content analysis) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1.2.2.1 อ่านข้อมูลที่ได้จากการถอดเทปบันทึกการสัมภาษณ์เพื่อหา
คำสำคัญหลัก (Theme) ที่สอดคล้องกับคำสำคัญในประเด็นคำถาม เช่น คำสำคัญเกี่ยวกับเทคนิค
หรือวิธีการที่ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ คำสำคัญด้านเนื้อหา ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้และด้านการ
วัดและประเมินผล

1.2.2.2 หาคำสำคัญย่อย (Sub-theme) เพื่อจัดกลุ่มคำเข้ากับคำสำคัญ
หลักตามข้อ 1.2.2.1

1.2.2.3 นำคำสำคัญหลักและคำสำคัญย่อยมาเขียนเชื่อมโยงเพื่อ
บรรยายสรุปเป็นประเด็นข้อค้นพบที่ได้จากการสัมภาษณ์

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร

ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินและปรับปรุงหลักสูตร โดยนำผลจากการทดลองใช้หลักสูตรมา
ประกอบการประเมินและปรับปรุงหลักสูตรในส่วนที่ยังมีข้อบกพร่อง เพื่อให้หลักสูตรตามแนวทาง
สะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมทั้งจะ
นำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและเผยแพร่ให้กับบุคคลที่มีความสนใจต่อไป



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตร 4 ขั้นตอน คือ 1) ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน 2) ผลการออกแบบหลักสูตร 3) ผลการทดลองใช้หลักสูตร และ 4) ผลการประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ในขั้นตอนนี้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน กล่าวคือ 1) ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ 2) ผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือครูวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรของโรงเรียนขยายโอกาส จำนวน 8 คนและโรงเรียนมัธยมศึกษา จำนวน 2 คนในเขตอำเภอด่านช้างและอำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี ได้ผลการศึกษา ดังนี้

1.1 ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาวิเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการ และแนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา (STEM Education) สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

สะเต็มศึกษา เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่นำเนื้อหาและกระบวนการของ 4 วิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกันเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ผลกระทบทั้งเชิงบวกและแง่ลบของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้เหล่านั้นไปประยุกต์ใช้หรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้น หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงหมายถึงหลักสูตรที่นำเนื้อหาและกระบวนการของ 4 วิชาดังกล่าวข้างต้นมาเชื่อมโยงกันแบบสหวิทยาการ กล่าวคือ มีการบูรณาการเนื้อหาหรือกระบวนการของรายวิชาตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไป เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกผ่านการบูรณาการแนวคิดการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของผู้เรียน ให้สามารถนำความรู้มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยใช้หัวใจเรื่องเป็นแกนในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ซึ่งรูปแบบของการบูรณาการแบบสหวิทยาการมีหลายรูปแบบ รูปแบบที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการบูรณาการ ได้แก่ รูปแบบบูรณาการ (Integrated model) เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ใช้หัวใจเรื่องเป็นแกนในการบูรณาการ โดยนำเนื้อหาที่สัมพันธ์กับหัวใจเรื่องนั้นมาเชื่อมโยงกันทำให้เกิดการซ้อนทับของความคิดรวบยอด ทักษะ และเจตคติที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ทำให้นักเรียนเห็นความเกี่ยวเนื่องและความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชา เกิดแรงจูงใจและมีแนวคิดที่ต่อเนื่อง นอกจากนี้การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการแบบ STEM นั้น ควรคำนึงถึงความสอดคล้องของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นกับเนื้อหาและจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการศึกษา ใช้รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรที่ดี มีกิจกรรมการ

เรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงจากการลงมือปฏิบัติโดยใช้กระบวนการสืบเสาะและวิธีประเมินผลที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

1.2 ผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือครูวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตร

ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์หรือครูวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรของโรงเรียนขยายโอกาสและโรงเรียนมัธยมศึกษาในเขตอำเภอหนองหญ้าไซและอำเภอด่านช้างจำนวน 10 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้าง จากนั้นนำผลการสัมภาษณ์ที่ได้มาวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) จากการหาคำสำคัญหลักเกี่ยวกับหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม การจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน และสะเต็มศึกษา จากนั้นหาคำสำคัญย่อยที่สอดคล้องกับประเด็นดังกล่าวแล้วนำมาเขียนเชื่อมโยงเพื่อบรรยายผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1.2.1 ด้านการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พบว่า โรงเรียน 8 โรง (คิดเป็นร้อยละ 80) มีหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามโครงสร้างหลักสูตรที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลาง โดยโรงเรียนขยายโอกาสจะนำความรู้ด้านโครงงานวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาจัดเป็นรายวิชาเพิ่มเติม ส่วนโรงเรียนมัธยมศึกษาที่มีความพร้อมในด้านของสื่อ บุคลากรและสถานที่จะมีรายวิชาเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่หลากหลายมากขึ้น เช่น รายวิชาพืชในท้องถิ่น (จัดการเรียนรู้เกี่ยวกับพืชและลักษณะของพืชที่มีอยู่ในสวนพฤกษศาสตร์ของโรงเรียน) รายวิชาหุ่นยนต์ ส่วนสาเหตุที่โรงเรียน จำนวน 2 โรง (คิดเป็นร้อยละ 20) ซึ่งเป็นโรงเรียนขยายโอกาสไม่มีรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เนื่องจากโรงเรียนขาดแคลนบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ รวมทั้งขาดความรู้ความเข้าใจในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ โดยมีความคิดเห็นว่าการจัดทำหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยาก ดังนั้นจึงจัดรายวิชาเพิ่มเติมในสาระการเรียนรู้อื่นแทน เช่น สาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งสะท้อนได้จากตัวอย่างการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

โรงเรียนมีหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม คือ วิชาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ เพราะเราเห็นว่าเด็ก ๆ ส่วนใหญ่ยังขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การจัดวิชาเพิ่มเติมเหล่านี้ให้เขาจะช่วยพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ให้เขาได้

ครูคนที่ 2

โรงเรียนมีหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมหลายวิชาที่เป็นหลักก็คือ วิชาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องจากเรามีครูวิทยาศาสตร์ครบชั้น และครบทุกสาขา โรงเรียนของเราจึงสามารถจัดรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมวิชาอื่นได้ ที่เรามีอยู่ก็คือ วิชาหุ่นยนต์ สอนให้เขาได้เรียนเกี่ยวกับกลไกการทำงานของหุ่นยนต์ควบคู่ไปกับเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องของไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นเนื้อหาในวิทยาศาสตร์หลัก

ครูคนที่ 5

วิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมที่จัดให้นักเรียนชั้น ม.3 หลักๆ ก็มีวิชาโครงงานและวิชาทักษะทางวิทยาศาสตร์ แต่พอดีโรงเรียนเราเข้าร่วมกับโครงงานสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน ก็เลยจัดวิชาเพิ่มเติมเพิ่มขึ้นมาอีก 1 วิชาคือ วิชาพืชในท้องถิ่น ซึ่งเราสอนเกี่ยวกับพืชตามโครงการที่มีอยู่ในโรงเรียนให้เขาได้รู้จักชื่อ

ครูคนที่ 8

โรงเรียนไม่มีหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เพราะเราไม่มีครูวิทยาศาสตร์ก็เลยไม่รู้จะทำหลักสูตรนี้กันอย่างไร หลักสูตรวิทยาศาสตร์ก็ไม่ได้ทำได้ง่าย ๆ นะ โรงเรียนเราก็เลยเน้นไปทางสายอาชีพ เพราะเด็กส่วนใหญ่บางคนก็ไม่ได้เรียนต่อ ถ้าให้เขาได้มีความรู้ด้านอาชีพติดตัวก็จะเป็นประโยชน์กับตัวเขา เพราะฉะนั้นโรงเรียนเราก็จะมีหลักสูตรเพิ่มเติมในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีแทน

1.2.2 ด้านการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม ในชุมชน พบว่าทุกโรงเรียนไม่มีการนำความรู้เรื่องภัยหรือประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับภัยซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของท้องถิ่นและสอดคล้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม มาตราฐาน ว 2.2 มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงแม้ว่าในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมจะเป็นช่วงที่โรงงานน้ำตาลเปิดหีบ และทุกโรงเรียนประสบปัญหาเขม่าควันที่เกิดจากการเผาอ้อยก่อนตัด แต่ครูผู้สอนจะนำประเด็นสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้ตัว เช่น ขยะภายในโรงเรียน น้ำเสียหรือหัวข้อที่มีอยู่ในหนังสือเรียนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเท่านั้น ซึ่งสะท้อนได้จากตัวอย่างการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“การสอนปัญหาที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น จะสอนตามหนังสือหรือในบางครั้งอาจจะให้นักเรียนได้ศึกษาปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในบริเวณโรงเรียน เช่น ปัญหาขยะหรือน้ำเสียจากโรงอาหารมาสอนเพิ่มเติมจากที่มีอยู่ในหนังสือเรียน”

ครูคนที่ 2

“โรงเรียนก็มีปัญหาเกี่ยวกับหิมะดำที่เกิดจากการเผาอ้อย ทำให้เด็กต้องทำความสะอาดบริเวณด้านหน้าโรงเรียนหลายครั้ง แต่พี่ไม่ได้เอาปัญหาเรื่องนี้มาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ชั้น ม.3 ในหัวข้อที่เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่จะสอนตามที่มีอยู่ในหนังสือเรียน”

1.2.3 ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องภัย พบว่า ครูผู้สอนยังขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำว่า STEM โดยเฉพาะด้านวิศวกรรมศาสตร์ แต่เห็นว่าการนำเนื้อหาของทั้ง 4 วิทยามารวมกันนั้นเป็นเรื่องดีและน่าสนใจ และมีเนื้อหาบางส่วนที่สามารถนำมาเชื่อมโยงกันได้ ดังนั้นการนำรายวิชาทั้ง 4 มาสอนร่วมกันน่าจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น ซึ่งสะท้อนได้จากตัวอย่างการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“สะเต็มเป็นเรื่องเกี่ยวกับสะเต็มเซลล์ใช้หรือไม่คะ”

ครูคนที่ 2

“วิทยาศาสตร์น่าจะเป็นเรื่องที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนคณิตศาสตร์คือการศึกษาเกี่ยวกับตัวเลข การคำนวณต่างๆ เทคโนโลยีน่าจะเป็นเรื่องที่ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานและสืบค้นงาน ส่วนคำว่าวิศวกรรมศาสตร์พี่ไม่แน่ใจว่าพี่จะเข้าใจความหมายถูกหรือไม่ น้องช่วยขยายความให้พี่ได้หรือไม่คะ”

ครูคนที่ 3

“วิทยาศาสตร์คือการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยใช้ขั้นตอนที่เป็นระบบ เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนเทคโนโลยีน่าจะเป็นเรื่องที่เอาคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียน คณิตศาสตร์คือเรื่อง การคำนวณตัวเลขต่างๆ ส่วนวิศวกรรมอันนี้ไม่รู้จริงๆ ใช่ว่าเรื่องเกี่ยวกับการสร้างสิ่งต่างๆ ขึ้นมาหรือไม่ ไม่แน่ใจ”

นอกจากนี้ จากประเด็นการสัมภาษณ์เกี่ยวกับเนื้อหาสะเต็มศึกษาที่สามารถนำมาใช้ในหลักสูตรฯ ครูผู้ให้สัมภาษณ์ได้เสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาของ 4 รายวิชาที่เกี่ยวข้องกับ อ้อยไว้ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ เนื้อหาที่เกี่ยวข้องได้แก่ การสังเคราะห์ด้วยแสง การเจริญเติบโตของพืช ระบบนิเวศ ปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน การทำน้ำตาล การขยายพันธุ์พืช การถนอมอาหาร กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย การขนส่ง

เทคโนโลยี เนื้อหาที่เกี่ยวข้องได้แก่ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวอ้อยและเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ระบบน้ำหยด

วิศวกรรมศาสตร์ เนื้อหาที่เกี่ยวข้องได้แก่ กระบวนการออกแบบระบบน้ำหยด การออกแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวอ้อย เช่น รถตัดอ้อย รถสางใบอ้อย

คณิตศาสตร์ เนื้อหาที่เกี่ยวข้องได้แก่ การคำนวณเปรียบเทียบการเก็บเกี่ยวอ้อย ระหว่างการตัดแบบใช้แรงงานคนและการใช้รถตัดอ้อย

ขั้นตอนที่ 2 ผลการออกแบบหลักสูตร

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การจัดทำโครงร่างหลักสูตร 2) การประเมินโครงร่างหลักสูตร และ 3) การปรับปรุงโครงร่างหลักสูตร ผลการศึกษามีดังนี้

2.1 ผลการจัดทำโครงร่างหลักสูตร

ผู้วิจัยได้นำผลการศึกษาจากขั้นตอนที่ 1 มาเป็นแนวทางในการกำหนดโครงร่างหลักสูตร โดยนำข้อมูลพื้นฐานจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเรื่อง การเผาอ้อยก่อนตัดที่เกิดขึ้นจริงในชุมชน ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ตลอดจนเนื้อหาวิชา STEM ที่สอดคล้องกับความรู้เรื่องอ้อยมาจัดทำโครงร่างหลักสูตรโดยเชื่อมโยงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เข้ากับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ตลอดจนขยายการเรียนรู้

เนื้อหาด้านเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นลงในแต่ละหน่วยการเรียนรู้เพื่อให้ผู้นำหลักสูตรไปใช้เห็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบด้านวิศวกรรมศาสตร์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งโครงสร้างหลักสูตรที่กำหนดมีองค์ประกอบสำคัญ 7 ประการ ได้แก่ สภาพปัญหาและความจำเป็น หลักการจุดมุ่งหมาย โครงสร้างหลักสูตร แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ข)

2.2 ผลการประเมินโครงสร้างหลักสูตร

ผลการประเมินโครงสร้างหลักสูตรด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ผลปรากฏดังตาราง 8-9 ตามลำดับ

ตาราง 8 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความเหมาะสมขององค์ประกอบของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	N = 5		ระดับความเหมาะสม
	$\bar{X}$	S.D.	
1. สภาพปัญหาและความจำเป็นของหลักสูตร	3.93	0.45	มาก
2. หลักการของหลักสูตร	4.20	0.56	มาก
3. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	4.05	0.69	มาก
4. โครงสร้างหลักสูตร	4.20	0.61	มาก
5. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.13	0.62	มาก
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้	4.13	0.61	มาก
7. การวัดและประเมินผล	4.13	0.64	มาก
รวม	4.14	0.59	มาก

จากตาราง 8 สรุปได้ว่า ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของหลักสูตรฯ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ตั้งแต่ 3.93-4.20 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 3.50 ที่กำหนด นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าทุกองค์ประกอบของโครงสร้างหลักสูตรมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

สำหรับด้านโครงสร้างหลักสูตรในส่วนขององค์ประกอบย่อยคือ ครอบคลุมเนื้อหาและกระบวนการที่ต้องการพัฒนามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ง)

ตาราง 9 ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา
เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าดัชนี ความสอดคล้อง	การแปลผล
1. สภาพปัญหาและความจำเป็นกับหลักการของหลักสูตร	0.8	สอดคล้อง
2. สภาพปัญหาและความจำเป็นกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร	1.0	สอดคล้อง
3. หลักการกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร	1.0	สอดคล้อง
4. หลักการกับโครงสร้างหลักสูตร	1.0	สอดคล้อง
5. หลักการกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	0.8	สอดคล้อง
6. จุดมุ่งหมายกับโครงสร้างหลักสูตร	1.0	สอดคล้อง
7. จุดมุ่งหมายกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	0.8	สอดคล้อง
8. จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับการวัดและประเมินผล	1.0	สอดคล้อง
9. โครงสร้างหลักสูตรกับกระบวนการจัดการเรียนรู้	1.0	สอดคล้อง
10. โครงสร้างหลักสูตรกับสื่อและแหล่งเรียนรู้	1.0	สอดคล้อง
11. โครงสร้างของหลักสูตรกับการวัดและประเมินผล	1.0	สอดคล้อง
12. กระบวนการจัดการเรียนรู้กับสื่อและแหล่งเรียนรู้	0.8	สอดคล้อง
13. กระบวนการเรียนรู้กับการวัดและประเมินผล	1.0	สอดคล้อง
14. สื่อและแหล่งเรียนรู้กับการวัดและประเมินผล	1.0	สอดคล้อง
รวม	0.94	สอดคล้อง

จากตาราง 9 สรุปได้ว่า ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของหลักสูตรฯ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.8-1.0 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 ที่กำหนดไว้ นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าทุกองค์ประกอบของโครงสร้างหลักสูตรมีความสอดคล้องกัน (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ง)

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า หลักสูตรฉบับร่างที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคุณภาพสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 โดยมีองค์ประกอบครบถ้วน เหมาะสมเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีความสอดคล้องกันระหว่างองค์ประกอบภายใน สามารถนำไปใช้จริงกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างได้

2.3 ผลการปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตร

ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตร สรุปประเด็นได้ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงรายละเอียดประเด็นการปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตรตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นที่ปรับปรุง	โครงสร้างหลักสูตรเดิม	โครงสร้างหลักสูตรใหม่
1. ชื่อหน่วยการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไร	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไร ใส่ใจสิ่งแวดล้อม
2. มาตรฐานการเรียนรู้	รายวิชาวิทยาศาสตร์ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไม่มีมาตรฐานการเรียนรู้ที่ ว 8.1	เพิ่มมาตรฐานการเรียนรู้ที่ ว 8.1 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ลงในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1
3. ตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	เปลี่ยนคำว่า “ตัวชี้วัด” เป็น “ผลการเรียนรู้” เนื่องจากเป็นหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม
4. ข้อคำถามในใบกิจกรรม	เพราะเหตุใดรถแข่งฟอร์มูล่าวันจึงออกแบบให้มีลักษณะดังภาพ	เพราะเหตุใด รถแข่งฟอร์มูล่าวันจึงออกแบบให้มีความสูงของรถจากพื้นไม่มากนัก

ขั้นตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้หลักสูตร

ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรฯ ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษานำร่อง (Pilot Study) และ 2) การนำหลักสูตรไปทดลองใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการศึกษานำร่อง

ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรไปทดลองใช้เพื่อศึกษาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของหลักสูตร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนด่านช้างวิทยา อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 15 คน ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สอนสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง สรุปผลการประเมินความเป็นไปได้ของหลักสูตรในสถานการณ์จริง ดังนี้

หลักสูตรสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน กิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ส่วนใหญ่เหมาะสมกับเวลา มีเพียงบางกิจกรรมเท่านั้นที่มีการปรับลดจำนวนของสื่อการเรียนรู้ให้น้อยลง เช่น ลดจำนวนของหลอดดูดน้ำจาก 50 หลอดเหลือเพียง 30

หลุดในกิจกรรมฐานวางถังน้ำและลดจำนวนบัตรคำเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายเพื่อให้ นักเรียนทำกิจกรรมได้เร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.10$) ให้ความร่วมมือและกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรมด้วย ความสนุกสนาน โดยเฉพาะกิจกรรมที่ใช้กระบวนการออกแบบ สอดคล้องกับความคิดเห็นของ นักเรียนจากการเขียนอนุทินที่ว่าชอบกิจกรรมที่มีการทดลองเพราะน่าสนใจ และทำให้เรียนรู้ด้วยความ สนุกสนาน

3.2 การนำหลักสูตรไปทดลองใช้

ผู้วิจัยนำหลักสูตรไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรตาม สมมติฐานข้อที่ 2-5 ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการใช้ หลักสูตร ด้วยการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) ผลปรากฏดังตาราง 11-13 ตามลำดับ

ตาราง 11 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อ้อย ก่อนและหลังการใช้ หลักสูตรฯ

การทดสอบ	N	df	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	81	80	12.52	2.39	25.180**	.000
หลังเรียน	81	80	20.23	2.72		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 11 สรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่า ก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 12 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและหลังการใช้หลักสูตรฯ

ด้าน	N	df	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. การนิยามปัญหา	81	80	4.34	1.69	5.30	1.44	4.139**	.000
2. การพิจารณาตัดสินข้อมูล	81	80	3.54	1.59	4.93	1.49	6.393**	.000
3. การตั้งสมมติฐาน	81	80	4.96	2.31	6.22	1.95	5.818**	.000
4. การสรุปและประเมินข้อสรุป	81	80	4.27	1.86	5.57	1.86	5.555**	.000
รวม	81	80	17.12	5.29	22.01	4.34	10.300**	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 12 เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกด้าน

ตาราง 13 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการใช้หลักสูตรฯ

ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม	N	df	ก่อนการใช้หลักสูตร		หลังการใช้หลักสูตร		t	p
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. การอนุรักษ์ดิน	81	80	3.30	1.03	3.70	0.70	2.975**	.004
2. การอนุรักษ์น้ำ	81	80	3.80	0.66	4.06	0.70	2.271*	.026
3. การอนุรักษ์อากาศ	81	80	3.43	1.05	3.81	0.66	2.679**	.009
4. การอนุรักษ์ทัศนียภาพ	81	80	3.70	0.77	3.97	0.67	2.192*	.031
ภาพรวม	81	80	3.11	1.03	3.52	0.79	2.613*	.011

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 13 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่าคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม หลังการใช้หลักสูตรฯ สูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่า ก่อนการใช้หลักสูตรทุกด้าน โดยคะแนนเฉลี่ยด้านการอนุรักษ์ดินและการอนุรักษ์อากาศหลังการใช้ หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนคะแนนเฉลี่ยด้าน การอนุรักษ์น้ำและการอนุรักษ์ทัศนียภาพหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนของนักเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample t-test) ผลปรากฏดังตาราง 14

ตาราง 14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตร กับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65)

การทดสอบ	N	df	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	t	p
หลังเรียน	81	80	20.23	2.72	67.43	2.433*	.017

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 คะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้ หลักสูตรฯ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียน ต่อการจัดการเรียนรู้หลังการใช้หลักสูตรกับเกณฑ์ที่กำหนด (ระดับมาก, 3.50) ด้วยการทดสอบค่าที แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample t-test) ผลปรากฏดังตาราง 15

ตาราง 15 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรฯ กับเกณฑ์ที่กำหนด (3.50)

ความพึงพอใจ	N=81		ระดับ	t	p
	$\bar{X}$	S.D.			
1. ด้านเนื้อหา/สาระการเรียนรู้	4.12	0.58	มาก	9.658**	.000
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.20	0.45	มาก	14.081**	.000
3. ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้	4.14	0.56	มาก	10.209**	.000
4. ด้านการวัดและประเมินผล	4.14	0.59	มาก	9.761**	.000
ภาพรวม	4.16	0.46	มาก	12.906**	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 15 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรฯ อยู่ในระดับมากและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรฯ อยู่ในระดับมากและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{X}=4.20$) รองลงมาคือ ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X}=4.14$) ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านเนื้อหา/สาระการเรียนรู้

นอกจากนี้ นักเรียนยังได้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับ สิ่งที่ยากเรียนรู้เพิ่มเติมและความรู้สึกต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการเขียนอนุทิน สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. นักเรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับอ้อยตั้งแต่การปลูกจนถึงขั้นตอนของการเก็บเกี่ยว ผลกระทบต่อการตัดอ้อยไฟไหม้ต่อสิ่งแวดล้อม ประโยชน์ของอ้อย รวมทั้งการเก็บรักษาน้ำอ้อยและการนำน้ำอ้อยไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ที่เชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง พืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ความแตกต่างของอ้อยและหญ้า การดูดและคายความร้อนของวัสดุที่มีสีต่างกัน การเลือกชนิดของผ้าที่นำมาทำเสื้อตัดอ้อย การพาสเจอร์ไรส์ การวัดความหวานและการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่น้ำตาลอ้อย และความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณเปรียบเทียบค่าแรง ระบบน้ำหยด คำนวณการอัตราเร็วในการไหลของน้ำ การคำนวณปริมาตรของกระป๋อง รวมทั้งได้วางแผนออกแบบและปรับปรุงชิ้นงานอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งสะท้อนจากตัวอย่างการเขียนอนุทินของนักเรียนที่ว่า

“ได้รู้ว่าอ้อยกับหญ้าแตกต่างกันอย่างไร ไม่ว่าจะเป็นความแตกต่างของราก ลำต้นและใบ”

“ได้ความรู้เกี่ยวกับระบบน้ำหยด การทำระบบน้ำหยดอย่างง่ายและการคำนวณหาอัตราเร็วในการหยดของน้ำจากขวด”

“ได้ทราบถึงผลดี ผลเสียของการตัดอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ และได้ทราบว่าใครมีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาในเรื่องนี้บ้าง”

“ได้ทราบถึงวิธีในการเก็บรักษาน้ำอ้อยให้อยู่ได้นานขึ้น โดยการแช่เย็น การพาสเจอร์ไรซ์หรือเอามาทำเป็นน้ำตาล”

“ได้รู้ถึงแนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ สามารถเก็บน้ำตาลไว้ได้โดยไม่ขึ้นและได้ราคาดี”

2. สิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม คือ ความเหมือนและความแตกต่างระหว่างพืชใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดอื่นนอกเหนือจากหญ้าเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อย การเปรียบเทียบความหวานของอ้อยกับหญ้า ปริมาณน้ำตาลที่ผลิตได้จากอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้จะเท่ากันหรือไม่ ประโยชน์ของอ้อยนอกเหนือจากการนำมาทำน้ำตาล ชานอ้อยนอกจากจะนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วสามารถนำมาทำอะไรได้อีก ทำไมเมื่อใส่น้ำลงไปในการบ่มน้ำตาลที่มีพื้นที่ฐานเล็กและสูงจึงวางแบบเอียงๆ ได้ยากกว่ากระป๋องที่มีพื้นที่ฐานมากกว่าและมีความสูงน้อยกว่า ระบบน้ำหยดสามารถนำมาใช้กับพืชชนิดใดได้บ้าง ซึ่งสะท้อนจากตัวอย่างการเขียนอนุทินของนักเรียนที่ว่า

“นอกจากหญ้าแล้ว มีพืชชนิดอื่นอีกหรือไม่ที่เหมือนกับอ้อย”

“อ้อยสดและอ้อยไฟไหม้สามารถนำไปผลิตน้ำตาลได้ปริมาณเท่ากันหรือไม่”

“นอกจากเอามาทำน้ำตาลแล้ว อ้อยมีประโยชน์อย่างอื่นอีกหรือไม่”

“ทำไมกระป๋องที่มีฐานเล็กและสูงจึงวางเอียงได้ยากกว่ากระป๋องที่มีฐานใหญ่และเตี้ยกว่า”

“นอกจากอ้อยแล้ว เราใช้ระบบน้ำหยดกับพืชชนิดใดได้อีกบ้าง”

3. ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรฯ ก็คือนักเรียนชอบกิจกรรมการทดลอง รู้สึกตื่นเต้น ไม่เครียดและสนุกสนานกับการตอบคำถามและกิจกรรมการทดลองเนื่องจากได้เรียนรู้ความรู้ใหม่ ได้วางแผนและทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกับเพื่อนในการอภิปรายและฝึกคิดประเด็นปัญหาร่วมกัน การคิดวิเคราะห์และการใช้จินตนาการสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างอิสระ ครูผู้สอนมีความเป็นกันเองในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสะท้อนจากตัวอย่างการเขียนอนุทินของนักเรียนที่ว่า

“สนุกสนาน เป็นกันเอง มีกิจกรรมตอบคำถามที่สนุก”

“ได้ความรู้มากขึ้น ได้รู้ขั้นตอนการผลิตน้ำตาลชั้นต่างๆ ครูสอนสนุกและเป็นกันเอง”

“มีความสุข ไม่เครียดเลย เป็นกันเองมาก สามารถบอกความคิดที่ตัวเองคิดได้อย่างมั่นใจ”

“ชอบกิจกรรมการทดลอง สนุกสนาน และได้ใช้ความคิดร่วมกันกับเพื่อน”

“สนุกและตื่นเต้นที่ได้ทดลองออกแบบสิ่งต่างๆ ร่วมกับเพื่อน อยากให้มีการทดลองบ่อยๆ”

“ขอบที่ได้ฝึกคิดปัญหาร่วมกับเพื่อนในการทำการทดลอง ฝึกการคิดวิเคราะห์และใช้จินตนาการ สร้างสรรค์ผลงานได้อย่างอิสระ”

สมมติฐานข้อที่ 5 ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกความคิดเห็นของครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่านที่เข้าร่วมสังเกตการณ์สอนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้น สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

3.2.4.1 ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้

ครูผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 ท่าน มีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่าเทคนิคหรือวิธีการที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามวัฏจักรการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการกระตุ้นความสนใจและเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนให้เรียนรู้เนื้อหาได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการใช้คำถามให้ผู้เรียนช่วยกันตอบในขั้นกระตุ้นความสนใจ สามารถสร้างความกระตือรือร้นในการเรียนได้ดี นอกจากนี้การนำผังมโนทัศน์มาใช้เป็นเทคนิคในการระดมความคิดเกี่ยวกับการตัดอ้อยซึ่งเทคนิคนี้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความคุ้นเคย เนื่องจากครูผู้สอนส่วนใหญ่นำเทคนิคนี้มาใช้ในการสรุปบทเรียน ส่วนกิจกรรมที่ครูเห็นว่าสามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้มากที่สุดคือการทดลองให้ผู้เรียนได้คิดออกแบบและแก้ปัญหา เช่น กิจกรรมสร้างฐานวางถังน้ำโดยใช้การต่อหลอดดูดน้ำ กิจกรรมการวางตะปู โดยครูผู้ร่วมวิจัยให้ข้อสังเกตว่าผู้เรียนที่ไม่สนใจการเรียนเนื้อหาในภาคทฤษฎี สามารถเปลี่ยนบทบาทและพฤติกรรมมาเป็นผู้นำและมีส่วนร่วมในกิจกรรมเหล่านี้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเห็นว่าผู้วิจัยมีการเตรียมการสอนมาล่วงหน้าสามารถจัดกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ได้ดี โดยใช้การตั้งคำถามให้ผู้เรียนได้คิดเกี่ยวกับเนื้อหาหรือวิธีการดำเนินกิจกรรม ทั้งยังมีการเสริมแรงเช่น การให้คะแนนเพิ่มหรือการให้รางวัลเพื่อให้ผู้เรียนกล้าและสนใจที่จะตอบคำถามมากขึ้น ซึ่งสะท้อนจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“เทคนิคที่นำมาใช้เหมาะสมกับแต่ละขั้นของการสอนแบบ 5E โดยเฉพาะในขั้นกระตุ้นความสนใจ มีการนำบทความหรือใช้ข่าวเกี่ยวกับอ้อยมาให้เขาอ่านแล้วช่วยกันคิดโดยครูตั้งคำถามเพื่อโยงไปสู่เรื่องที่เรากำลังจะสอน ในช่วงแรกๆ เด็กอาจจะยังอายอยู่หรือไม่ค่อยกล้าที่จะตอบมากเท่าไร แต่พอครูบอกว่าจะให้คะแนนเพิ่มหรือมีรางวัลให้ถ้าใครตอบคำถามได้มากที่สุด ทำให้เขาสนใจและกระตือรือร้นที่จะแข่งกันตอบมากขึ้น”

ครูคนที่ 2

“เทคนิคที่นำมาใช้ก็เป็นเทคนิคง่ายๆ เช่น ตอนที่นำเข้าบทเรียนโดยให้เขาได้คิดร่วมกันเป็นกลุ่มและเขียนเป็น Mind mapping ถึงสิ่งที่เขาคิดหรือนึกถึงเมื่อพูดถึงคำว่า การตัดอ้อย ซึ่งเทคนิคนี้เด็กส่วนใหญ่จะชอบและคุ้นเคย เพราะเขาได้คิดและเขียนเองบางทีก็มีการตกแต่งให้สวยงามอีกด้วย อีกอย่างหนึ่งคือครูส่วนใหญ่มักจะเอาเทคนิคนี้มาใช้ตอนสรุปบทเรียนอยู่แล้ว”

“กิจกรรมที่เด็กชอบและสนใจมาก ก็คือ กิจกรรมต่อหลอดเป็นฐานวางถังน้ำ แม้แต่นาย ก ที่ชอบนั่งหลับในห้องเป็นประจำและไม่ค่อยสนใจเรียนยังลุกขึ้นมาช่วยเพื่อนทำกิจกรรมกลุ่มได้”

“ที่สำคัญน้องเตรียมการสอนมาดีด้วยทำให้กิจกรรมมันเป็นลำดับขั้นตอนเหมือนที่เขียนไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การตั้งคำถามให้ผู้เรียนได้คิดเกี่ยวกับเนื้อหาหรือวิธีการดำเนินกิจกรรม”

3.2.4.2 ด้านเนื้อหา

ครูผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 ท่าน มีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่าเนื้อหาของหลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นมีความต่อเนื่อง สอดคล้องกับประสบการณ์ด้านการประกอบอาชีพของผู้เรียน และตัวชี้วัดของหลักสูตรในมาตรฐานที่เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมของชุมชน โดยนำเนื้อหาที่เป็นความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพืชที่ผู้เรียนได้เรียนแล้วในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 มาเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เกี่ยวกับอ้อย ซึ่งสะท้อนจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“ด้านเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้ก็จัดเรียงลำดับไว้ดี การเรียนวิชานี้เหมือนกับการทบทวนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของ ม.1 และ ม.2 ที่เอาความรู้ทั่วไปไปเกี่ยวกับพืชที่เขาเคยเรียนมาแล้วตอน ม.1 และ ม.2 เช่น เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ แต่เราเน้นการสอนไปที่เรื่องเกี่ยวกับอ้อย แล้วค่อยโยงไปเรื่องเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นซึ่งก็เป็นเรื่องที่มีสอนในชั้น ม.3 แล้วค่อยไปจบหน่วยสุดท้ายด้วยเรื่องประโยชน์ของอ้อย ซึ่งเป็นการสอนเนื้อหาที่แทรกกิจกรรมการทดลองเข้าไปด้วยทำให้เด็กจำเนื้อหาได้ดีกว่าสอนเนื้อหาอย่างเดียว อีกอย่างหนึ่งก็คือการออกแบบชิ้นงานที่น้องกำหนดเงื่อนไขหรือปัญหาให้แล้วให้เขาลองแก้ปัญหาตามแนวคิดของเขาเอง พี่ว่าเนื้อหาก็เหมาะสมกับเด็กแถวนี้ดี เพราะส่วนใหญ่ครอบครัวของเขาจะทำไร่ อ้อยกันอยู่แล้ว แต่เขาอาจจะไม่ได้รู้สึกในรายละเอียดของอ้อยเหมือนที่น้องเอามาสอน พี่ก็ว่าเป็นเรื่องดีที่เขาจะได้เรียนรู้สิ่งที่ใกล้ตัว เพราะถ้าน้องสังเกตให้ดีจะเห็นว่ารอบๆ โรงเรียนนี้ก็อ้อยทั้งนั้นเลย เด็กบางคนก็ขับรถตัดอ้อยเองด้วย พี่ว่าสิ่งที่สอนเหมือนเป็นการทบทวนเนื้อหาเดิมแต่แทรกและเน้นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับอ้อยแทนที่จะเรียนเรื่องพืชทั่วไปเท่านั้นเอง”

ครูคนที่ 2

“เนื้อหามีความต่อเนื่องและสอดคล้องกันดี มีความน่าสนใจในการเชื่อมโยงความรู้เรื่องอ้อยเข้ากับวิทยาศาสตร์ โดยในช่วงแรกๆ จะเป็นการปูพื้นความรู้ทั่วไป เกี่ยวกับอ้อยก่อน เช่น สังเคราะห์แสงอย่างไร แล้วสร้างน้ำตาลอย่างไร ซึ่งเขาเรียนเรื่องพวกนี้มาแล้วตอน ม.1-2 เหมือนมาทบทวนใหม่ตอบได้บ้างไม่ได้บ้างไม่เป็นที่แล้ว ไล่มาเรื่อยๆ จนถึงกิจกรรมการทดลองแล้วสมมติว่าเป็นฐานวางถังน้ำ มีเงื่อนไขให้เขาได้วางแผนทดลองทดลอง ถูกบ้างผิดบ้าง แต่พี่สังเกตว่าเด็กเขาก็สนุกสนานได้คิดและทำกิจกรรมร่วมกัน แล้วชั่วโมงต่อๆ มา ค่อยไปว่าเรื่องสิ่งแวดล้อมจากการเผาอ้อยก่อนตัด แล้วจบด้วยประโยชน์ของอ้อย”

ส่วนประเด็นด้านเนื้อหาเกี่ยวกับเวลา ครูผู้ร่วมวิจัยเห็นว่าส่วนใหญ่ นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ทันเวลา มีเพียงบางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากเกินไป เช่น การทดลองดูตูดน้ำ ส่งผลให้ผู้เรียนบันทึกกอนุทินได้ไม่ทันเวลา ครูทั้งสองท่านจึงให้ข้อเสนอแนะว่าควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน และแจ้งเวลาที่เหลือในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้ผู้เรียนทราบเป็นระยะ ซึ่งสะท้อนจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“สำหรับด้านเนื้อหาเกี่ยวกับเวลา น้องก็จัดกิจกรรมได้ทันเวลานะ โดยเฉพาะช่วงที่ไม่ได้มีการทดลองหรือออกแบบชิ้นงาน แต่มีบางกิจกรรมที่เด็กต้องทดลอง ช่วงแรกๆ รู้สึกว่าเด็กเขาจะบันทึกกอนุทินไม่ทัน จนครูต้องสั่งให้ทำเป็นการบ้าน ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือบางคนลืมเอามาหรือบางคนก็ทำไม่เสร็จ แต่พอช่วงหลังๆ ที่พี่ได้แนะนำให้ปรับระยะเวลาทำกิจกรรมให้กระชับขึ้น และกำหนดเวลาให้ทำในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน เช่น บอกเขาไปเลยว่าออกแบบใช้เวลา 20 นาที ทดลองใช้เวลา 30 นาที เด็กเขาก็ทำกิจกรรมได้เร็วขึ้น และการที่น้องบอกเวลาที่เหลือให้เขารู้เป็นระยะๆ ทำให้การทำกิจกรรมเป็นไปตามเวลาที่กำหนดไว้มากขึ้น”

ครูคนที่ 2

“ส่วนใหญ่น้องจัดกิจกรรมได้ทันเวลา จะมีแค่บางการทดลองเท่านั้นที่ถ้าไม่กำหนดเวลาให้แน่นอน เด็กๆ จะทำไม่ทัน คือเขาจะพยายามทำการทดลองของเขาไปเรื่อย ๆ จนบางครั้งใกล้หมดเวลาแล้วยังทดลองไม่เสร็จ พอช่วงหลัง ๆ มีการกำหนดเวลาในแต่ละชั้นชัดเจนขึ้นทำให้เขาทำการทดลองได้เสร็จทันเวลามากขึ้น”

3.2.4.3 ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้

ครูผู้ร่วมวิจัยเห็นว่าสื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยนำมาใช้มีความหลากหลาย น่าสนใจ สอดคล้องกับเนื้อหา เช่น การนำวิดีโอมาใช้ในการกระตุ้นความสนใจ โดยสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ส่วนใหญ่สามารถจัดหาได้ง่ายและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน มีเพียงบางแผนการจัดการเรียนรู้เท่านั้น เช่น แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง อันไหนหวานกว่าที่ต้องใช้เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์เฉพาะที่ค่อนข้างหาได้ยากมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งครูผู้ร่วมวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่า สำหรับกิจกรรมนี้หากครูไม่สามารถหาเครื่องมือชนิดนี้ได้ อาจให้ผู้เรียนคิดออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความหวานของอ้อยทั้งสองชนิดเพียงอย่างเดียว โดยหากผู้เรียนมีโอกาสได้ไปทัศนศึกษาที่โรงงานน้ำตาล อาจให้เขาสอบถามข้อมูลนี้จากเจ้าหน้าที่เพื่อศึกษาวิธีการวัดความหวานจริงของโรงงานก็ได้ ซึ่งสะท้อนจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“ที่พี่เห็นสื่อที่น้องเอามาใช้ก็มี วิดีโอ ใบกิจกรรม บัตรคำ เพลง สื่อของจริง ก็มีหลายแบบนะและสื่อที่เอามาใช้ส่วนใหญ่ก็เป็นสื่อทั่ว ๆ ไปที่หาได้ง่ายซึ่งก็น่าสนใจและเหมาะกับเนื้อหาที่สอน เช่น วิดีโอที่เอามาเปิดให้เขาดูตอนก่อนเริ่มกิจกรรมมีทั้งแบบที่เป็นเพลง หรือให้ดูการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในไร่อ้อย แต่จะมีอยู่เรื่องหนึ่งที่สื่อค่อนข้างจะหายาก คือเรื่องที่เขาหาความหวานของอ้อยที่ต้องใช้เครื่องวัดความหวาน ซึ่งถ้าเป็นโรงเรียนเล็กๆ ที่หาเครื่องมือตัวนี้มาไม่ได้จริงๆ จะทำอย่างไร ถ้าเราให้เขาแค่ฝึกออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความหวานของอ้อยทั้งสองชนิดจะเป็นไปได้หรือไม่ หรือถ้าเด็กเขาได้มีโอกาสที่จะไปดูงานที่โรงงานน้ำตาลให้เขานำข้อมูลตรงนี้ไปถามเจ้าหน้าที่แล้วให้เขาพาไปดูวิธีวัดความหวานที่ใช้จริงๆ ในโรงงานจะได้หรือไม่”

ครูคนที่ 2

“สื่อที่นำมาใช้ก็มีความน่าสนใจทั้งสื่อที่เป็นวิดีโอก่อนเริ่มกิจกรรมเพื่อนำเข้าสู่เรื่องที่เราจะสอน มีภาพ มีเพลง บัตรคำ บัตรภาพ เกมซึ่งก็เป็นสื่อที่สอดคล้องกับเนื้อหาและก็หาได้ง่ายจากอินเทอร์เน็ต นอกนั้นก็จะเป็นในรูปแบบของใบกิจกรรมที่เขาได้ทำโดยร่วมกันคิดแล้วเก็บตอนท้ายชั่วโมง ที่น่าสนใจก็คือสื่อที่ใช้ตอนที่ให้เขาได้ร่วมกันคิดออกแบบก็เป็นสื่อที่หาง่ายๆ ราคาไม่แพง เช่น หลอดดูดน้ำ แต่สามารถฝึกเด็กให้เขาได้คิดอย่างเป็นขั้นตอนได้”

นอกจากนี้ครูยังเห็นว่าเป็นเรื่องดีที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้จัดหาสื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น ต้นอ้อย กระป๋องน้ำอัดลม กล้องบรรจุภัณฑ์ของสินค้าชนิดต่างๆ แต่ข้อเสนอแนะที่เพิ่มเติมในประเด็นนี้คือ ควรให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสถานที่หรือแหล่งการเรียนรู้จริงให้มากขึ้น

ครูคนที่ 1

“ บางอย่างเราก็ไม่ต้องเตรียมมาเองแต่สั่งให้เด็กเขาเตรียมอุปกรณ์มา เช่น ต้นอ้อย กระป๋องน้ำอัดลม ขวดน้ำ กล้องหรือถุงที่ใส่ขนม ถ้าน้องสามารถพาเขาไปทัศนศึกษาได้ที่โรงงานน้ำตาลจริงๆ น่าจะดี”

ครูคนที่ 2

“เป็นเรื่องดีที่ให้เด็กเขาได้มีส่วนร่วมในการหาสื่อมาใช้ในการทดลองด้วยตนเองเป็นการแบ่งเบาภาระของครูและฝึกความรับผิดชอบของเขาด้วย”

3.2.4.4 ด้านการวัดและประเมินผล

ในด้านรูปแบบของการวัดและประเมินผล ครูผู้ร่วมวิจัยเห็นว่าการประเมินผลที่ครูนำมาใช้ประกอบด้วยวิธีการหลายรูปแบบ ได้แก่ การทดสอบ การสังเกตพฤติกรรม ในชั้นเรียน การบันทึกเวลาเรียน การทำแบบฝึกหัด การตรวจชิ้นงาน การตรวจใบกิจกรรม ซึ่งคล้ายกับรูปแบบการประเมินของครูโดยทั่วไป แต่รูปแบบที่ครูผู้ร่วมวิจัยเห็นว่าเป็นวิธีการประเมินผลที่ดีและน่าสนใจ คือ การเขียนบันทึกเพื่อบอกสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ สิ่งที่ยากเรียนรู้เพิ่มเติมและความรู้สึกต่อการจัดกิจกรรมในแต่ละครั้ง พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าควรให้ผู้เรียนบันทึกบันทึกให้เสร็จภายในชั่วโมง ซึ่งสะท้อนจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“การเขียนบันทึกบอกสิ่งที่ได้กับความรู้สึกท้ายชั่วโมง โดยทำเป็นเล่มเล็กๆ อันนี้ก็ดีและน่าสนใจ มันเหมือนเป็นการทบทวนสิ่งที่เขาเรียนไปในตัวแล้วมันทำให้เราได้รู้ข้อมูลย้อนกลับของเขาด้วยว่าเขารู้สึกยังไง แต่เหมือนที่พี่เสนอไว้ตอนต้นว่า ถ้าจัดเวลาของกิจกรรมดีๆ น่าจะให้เราบันทึกให้เสร็จไปเลยในชั่วโมงคือ หนึ่งเขาจะได้ไม่ลืมว่าเขาเรียนอะไรไปบ้าง และสองคือเขาได้บันทึกต่อเนื่องทุกครั้ง ถ้าน้องอยากจะทำไปอ่านอาทิตย์ต่ออาทิตย์ก็ทำได้เลยซึ่งเราสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเพิ่มเติมหรือปรับกิจกรรมของเราในชั่วโมงต่อไปได้เลย”

ครูคนที่ 2

“การประเมินผลที่ใช้ก็มีหลายรูปแบบตั้งแต่ การทดสอบก่อน กลางและปลายภาคเรียน การบันทึกเวลาเข้าเรียน ให้เขาได้ทำแบบฝึกหัดท้ายใบกิจกรรม ประเมินการนำเสนอ ที่ชอบคือการให้เขาได้เขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ สิ่งที่ยากเรียนและความรู้สึกของเขาที่มีต่อสิ่งที่เราสอนไป กันนับว่าเป็นวิธีการประเมินที่ดีที่ทำให้ครูสามารถเอาผลที่ได้ไปปรับปรุงการสอนในชั่วโมงต่อไปได้”

นอกจากนี้ยังมีให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินการนำเสนอของเพื่อน โดยในระหว่างที่ครูผู้ร่วมวิจัยสังเกตการสอนนั้น เมื่อผู้เรียนได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับบรรจุกภัณฑ์สำหรับน้ำตาลอ้อย พร้อมต้นทุนและราคาขายนั้น ครูผู้ร่วมวิจัยท่านหนึ่งได้เสนอแนะให้เพิ่มกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นเสนอแนวคิดว่าการซื้อผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้หรือไม่ พร้อมเหตุผลประกอบแนวคิด ซึ่งสะท้อนจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“ส่วนใหญ่ที่พี่เห็นว่าเด็กจะมีส่วนร่วมในการประเมินน่าจะเป็นกิจกรรมการออกแบบ เช่น ตอนที่ต่อหลอดแต่ละกลุ่มจะตามครูไปทุกกลุ่มและก็นั่งว่ากลุ่มนี้จะสร้างได้สูงกว่ากลุ่มตัวเองหรือเปล่าโดยน้องเป็นคนวัด ส่วนนักเรียนก็เป็นคนอ่านค่าที่วัดได้ ส่วนอีกอันหนึ่งก็คือตอนที่ออกแบบบรรจุกภัณฑ์สำหรับเก็บน้ำตาลอ้อย ก็จะมีเด็ก

บางคนก็อาจจะพูดแทรกออกมาเลยว่า แพงไปบ้างหรือ อุปกรณ์ไม่เหมาะสมบ้างซึ่งพื้คิดว่าก็เป็นการแสดงความคิดเห็นที่จะประเมินชิ้นงานของเพื่อน แต่จะดีขึ้นกว่านี้หรือไม่ถ้าเราเพิ่มกิจกรรมให้เขาได้ตัดสินใจผลงานของเพื่อนว่าอุปกรณ์ที่ใช้เหมาะสมหรือไม่ หรือราคาแพงไปหรือไม่ พร้อมให้เขาบอกเหตุผลประกอบมาด้วยพื้ว่าน่าจะดีกว่าแค่ให้เขาพูดแทรกเพื่อนขึ้นมาในระหว่างที่เพื่อนกำลังนำเสนอผลงาน”

3.2.4.5 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ครูผู้ร่วมวิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับ วิธีการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา สื่อและแหล่งเรียนรู้ ตลอดจนการวัดและประเมินผลไว้ ดังนี้

อาจให้นักเรียนแสดงบทบาทสมมติโดยทำเป็นละครสั้นเพื่อรณรงค์เกี่ยวกับการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาอ้อย เพิ่มเติมจากการให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของบุคคลที่มีอาชีพต่าง ๆ กันเท่านั้น ซึ่งสะท้อนจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 1

“กิจกรรมที่ให้เด็กสมมติตัวเองเป็นคนในอาชีพต่าง ๆ เพื่อแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการเผาอ้อยก่อนตัด แล้วเขียนลงใบงาน ถ้าเราเพิ่มกิจกรรมต่อไปอีกนิดโดยลองให้เขาทำในแบบอื่นๆ บ้าง เช่น กำหนดหัวเรื่องเกี่ยวกับการรณรงค์ให้คนเผาอ้อยน้อยลงแล้วให้เขาคิดแสดงเป็นละครสั้นๆ อาจใช้เวลา 5 หรือ 10 นาทีต่อกลุ่มโดยจำนวนกลุ่มเดิมอาจจะมากเกินไปก็อาจจะยุบเด็กจาก 2 กลุ่มเป็นกลุ่มเดียวเพื่อประหยัดเวลา โดยท้ายชั่วโมงอาจให้เขาไปคิดเป็นการบ้านแล้วชั่วโมงหน้าที่เจอกันให้เขามาแสดงให้ดู”

นอกจากนี้ก่อนแจกอุปกรณ์การทดลองควรให้ผู้เรียนศึกษาและทำความเข้าใจลำดับขั้นตอนการทำกิจกรรมในใบกิจกรรมให้ชัดเจนก่อน เนื่องจากจะทำให้ผู้เรียนไม่สนใจที่จะอ่านรายละเอียดในใบกิจกรรม ซึ่งสะท้อนจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่ว่า

ครูคนที่ 2

“ในช่วงของการทำกิจกรรมที่มีการทดลองหรือต้องออกแบบ ถ้าน้องอธิบายและไม่ตรวจสอบว่าเขาเข้าใจขั้นตอนต่างๆ หรือไม่แล้วแจกอุปกรณ์ไปเลย สังเกตว่าเด็กจะลงมือทำทันที และเริ่มไม่ฟังเรา เพราะฉะนั้นถ้าน้องอธิบายหรือให้เขาอ่านใบงานให้เข้าใจขั้นตอนก่อนที่เราจะแจกอุปกรณ์ให้ จากนั้นค่อยถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเขาอีกครั้งหนึ่งแล้วค่อยแจกอุปกรณ์น่าจะทำให้กิจกรรมมันน่าสนใจมากขึ้น”

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร

จากการทดลองใช้หลักสูตร ผู้วิจัยนำผลที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตร พบว่าหลักสูตรมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด กล่าวคือ คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรอยู่ในระดับมากและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นอกจากนี้ครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรในทุกด้าน ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล การสัมภาษณ์รวมทั้งข้อเสนอแนะจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้ร่วมวิจัย ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการปรับปรุงหลักสูตรในประเด็นต่างๆ ดังนี้

4.1 เพิ่มกิจกรรมซื้อหรือไม่หลังการนำเสนอผลงานเพื่อให้ผู้เรียนประเมิน ตัดสินใจ พร้อมให้เหตุผลประกอบในการชื้อน้ำตาลอ้อยที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่เพื่อนออกแบบลงในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุน้ำตาลอ้อย

4.2 เขียนข้อเสนอแนะท้ายแผนการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับกิจกรรมที่ครูอาจจัดเพิ่มเติม นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้

4.3 เขียนคำแนะนำสำหรับการใช้เอกสารหลักสูตรเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้นำหลักสูตรไปใช้มีความเข้าใจและเตรียมการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาบริบทและ ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากเอกสารรวมทั้งสัมภาษณ์ครูผู้สอน รายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือครูวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตร จำนวน 10 คน เกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และความต้องการของครูในการพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและสร้างหลักสูตร โดยนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาจัดทำโครงร่าง หลักสูตรและตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรก่อนนำไปใช้ รวมทั้งสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่ง ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อ้อย แบบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อหลักสูตรและแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้ และหาคุณภาพหลักสูตร ในขั้นนี้เป็นการนำหลักสูตรไปทดลองใช้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ การศึกษานำร่อง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ปัญหาและข้อบกพร่องของการใช้หลักสูตรใน สถานการณ์จริง และการทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่างจริง เพื่อประเมินผลการใช้หลักสูตรฯ ที่ พัฒนาขึ้น และ ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร เป็นการนำผลที่ได้จากการนำ หลักสูตรไปทดลองใช้มาประเมินผลและนำข้อเสนอแนะต่างๆ รวมทั้งนำผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตรมาปรับปรุงหลักสูตรให้มีความสมบูรณ์

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาหลักสูตรฯ

ได้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นหลักสูตรบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของ 4 รายวิชา ได้แก่ รายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เข้ากับหัวเรื่องของพืชเศรษฐกิจในท้องถิ่นโดยใช้ รูปแบบการบูรณาการแบบบูรณาการ (Integrated model) มาใช้ในการบูรณาการ ซึ่งโครงสร้างของ หลักสูตรประกอบด้วย 1) สภาพปัญหาและความจำเป็น 2) หลักการของหลักสูตร 3) จุดมุ่งหมาย ของหลักสูตร 4) โครงสร้างหลักสูตร 5) แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6) สื่อและแหล่งเรียนรู้ และ 7) การวัดและประเมินผล มีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ

สืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งประกอบด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล

หลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอ้อย (มารู้จักอ้อยกันเถอะ) 2) อ้อยกับปัญหาสิ่งแวดล้อม (เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไรใส่ใจสิ่งแวดล้อม) และ 3) ประโยชน์ของอ้อย (อ้อยนั้นสำคัญไฉน) ซึ่งผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญว่าโครงสร้างของหลักสูตรมีความเหมาะสมในระดับมาก และมีความสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบ

นอกจากนี้ยังได้เอกสารประกอบหลักสูตร ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้

2. ผลการทดลองใช้หลักสูตร

เมื่อนำหลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏผลในภาพรวมดังนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 65) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.3 คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรอยู่ในระดับมากทุกด้าน และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.5 ครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นในด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้และด้านการวัดและประเมินผล

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยจะขอเสนอผลการวิจัยใน 2 ประเด็น คือ 1) ผลการพัฒนาหลักสูตรฯ และ 2) ผลการทดลองใช้หลักสูตรฯ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการพัฒนาหลักสูตรฯ

หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด กล่าวคือมีความเหมาะสมและความสอดคล้องอยู่ในระดับมาก อาจเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

ประการแรก ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาหลักสูตรตามกระบวนการวิจัยและพัฒนาโดยพัฒนาหลักสูตรตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบ 4 ขั้นตอนเริ่มจาก 1) การศึกษาบริบทและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) การออกแบบและสร้างหลักสูตร 3) การทดลองใช้และหาประสิทธิภาพหลักสูตรและ

4) การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร โดยในขั้นตอนแรกนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความหมาย ความสำคัญ ข้อจำกัด ประเภทและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรบูรณาการ สะเต็มศึกษา ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับอ้อยซึ่งเป็นหัวเรื่องที่นำมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตร นอกจากนี้ยังได้สัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับหลักการและเหตุผล สภาพปัญหาที่แท้จริง ตลอดจนความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตร สอดคล้องกับแนวคิดของ ทาบ (Taba. 1962: 11-13) โอลิวา (Oliva. 1992: 171-175) และแมคเนล (McNeil. 1981: 60) ที่ว่าขั้นตอนที่สำคัญของการพัฒนาหลักสูตรนั้น ได้แก่ การวิเคราะห์ความต้องการและสภาพปัญหาของโรงเรียนและชุมชน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดจุดมุ่งหมายและออกแบบหลักสูตรให้ตรงกับความต้องการและช่วยให้สามารถตีความได้ว่าสภาพที่เป็นอยู่นั้นมีความหมายต่อการมีหลักสูตรอย่างไร

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เนื้อหาสาระและแนวการจัดกิจกรรมของ 4 รายวิชาที่สอดคล้องกับหัวเรื่อง รูปแบบการบูรณาการและระดับชั้นของผู้เรียนจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและเอกสารที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวรวมทั้งข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์สภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ ที่พบว่าผู้เรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ส่งผลให้โรงเรียนต้องจัดรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการและโครงงานทางวิทยาศาสตร์ ครูขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาโดยเฉพาะด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ และขาดการเชื่อมโยงปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นในการจัดการเรียนรู้ ไปใช้เป็นกรอบแนวทางในการออกแบบและสร้างหลักสูตรที่เน้นการเชื่อมโยงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เข้ากับเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์สอดคล้องกับประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น เพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์และมีทักษะในการแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนที่เป็นระบบ ตลอดจนเป็นแนวทางให้ครูนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบครบถ้วนสอดคล้องกับปัญหาและความต้องการของผู้ใช้หลักสูตร ทั้งองค์ประกอบภายในและแผนการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้การประเมินองค์ประกอบของหลักสูตรของผู้เชี่ยวชาญในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับ รีฟและแลนทซ์ (Reeve. 2013: 9-19; Lantz. 2009: 5-8) ที่กล่าวว่าหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาจุดมุ่งหมาย สาระสำคัญที่กำหนดให้ผู้เรียนในระดับชั้นนั้นๆ ได้เรียนรู้และปฏิบัติ โดยการออกแบบกิจกรรมและกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้นั้นควรเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสามารถทำได้จริง สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน รวมทั้งครูสามารถสอนและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะบางประการซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะดังกล่าวไปปรับปรุงองค์ประกอบของหลักสูตร ส่งผลให้หลักสูตรมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ประการที่สอง หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นเป็นหลักสูตรบูรณาการแบบสหวิทยาการที่เชื่อมโยงเนื้อหาและกระบวนการของ 4 รายวิชาเข้ากับหัวเรื่อง “อ้อย” ที่สอดคล้องกับบริบทและ

ประสบการณ์เดิมของผู้เรียน สอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์สภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของครูที่พบว่า ความรู้เรื่องอ้อยสอดคล้องกับประสบการณ์ด้านการประกอบอาชีพของผู้เรียนและสอดคล้องกับตัวชี้วัดของหลักสูตรในมาตรฐานที่เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมของชุมชน โดยผู้วิจัยนำรูปแบบการบูรณาการหลักสูตรแบบบูรณาการ (Integrated model) มาใช้ ซึ่งข้อดีของการบูรณาการแบบนี้ก็คือ การนำประเด็นที่อยู่ในความสนใจหรือเรื่องใกล้ตัวของผู้เรียนมาเป็นหัวข้อในการบูรณาการ ซึ่งหัวข้อทางวิชาการที่มีความสัมพันธ์กันจะถูกจับข้อทับกัน โดยจะหลอมรวมสาขาวิชาหลักๆ เข้าด้วยกันทำให้เกิดการซ้อนทับของความคิด รวบยอด ทักทะ และเจตคติ ทำให้การเรียนรู้มีความหมายมากขึ้น (Fogarty. 1991: 64) การบูรณาการโดยใช้รูปแบบดังกล่าวทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องเดียวกันในหลายๆ แง่มุม สามารถเรียนรู้ได้หลายวิชาในเวลาอันจำกัด เกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง มองเห็นภาพเป็นองค์รวมและเป็นการเรียนรู้อย่างสมดุล สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพรรณิ พรหมศิริ (2552: 68) ที่พัฒนาหลักสูตรบูรณาการกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีโดยใช้รูปแบบการบูรณาการแบบบูรณาการการเรียนรู้แบบสอดแทรกพบว่าหลักสูตรมีคุณภาพในระดับดีมาก

2. ผลการใช้หลักสูตรฯ

ผลการทดลองใช้หลักสูตรฯ สามารถแยกอภิปรายในประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 65) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการแรก หลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นเป็นหลักสูตรบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary curriculum) ที่เชื่อมโยงเนื้อหา ความคิดรวบยอดและกระบวนการของ 4 รายวิชา ได้แก่ รายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันโดยใช้หัวเรื่องเป็นแกนในการบูรณาการทำให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาและสิ่งต่างๆ รอบตัวอย่างมีความหมาย เป็นองค์รวมได้ลึกซึ้งมากกว่าเรียนแบบแยกส่วนเป็นรายวิชา สอดคล้องกับคำกล่าวของ ฟิโอเรียลโล และ เซ็น (Fioriello. 2011: online; citing NRC; Chen. 2012: online) ที่ว่า การบูรณาการแบบ STEM เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกได้มากขึ้นจากการบูรณาการเนื้อหา ทักษะ กระบวนการที่สัมพันธ์กันของทั้ง 4 รายวิชาเข้าด้วยกันอย่างเป็นองค์รวมแทนการเรียนรู้แบบแยกส่วน และสอดคล้องกับ สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์ (2548: 13-14) และ ทาบ (Taba. 1962 : 298) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรบูรณาการ โดยสร้างหัวข้อเรื่องขึ้นแทนการสอนเนื้อหาเป็นรายวิชาโดยนำหลักการและเนื้อหาสาระจากสาขาวิชาต่างๆ มาสัมพันธ์กัน ทำให้นักเรียนมีความลึกซึ้ง เข้าใจในความหมายของเนื้อหาสาระและสิ่งที่เรียนโดยองค์รวม สามารถกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความคิดและตระหนักถึงการเชื่อมโยงระหว่าง ความรู้ความคิดและสิ่งอื่นๆ รอบตัวได้ดีขึ้น สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้มาจัดระเบียบใหม่ให้เหมาะสมกับตน เป็นองค์ความรู้ของ

ตนเอง ส่งผลให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลการศึกษาที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ พูนสุข อุดม (2546: 169-172) ที่ได้พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบพหุวิทยาการร่วมกับวิชา คณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ โดยใช้รูปแบบการบูรณาการแบบเรียงลำดับและแบบมีส่วนร่วม พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังทดลองใช้สูงกว่าก่อนใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ .05 และสอดคล้องกับ สุวิมล ทองคำหอม (2552: 76-78) ที่ได้พัฒนาหลักสูตรบูรณาการแบบ พหุวิทยาการ โดยบูรณาการเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอนกลุ่มสาระภาษาไทย วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมเข้าด้วยกัน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ชนินันท์ พงษ์ประมุข (2554: 134-140) ที่ได้พัฒนาหลักสูตรแบบสหวิทยาการเรื่องเสียงในเครื่อง ดนตรีไทย สำหรับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า คะแนนสอบหลัง เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจวิทยาศาสตร์เรื่องเสียงสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ทอมสัน (Thomson. 2001: 58-A) ที่ได้ศึกษาผลของ การใช้หลักสูตรพีชคณิตขั้นสูงที่พัฒนาขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นปีที่ 2 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนตาม หลักสูตรปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรพีชคณิตขั้นสูง และ สอดคล้องกับ เบลสซิง (Blessing. 2009) ที่ศึกษาผลของการใช้หลักสูตรบูรณาการวิชาเคมีกับวิชา คณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับไฮสคูลในมลรัฐแคลิฟอร์เนียได้ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประการที่สอง หลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นโดยการนำความรู้เรื่อง “อ้อย” ซึ่งเป็นพืช เศรษฐกิจที่สำคัญของท้องถิ่นและสอดคล้องกับบริบทด้านการประกอบอาชีพเกษตรกรรมของชุมชน มาเป็นหัวเรื่องในการบูรณาการนั้นช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น เนื่องจากการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ เนื้อหาจากสิ่งใกล้ตัว สัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของตนเองนั้น จะช่วยให้ผู้เรียนแต่ละคนเรียนรู้ได้ อย่างกระตือรือร้นตามหัวเรื่องนั้นๆ (Meinbach; Fredericks; & Rothlein. 2000: 15) โดยจาก การอภิปรายซักถามนักเรียนในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยที่ 1 และ 2 นั้นพบว่า ผู้ปกครองของนักเรียนประมาณร้อยละ 70 ประกอบอาชีพทำไร่อ้อยและนักเรียนประมาณร้อยละ 50 มีประสบการณ์ด้านการปลูกอ้อยและการตัดอ้อยมาก่อน สอดคล้องกับหลักการเลือกหัวเรื่องใน การพัฒนาหลักสูตรที่ว่าหัวเรื่องของหลักสูตรบูรณาการอาจได้มาจากปัญหา เหตุการณ์หรือประเด็น ที่สอดคล้องกับชุมชน ชีวิตประจำวันและความสนใจของผู้เรียน หรือสอดคล้องกับมาตรฐานการ เรียนรู้ (Clayton. 2010: 9; Jacobs. 1989: 54; McDonald; & Czerniak. 1994: 5; Meinbach; Fredericks; & Rothlein. 2000: 15) และสอดคล้องกับหลักการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ บูรณาการของ นิกิตินา (Nikitina. 2005: 266) ที่ว่า การบูรณาการหลักสูตรตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาต้องคำนึงถึงหลักสำคัญ 3 ประการ คือ เนื้อหาวิชา (Content) การกระตุ้นโดยใช้สถานการณ์ ปัญหา (Problem solving) และความสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน (Context) โดยครูทำหน้าที่เป็น ผู้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักการทั้ง 3 ด้านนี้เข้าด้วยกันอย่างลงตัว ผลการศึกษาในข้อนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพรรณิ พรหมศิริ (2552: 51-52) ที่พัฒนาหลักสูตรบูรณาการกลุ่มสาระ

การเรียนรู้การทำงานอาชีพและเทคโนโลยีโดยนำชิ้นงานศิลปะพื้นบ้านด้วยใบจากมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการทดลองใช้หลักสูตรบูรณาการสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลการประเมินอยู่ในระดับดี และงานวิจัยของ สมควร ไช้แก้ว (2556: 169-173) ที่ได้พัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมแบบบูรณาการที่เน้นแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนในจังหวัดภูเก็ตเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นที่สอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านการรู้สิ่งแวดล้อมหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตร และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ

ประการแรก หลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นได้แทรกกิจกรรมที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่สอดคล้องกับหัวเรื่องของหลักสูตรมากระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดโดยเริ่มจากการนิยามหรือกำหนดประเด็นปัญหา การพิจารณาตัดสินข้อมูล การตั้งสมมติฐานและการสรุปและประเมินข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สำหรับการคิด (Teaching for thinking) ที่เป็นการแทรกทักษะการคิดเข้าไปในเนื้อหาวิชาเพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดของนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจในสิ่งที่เรียน จนสามารถขยายแนวความคิดของตนเองได้ (Brandt. 1984: 3) นอกจากนี้ยังนำเทคนิคที่ช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เช่น การตั้งคำถาม โดยในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้น หากผู้เรียนติดขัดและไม่สามารถคิดต่อได้ ผู้สอนจะใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาคำสำคัญของสถานการณ์ ทำให้ผู้เรียนมองเห็นแนวทางในการหาแนวคิดหลักของสถานการณ์ และสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงกับความคิดเห็นได้ เนื่องจากการถามคำถามเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดที่ใช้ในการสอนเพื่อเน้นการคิด (Palmer. 2007: online; citing Edward de Bono) หรือเทคนิคการกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายโต้แย้ง ในการให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ผลดี ผลเสีย (Pro and con grids) โดยกำหนดสถานการณ์ที่เป็นข้อโต้แย้งที่ตรงข้ามกัน เช่น ข้อดีข้อเสียของการตัดอ้อยสด โดยใช้แรงงานคนและการใช้รถตัดอ้อยกับการตัดอ้อยไฟไหม้มาใช้ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายามหาหลักฐานมาประกอบให้เห็นถึงผลดี ผลเสียของแต่ละด้านเพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกวิธีการตัดอ้อยที่ดีที่สุดบนพื้นฐานของหลักฐานที่มีอยู่ วิธีการนี้ช่วยฝึกให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ อภิปรายและโต้แย้งโดยใช้หลักแห่งเหตุและผล อันเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Walker. 2003: 265; citing Bernstein. 1985)

ประการที่สอง ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ของหลักสูตรประกอบไปด้วยกิจกรรมเชิงบูรณาการที่ดำเนินกิจกรรมตามวัฏจักรการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกแบบสิ่งต่างๆ ตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดให้ เช่น การออกแบบฐานวางถังน้ำ การออกแบบเสื้อตัดอ้อย และการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อบรรจุน้ำตาลอ้อย กระบวนการ

ดังกล่าวเป็นการนำแนวคิดของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ โดยผู้เรียนจะต้องนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์มาบูรณาการร่วมกันจึงจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมเหล่านี้สอดคล้องกับแนวคิดของการจัดการศึกษาแบบ STEM ที่ต้องคำนึงถึงหลักใหญ่ๆ 2 ประการ คือ ผูกทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการสืบเสาะควบคู่ไปกับการสอนเนื้อหา (Kendrick. 2012: 9) โดยมีกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดการบูรณาการเนื้อหาของ 4 รายวิชาเข้าด้วยกัน ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในสถานการณ์จริง ซึ่งช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Katehi; et al. 2009; citing Hernandez; et al. 2013: 2) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะยังช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการให้เหตุผล เนื่องจากกระบวนการนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดหาความรู้ แนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเองคล้ายการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Meyrick. 2011: online)

ประการที่สาม การจัดการเรียนรู้ในหลักสูตรเน้นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้นั้นประกอบไปด้วยการฝึกให้นักเรียนคิดเป็นรายบุคคล และคิดเป็นกลุ่ม โดยให้ผู้เรียนได้ทดลองคิดออกแบบ วางแผนแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน จากนั้นจึงนำแนวคิดที่ได้ไปอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนเป็นกลุ่ม ซึ่งการเรียนรู้ในลักษณะเช่นนี้ทำให้ผู้เรียนได้คิดพิจารณาไตร่ตรองเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหด้วยตนเองโดยใช้เหตุผลประกอบการพิจารณา จากนั้นนำแนวคิดดังกล่าวไปแลกเปลี่ยนและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้ได้ข้อมูลจากความคิดที่หลากหลาย มีเหตุผล และเกิดความคิดอย่างเป็นระบบ เมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาก็จะพยายามหาเหตุผลในแง่มุมต่างๆ มาเพื่อแก้ปัญหา ก็จะทำให้เกิดค้นคว้า รวบรวมข้อมูล การพิจารณาคำตอบที่เป็นไปได้ โดยอาศัยข้อมูลประกอบการตัดสินใจ แล้วจึงลงข้อสรุป ซึ่งถือว่าเป็นทักษะที่สำคัญของการสอนที่พัฒนากระบวนการคิด สอดคล้องกับ เอนนิส (Ennis. 1993: 158-180) ที่กล่าวถึงพฤติกรรมของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า การเปิดใจกว้างพิจารณาความคิดเห็นจากหลายทัศนะเป็นพฤติกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งเกิดขึ้นได้โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้รู้จักวิธีคิดที่หลากหลาย โดยใช้กระบวนการคิดในการพิจารณาหาเหตุผลประกอบการตัดสินใจหาทางเลือกอย่างมีเหตุผล และสอดคล้องกับ ไวโกทสกี (Vygotsky. 1978: 32-41) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมีการวางแผน ออกแบบ สรุปความคิดเห็นผ่านการระดมสมอง อภิปรายและทำงานร่วมกับผู้อื่น เมื่อผู้เรียนเผชิญปัญหาที่ทำนายและไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง เมื่อได้รับคำแนะนำหรือความช่วยเหลือจากเพื่อนที่มีประสบการณ์มากกว่าจะทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาและเกิดการเรียนรู้ขึ้นได้ และ รุ่งลาวัลย์ ไชยสัตย์ (2550: 81) ที่กล่าวว่า รูปแบบของกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้เด็กได้สำรวจ ค้นคว้า ทดลองและเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงที่เป็นรูปธรรมทำให้เด็กพัฒนาทักษะต่างๆ รวมทั้งการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมทั้งสอดคล้องกับ สุรางค์ ไคว์ตระกูล. 2541: 328) ที่กล่าวว่า บรรยากาศในห้องเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่ครูต้องสร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น แม้ว่าจะมีความคิดเห็นแตกต่างจากผู้อื่น ผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน โดย

ให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นสนับสนุนให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของคำตอบที่ได้มากกว่าการบอกว่าผิดหรือถูกแต่เพียงอย่างเดียว การจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้

2.3 คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนโดยภาพรวมหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีการบูรณาการความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมในกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำประเด็นเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงในชุมชน สอดคล้องกับหัวข้อของหลักสูตรและบริบทของผู้เรียนมาใช้ในการจัดกิจกรรม โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ประเด็นปัญหา สาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ได้มาจากสื่อรูปแบบต่างๆ เช่น บทความจากหนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต วิดีทัศน์ รวมทั้งวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของการเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละวิธีที่มีต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมและเลือกวิธีการที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดผ่านการทำกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การอภิปรายประเด็นต่างๆ จากการดูวิดีโอหรือการอ่านบทความ การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมติเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นตามบทบาทของกลุ่มคนที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการเลือกวิธีเก็บเกี่ยวอ้อย การโต้วาที การทำผังโน้ตทัศน์ การเขียนคำขวัญ ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ไตคิน (Daikin, 2010: online) ที่พบว่า การใช้สื่อและรูปแบบกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การอภิปรายประเด็นต่างๆ จากการดูวิดีโอ การทำงานกลุ่มและการแสดงบทบาทสมมติส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจและมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับซีรีเมีย (Seremia, 2011: online) ที่กล่าวว่า การเปิดโอกาสให้บุคคลได้แสดงความคิดเห็นอย่างตรงไปตรงมาและมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนนี้สามารถสร้างความตระหนักให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนได้ นอกจากนี้ ครุยังแทรกประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมในระหว่างขั้นตอนของการจัดกิจกรรม เช่น นำกระดาษที่ใช้แล้วเพียงหน้าเดียวมาให้ผู้เรียนเขียนผังโน้ตทัศน์เพื่อฝึกให้ผู้เรียนใช้กระดาษให้ครบทั้งสองหน้า ซึ่งการแทรกกิจกรรมหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้ เกิดความรู้และความเข้าใจจนพัฒนาเป็นความตระหนักในที่สุด สอดคล้องกับ จันทน์ เกียรติโพธา (2542: 13) และ พัชรภรณ์ เคนนิม (2545: 19) ที่กล่าวว่า ความตระหนักเป็นภาวะทางจิตใจซึ่งเกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าแล้วมีการประเมินค่าถึงความสำคัญของตนเองที่มีต่อสิ่งเร้านั้นๆ โดยอาศัยระยะเวลา เหตุการณ์ ประสบการณ์หรือสภาพแวดล้อมแล้วเกิดการรับรู้ขึ้น และสอดคล้องกับ เกษม จันทรแก้ว (2536 : 82) ที่กล่าวว่า ความตระหนักในสิ่งแวดล้อมต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างถูกต้องตามหลักการ รู้ถึงปัญหา และสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ไข เพื่อสร้างเจตคติ (Attitude) ทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกต้องจากการเห็นหรือสัมผัสของจริง และพัฒนาต่อไปเป็นความตระหนัก ซึ่งต้นแบบทางจิตใจของเด็กที่สามารถพัฒนาไปสู่ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลมาจากสื่อและการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน ต้นแบบนี้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่

ตลอดเวลาและสามารถพัฒนาได้อย่างต่อเนื่องเมื่อได้รับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ (Rickinson. 2001: online)

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อมเป็นรายด้านจะเห็นว่าความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนด้านการอนุรักษ์ดินและการอนุรักษ์อากาศหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนคะแนนเฉลี่ยด้านการอนุรักษ์น้ำและการอนุรักษ์ทัศนียภาพหลังการใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ประเด็นสิ่งแวดล้อมที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการเผาอ้อยทั้งในช่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งประเด็นดังกล่าวนี้ส่งผลกระทบต่อตรงต่อคุณภาพของดินและอากาศมากกว่าคุณภาพของน้ำและทัศนียภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของละอองดาว แสงหล้า(2548: 7) และเจนจิรา ใจทาน (2556: 31) ที่กล่าวว่า การเผาใบอ้อยสามารถปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าปริมาณที่ปล่อยจากโรงงานไฟฟ้าและอุตสาหกรรมถึง 14 เท่าตัว เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นสภาพการเผาที่ไม่สมบูรณ์และเป็นการเผาวัสดุที่มีความชื้นสูง นอกจากจะสร้างมลภาวะทางอากาศแล้ว ยังทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดินอีกด้วย

ดังนั้น การที่ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายที่เชื่อมโยงประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่นลงในกิจกรรมการเรียนรู้ จึงช่วยพัฒนาความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนได้ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ จรรยา จิวเจริญ (2554: 78) ที่ได้พัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า หลังการฝึกอบรมนักเรียนที่เข้าร่วมการฝึกอบรมมีความตระหนักรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมสูงกว่าก่อนเข้ารับการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 งานวิจัยของ อุไรวรรณ หาญวงศ์ (2551: 77-78) ที่พัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมท้องถิ่นที่บูรณาการวิธีการสอนแบบเน้นกระบวนการสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่เรียนในกลุ่มสาระระดับชั้น พบว่า จิตสำนึกต่อท้องถิ่นของผู้เรียนอยู่ในระดับสูง และงานวิจัยของเซตินและนิแซนซี (Cetin;& Nisanci. 2010: online) ที่ได้พัฒนาหลักสูตรรายวิชาชีววิทยา และเปรียบเทียบผลการใช้หลักสูตรที่มีต่อความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนเกรด 9 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนหลังการใช้หลักสูตรอยู่ในระดับมากและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ในบรรยากาศที่ผ่อนคลาย เป็นกันเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความไว้วางใจ กล้าคิด กล้าแสดงออก ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมและกล้าซักถามเมื่อมีข้อสงสัย หรือไม่เข้าใจในบทเรียน นอกจากนี้ครูยังมีการเสริมแรงทางบวก เช่น ยกย่องชมเชย ให้รางวัลหรือให้คะแนนเพิ่มเมื่อผู้เรียนเสนอความคิดหรือกล้าตอบคำถาม รวมทั้งให้ความช่วยเหลือ แนะนำเมื่อนักเรียนมีปัญหา สอดคล้องกับ ศิริพร มโนพิเชฐวัฒนา (2547: 162) และปรียาพร วงศอนุดรโรจน์ (ณัฐติยาภรณ์ หยกอุบล. 2555: 96; อ้างอิงจาก ปรียาพร วงศอนุดร

โรจน์. 2548: 226-231) ที่กล่าวว่า บรรยากาศการเรียนรู้ที่อบอุ่น เป็นมิตร ไม่เคร่งเครียดและวิตกกังวลจนเกินไป จะช่วยสร้างความพึงพอใจในการเรียนของผู้เรียนได้ นอกจากนี้รูปแบบของกิจกรรมการเรียนรู้ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองและเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงที่เป็นรูปธรรมและลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมการทดลองที่สนุกสนาน หลากหลายและท้าทาย เช่น การแข่งขันตอบปัญหา การโต้วาที บทบาทสมมติ การออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหาและการออกแบบชิ้นงานโดยนำกระบวนการของ 4 รายวิชามานบูรณาการร่วมกันเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ทั้งกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนคิดเป็นรายบุคคลและกิจกรรมกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยความสนุกสนาน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์การเขียนอนุทินของผู้เรียนที่ว่า ชอบกิจกรรมการทดลองเพราะมีความท้าทายและสนุกสนานพร้อมทั้งเสนอแนะให้เพิ่มกิจกรรมที่มีการทดลองให้มากขึ้น การจัดกิจกรรมในลักษณะนี้สอดคล้องกับปัจจัยกระตุ้นและปัจจัยจำจูงตามทฤษฎีแรงจูงใจของเอิร์ชเบิร์ก (รัชนิวรรณ สุขเสนา. 2550: 64; อ้างอิงจาก Herzberg. 1959: 71-79) ที่ว่า ความสำเร็จในการทำงาน การได้รับการยอมรับนับถือและลักษณะงานที่ท้าทายและน่าสนใจ รวมถึงสัมพันธภาพระหว่างบุคคลในระหว่างทำกิจกรรม สามารถช่วยส่งเสริมให้บุคคลเกิดความพึงพอใจขึ้นได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 149) ที่กล่าวว่า ผลความรู้สึกรักของนักเรียนต่อวิทยาศาสตร์ เป็นผลจากการเรียนรู้โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เรียนรู้หรือเข้าร่วมกิจกรรมอย่างสนุกสนาน เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนตั้งใจเรียน เห็นคุณค่าและประโยชน์ของการเรียน

ผลการศึกษาในข้อนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สาลินี อาจารย์ (2552: 122-124) ที่พบว่าพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจของผู้เรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และสอดคล้องกับอายุออบและคนอื่นๆ (Ayuob; et al. 2012: 1-8) ที่ได้ศึกษาผลการใช้หลักสูตรบูรณาการแบบสหวิทยาการของหน่วยการเรียนรู้เรื่องระบบหลอดเลือดหัวใจ (CVS module) ที่มีต่อความพึงพอใจของนักศึกษา พบว่าความพึงพอใจของนักศึกษาแพทย์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 53.88 ในปี 2009/2010 เป็นร้อยละ 72.65 ในปี 2010/2011 และงานวิจัยของ ดูแรนและคนอื่นๆ (Duran.; et al. 2007: 55-73) ที่พบว่า การนำสถานการณ์จำลองที่ท้าทายให้ผู้เรียนได้อภิปรายและทำนายผลที่เกิดจากสถานการณ์ร่วมกันผ่านการระดมสมองและการเรียนรู้จากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนส่งผลให้นักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

2.5 ครูผู้สอนมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อหลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้น ทั้งในด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้ รวมทั้งด้านการวัดและประเมินผลซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชมพูนุท วราศิริ (2548: 131) วิบูลย์ นุชประมูล (2547: 125-126) และวนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ (2005 : 88-90) ที่ศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนที่มีต่อหลักสูตรบูรณาการที่พัฒนาขึ้น พบว่า ครูผู้สอนมีความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของหลักสูตรในองค์ประกอบต่างๆ อยู่ในระดับมาก ซึ่งผู้วิจัยขออภิปรายผลในประเด็นต่างๆ ตามหัวข้อของการสัมภาษณ์ ดังต่อไปนี้

2.5.1 ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้

การที่ครูผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 ท่าน มีความคิดเห็นเชิงบวกต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ อาจเป็นเพราะ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นวิธีการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมตามกระบวนการของ 4 รายวิชาของหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดหาคำตอบด้วยตนเองผ่านการอภิปรายโดยใช้กระบวนการกลุ่มมาใช้ในการแก้ปัญหาในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยการความสะดวก สอดคล้องกับบลูม (Bloom, 1956: 13) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีการโต้ตอบระหว่างครูกับนักเรียน มีการส่งเสริมการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับทฤษฎีสรณนิยม ที่เชื่อว่ากระบวนการสร้างความรู้ความเข้าใจเกิดจากตัวผู้เรียนโดยอาศัยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมได้ประสบการณ์ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของผู้เรียน และเกิดการปรับความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ดังนั้น วิธีการจัดการเรียนรู้ที่นำเทคนิควิธีการและกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นหาความหมายของประสบการณ์เหล่านั้นด้วยตนเองผ่านการอภิปรายโดยใช้กระบวนการกลุ่ม โดยมีครูเป็นผู้อำนวยการความสะดวกเพื่อฝึกให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและทำกิจกรรมด้วยตนเองจนเกิดการเรียนรู้จึงทำให้ครูผู้ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ของหลักสูตร

2.5.2 ด้านเนื้อหา

ครูผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 ท่าน มีความคิดเห็นเชิงบวกต่อเนื้อหาของหลักสูตรฯ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เนื้อหาที่นำมาใช้ในการบูรณาการหลักสูตรนั้นสอดคล้องกับชีวิตจริงด้านการประกอบอาชีพของผู้ปกครองและของผู้เรียน นอกจากนี้เนื้อหาที่เรียนยังมีความต่อเนื่องโดยกำหนดเป็นหน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วยที่ต่อเนื่องกันเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยากเริ่มจากความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอ้อยตั้งแต่กระบวนการปลูกไปจนถึงการเก็บเกี่ยว จากนั้นจึงเชื่อมโยงไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยว แล้วสรุปปิดท้ายด้วยการนำอ้อยไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ โดยในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 นั้นมีการนำความรู้เดิมที่ผู้เรียนเคยเรียนมาแล้วในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 เรื่อง ลักษณะของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว การสังเคราะห์ด้วยแสงมาเชื่อมโยงกับหัวเรื่องอ้อย โดยฝึกให้ผู้เรียนอภิปรายความแตกต่างของอ้อยกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดอื่นๆ และเชื่อมโยงความรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเข้ากับการสร้างน้ำตาลของอ้อย จากนั้นมีการอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุป สอดคล้องกับ เวชฤทธิ์ อังกะภักขจร (2556: 29) ที่กล่าวว่า การนำความรู้เดิมมาเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ใหม่ ผ่านการใช้คำถามนำช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น นอกจากนี้เนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตรยังได้มาจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นในขั้นตอนของการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการเพื่อการพัฒนาหลักสูตรฯ ของครูวิทยาศาสตร์ 1 ท่านซึ่งเข้าร่วมเป็นครูผู้ร่วมวิจัยในครั้งนี้ จากปัจจัยดังกล่าวจึงอาจส่งผลให้ครูมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อเนื้อหาของหลักสูตร

2.5.3 ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้

การที่ครูผู้ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อสื่อ/แหล่งเรียนรู้ อาจเป็นเพราะ ผู้วิจัยมีการนำสื่อหลายรูปแบบสอดคล้องกับบทเรียนมาใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการจัดการเรียนรู้ เช่น เกม วิดีทัศน์ เพลง ใบกิจกรรม สื่อของจริง อุปกรณ์การทดลอง นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดเตรียมและนำสื่อการเรียนรู้มาใช้ในกิจกรรมด้วยตนเอง สอดคล้องกับเทคนิคการใช้สื่อการเรียนการสอนที่กล่าวว่า สื่อการสอนที่ใช้ควรสอดคล้องกับบทเรียนและกระบวนการจัดการเรียนการสอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเตรียมและการใช้อันก่อให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ไม่ลืมนง่าย (ขวลิต แซ่ทอง. ม.ป.ป.: 7)

2.5.4 ด้านการวัดและประเมินผล

การที่ครูผู้ร่วมวิจัยมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อการวัดและประเมินผล อาจเป็นเพราะ ผู้วิจัยนำวิธีการประเมินผลหลายรูปแบบมาใช้ในการประเมินผู้เรียน เช่น แบบทดสอบ การตรวจใบกิจกรรม แบบฝึกหัด ชิ้นงาน การประเมินการนำเสนอผลงาน การสังเกตพฤติกรรม การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การบันทึกเวลาเรียน การเขียนอนุทิน ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายมาใช้ในการประเมินและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับหลักการดำเนินการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการเรียนการสอนต้องดำเนินการด้วยเทคนิควิธีการที่หลากหลายเพื่อให้สามารถวัดและประเมินผลผู้เรียนได้อย่างรอบด้านทั้งด้านความรู้ ความคิด กระบวนการ พฤติกรรมและเจตคติ เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด ธรรมชาติวิชาและระดับขั้นของผู้เรียน โดยการประเมินผู้เรียนพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียนความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา เปิดโอกาสให้ผู้เรียนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องตรวจสอบผลการประเมินผลการเรียนรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2552: 10)

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้เกิดประสิทธิผลในการนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนให้กับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของผู้กำหนดนโยบาย สถานศึกษา ครูผู้สอน นักวิชาการ และนักวิจัย ตามลำดับ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1.1 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาในระดับท้องถิ่น เช่น สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาหรือโรงเรียนที่ต้องการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับเป้าหมายของระดับศึกษา จำเป็นต้องพัฒนาบุคลากรที่เกี่ยวข้องให้มีความรู้ ความเข้าใจในความหมาย ความสำคัญ จุดมุ่งหมายตลอดจนแนวทางในการจัดกิจกรรมเชิงบูรณาการตามแนวคิดแบบสะเต็มศึกษา เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของการพัฒนาหลักสูตร

1.2 การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในครั้งนี้ เป็นหลักสูตรที่นำแนวคิดของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับบริบทด้านการประกอบอาชีพเกษตรกรรมของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้นโรงเรียนหรือหน่วยงานอื่นที่สนใจ สามารถนำแนวคิดนี้ไปเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการที่เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพสังคมของนักเรียนกลุ่มอื่นๆ โดยอาจพิจารณาปรับเปลี่ยนหัวข้อเรื่องที่ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับบริบทและสภาพแวดล้อมของโรงเรียน ตลอดจนส่งเสริมให้ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องมีการพัฒนาหลักสูตรและจัดการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งทำให้หลักสูตรมีความสมบูรณ์มากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

2.1 ก่อนนำหลักสูตรบูรณาการที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ครูผู้สอนควรศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของหลักสูตรทั้งในด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ขอบเขตเนื้อหาหลักสูตร กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ข้อเสนอแนะในการใช้หลักสูตรตลอดจนเอกสารประกอบหลักสูตรให้เข้าใจเพื่อให้สามารถนำหลักสูตรไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนมากที่สุด

2.2 ในขณะดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรฯ ครูควรสร้างบรรยากาศแห่งความเป็นกัลยาณมิตรโดยให้คำปรึกษา ให้ความสำคัญกับความคิดของผู้เรียนทุกคน จัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดโดยใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น

2.3 การนำหลักสูตรไปใช้ควรคำนึงถึงบริบทด้านต่าง ๆ ของโรงเรียนตลอดจนตารางเวลาในการดำเนินการใช้หลักสูตร ซึ่งครูผู้สอนอาจปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมกิจกรรมรวมทั้งแหล่งเรียนรู้ได้ตามความเหมาะสม ถ้าโรงเรียนตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ไม่ห่างจากโรงงานน้ำตาลและต้องการให้ผู้เรียนได้ศึกษาเรียนรู้จากแหล่งผลิตน้ำตาลจริง ควรนำหลักสูตรนี้ไปใช้ในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษาเนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่โรงงานน้ำตาลเปิดหีบ จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเห็นภาพของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายได้ชัดเจนมากขึ้น

2.4 ครูผู้สอนอาจปรับรูปแบบของหลักสูตรบูรณาการจากหลักสูตรบูรณาการแบบสหวิทยาการไปเป็นหลักสูตรบูรณาการแบบข้ามสาระวิชา (Transdisciplinary curriculum) ที่นำแนวทางของการจัดกิจกรรมเชิงบูรณาการ เน้นการออกแบบชิ้นงาน และทดลองปฏิบัติกิจกรรมตามแนวทางของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องตามความสนใจของตนเอง แล้วจัดทำในรูปของโครงงานวิทยาศาสตร์บนฐานคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อให้หลักสูตรมีความสอดคล้องกับผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

2.5 เนื่องจากการสอนตามหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ความรู้ด้านเนื้อหาของครูผู้สอนเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น โรงเรียนที่มีความพร้อมด้านบุคลากรสามารถนำหลักสูตรฯไปใช้

โดยเปิดโอกาสให้ครูผู้สอนในต่างสาขาวิชามาสอนร่วมกันเป็นทีม เพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดของการนำหลักสูตรไปใช้

3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรมีการศึกษาผลการใช้หลักสูตรฯ ในประเด็นอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

3.2 ควรมีการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการโดยนำแนวคิดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปบูรณาการร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นๆ เช่น วิชาศิลปะตามแนวคิดของการจัดการศึกษาแบบ STEAM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์) หรือความสามารถทางภาษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ



บรรณานุกรม

- กรรณภา วัชรธำรงกุล. (2552). การสร้างแบบวัดความตระหนักรู้ต่อผลกระทบของสภาวะโลกร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2541). แผนพัฒนาการศึกษาสำหรับเด็กและเยาวชนผู้มีความสามารถพิเศษ. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.
- (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กรมวิชาการเกษตร. (2551). อ้อย. สืบค้นเมื่อ 24 พฤษภาคม, 2556, จาก <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=13>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2549). เรียนรู้โลกกว้าง: สำรวจและเรียนรู้ความหลากหลายทางชีวภาพ. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- เกษม จันท์แก้ว. (2536). สิ่งแวดล้อมศึกษา. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.
- กุลวดี ราชภักดี. (2545). ความตระหนักและการปฏิบัติตนเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของนักศึกษาในหอพักสถาบันอุดมศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.
- ไกล่รุ่ง นครานากุล. (2547). การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสืบเสาะร่วมกับการใช้ผังมโนติ เรื่องชีวิตพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ขุนทอง คล้ายทอง. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, สำนักงาน. (2552). เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

----- (2553). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, สำนักงาน. (2555). รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2554/55. กรุงเทพฯ: กลุ่มสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย.

คลังสมองของชาติ, สถาบัน. (2556). โครงการเข้าร่วมประชุมทางวิชาการและการศึกษาดูงานด้าน STEM. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2556, จาก

<http://www.knit.or.th/index.php/component/content/article/30-aec/153-stem-hea>

คุณากร จำปาหอม. (2552). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการสอนที่มีการจัดกลุ่มนักเรียนและเรียงลำดับเนื้อหาสาระต่างกัน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาศาสตร์นานาชาติ: PISA และ TIMSS. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

----- (2554). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

จรรยา จิวเจริญ. (2554). กิจกรรมเสริมหลักสูตรด้านการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม: กรณีศึกษา โรงเรียนกุลโน จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

จรรยา ชื่นจ้าย. (2546). ผลการใช้ชุดกิจกรรมการสอนเพื่อสร้างความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านยะหา อำเภอยะหา จังหวัดยะลา. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ถ่ายเอกสาร.

จันทน์ เกียรติโพธา. (2542). ความตระหนักในมลพิษทางอากาศของตำรวจจราจร กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (สุขศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

- เจนจิรา, ใจทาน. (2556). การรับรู้ถึงผลกระทบจากการเผาอ้อยของเกษตรกรในเขตอำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์. *Journal of Agricultural Extension and Communication*. 9(2): 30-37. Retrieved 28 ตุลาคม, 2557, from http://www.aec.agr.ku.ac.th/document/attach/attach_09Jun2014101124.pdf
- เจียมจิตต์ แซ่ฮึ้ง. (2556, 28 มกราคม). สสวท. เร่งพัฒนาระบบการศึกษาแบบ STEM. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2556, จาก http://www.thanonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=165708&catid=176&Itemid=524
- เจริญศักดิ์ โจรนฤทธิ์พิเชษฐ. (2547, 25 มีนาคม). แบ่งผลประโยชน์ไม่ลงตัว เอทานอลยังไม่ถึงฝัน. *ไทยรัฐ*. หน้า 7.
- ชนินันท์ พุกฤษ์ประมูล. (2554). การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบสหวิทยาการเรื่องเสียงในเครื่องดนตรีไทย สำหรับนักเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้วิธีการสอนแบบบูรณาการ. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชลลดา สุภาภาวี. (2540). การรับรู้และการตอบสนองของประชาชนต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม : กรณีศึกษา ตำบลวังพร้าว อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง. การค้นคว้าแบบอิสระ ศศ.ม. (การจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- ชวลิต แข่งทอง. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ชวาล แพรัตกุล. (2552). เทคนิคการวัดผล. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: พิมพ์ลักษณ์.
- ณัฐติยาภรณ์ หยกอุบล. (2555). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. *การศึกษาและพัฒนาสังคม*. 8(1): 85-102.
- ดารณี พงษ์สวาย. (2551). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการสิ่งแวดล้อมศึกษา เรื่องกุดนาแซง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (สิ่งแวดล้อมศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ทงศักดิ์ ประสบกิตติคุณ (2535). การประเมินค่าความตระหนักในปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดตราด. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (ศึกษาศาสตร์การสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ทศนา แหมมณี. (2540). ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่เป็นสากลเกี่ยวกับการคิดในช่วงศตวรรษที่ 20. *วิทยาการด้านการคิด*. หน้า 5-28. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

- ทศนา แคมมณี. (2544). ทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่เป็นสากลเกี่ยวกับการคิด ในช่วงศตวรรษที่ 20. วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมนเนจเม้นท์.
- (2546). การพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: เสริมสิน พรี่เพรส ชีสเท็ม.
- (2550). รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2554). ทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ : การบูรณาการในการจัดการเรียนรู้. ราชบัณฑิตยสถาน. 36(2): 188-204.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2556). รายงานราคาสินค้าเกษตรสำคัญของไทย เดือนมกราคม 2556. กรุงเทพฯ: ส่วนเศรษฐกิจภาค สำนักงานภาค ธนาคารแห่งประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม, 2556, จาก www.bot.or.th/Thai/.../Thai/South/.../5601--CommodityReport--final.pdf
- ธีรวรรณ โดษา. (2550). การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การบวก ลบ คูณ หารระคน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค LT. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ธีระ สุภาวิมล. (2551). ความพึงพอใจของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดเทศบาลเมือง อ่างทองที่มีต่อการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา ปีการศึกษา 2550. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธีระพร อูวรรณโณ. (2528, ตุลาคม-ธันวาคม). การวัดทัศนคติปัญหาในการใช้เพื่อทำนายพฤติกรรม. วารสารครุศาสตร์. 134(14).
- นภาพร หวานชม. (2554). การศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นพื้นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงาน. (2556, 1 เมษายน). มีผู้สำเร็จการศึกษาใหม่กว่าหนึ่ง ล้านคนภายใต้โปรแกรมการศึกษา STEM ในหนึ่งทศวรรษข้างหน้า. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2556, จาก http://www.ostc.thaiembdc.org/test2012/stnews_Jan13_5
- นวัฒน์ งามสุต; และ บัลลังก์ โรหิตเสถียร. (2554). ศร.เร่งปฏิรูปหลักสูตรและพัฒนาครู. สืบค้นเมื่อ 24 เมษายน, 2556, จาก <http://www.moe.go.th/web-sm/2012/dec/327.html>

นักวิชาการชี้ขาดคิดวิเคราะห์ เด็กไทยรั้งท้ายผลสอบ"PISA". (2555, 28 สิงหาคม). กรุงเทพฯธุรกิจ.

หน้า 9.

บุญชม ศรีสะอาด. (2546). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์; และ กรุงเทพฯ:. (2525). การสร้างแบบทดสอบ 1: เอกสารคำสอนวิชา
วัดผล 301. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปรกรณ์ ไพรอังกูร. (2551). การสร้างแบบประเมินและการพัฒนาการคิดวิจารณ์ของนักเรียนนาย
ร้อยตำรวจ. ปรัญญานิพนธ์ กศ.ด. (จิตวิทยาการให้คำปรึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ประคอง กรณสุต. (2538). สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประทุม อัตชู. (2547). ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสาธ อิศรปรีดา. (2523). เทคนิคการวัดผล. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

ปราโมทย์ บุญญสิริ. (2543, มกราคม-เมษายน). หลักสูตรบูรณาการแบบกลุ่มทักษะ (Nested Model).
ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์. 15(10): 10-14.

ปรีชา สุริยพันธุ์. (2555). การใช้ประโยชน์จากอ้อย. สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม, 2556, จาก
http://www.biogang.net/blog/blog_detail.php?uid=45971&id=1352

ปิยาภรณ์ พุ่มแก้ว. (2551). การพัฒนาโปรแกรมพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6. ปรัญญานิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ผู้จัดการออนไลน์. (2555, 18 เมษายน). สพฐ.เตรียมตั้งศูนย์ STEM พัฒนาวิทยาศาสตร์ทั่วประเทศ.
สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2556, จาก

<http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9550000153379>

พันธ์ ทองชุมนุช. (2545). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. ปัตตานี: คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พรพิศ เกื่อนมณเฑียร. (2542). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในการเรียนวิชา
ภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการฝึกด้วยเกมที่ใช้คำถามต่างกัน.
ปรัญญานิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พระธรรมปิฎก. (2539). จิตวิทยาเพื่อการพัฒนาคนตามแนวธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: สหธรรมิก.

- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ: สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พอใจ ลดาวัลย์. (2536). การเปิดรับข่าวสารความรู้ ความตระหนัก และการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของประชาชนในเขตอำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ นศ.ม. (นิเทศศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- พัชรภรณ์ เคนนิม. (2545). ปัจจัยที่มีต่อความรู้และความตระหนักในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของมัคคุเทศก์ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (นโยบายและการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกริก. ถ่ายเอกสาร.
- พัชรวิพรรณ คุณชื่น. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องค่าของเงินและการใช้จ่าย และความพึงพอใจต่อการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาระดับเล็กน้อยจากการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การศึกษาพิเศษ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พิชิต ฤทธิ์เจริญ. (2548). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: แฮสส์ออฟเคอร์มีส์.
- พิทักษ์ โสตถยาคม. (สิงหาคม, 2556). ปฏิรูปการเรียนรู้: หนึ่งเป้าหมาย-หลากหลายวิธี. สืบค้นเมื่อ 9 กันยายน, 2556, จาก http://ajpitak.blogspot.com/2013/08/blog-post_14.html
- พิสมัย วีรยาพร. (2550). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และความพึงพอใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ เรื่อง สมการและการแปรผัน ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 ที่เรียนแบบร่วมมือ (LT) กับที่เรียนแบบปกติ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- พูนสุข อุดม. (2546). การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบพหุวิทยาการร่วมกับวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เพราพรรณ โกมลมาลย์. (2541, พฤศจิกายน). หลักสูตรการเรียนการสอนแบบบูรณาการ รัฐพลordia ประเทศสหรัฐอเมริกา. วารสารวิชาการ. 1(11): 65-73.
- เพิ่มศักยภาพแข่งขันประเทศ. สสวท.ต้นระบบ"สเต็มศึกษา". (2556, 25 เมษายน). ไทยโพสต์.
- ไพศาล หวังพานิช. (2533). การวัดและประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.

- ภัทรรัตน์ แสงเดือน. (2553). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบธรรมชาติเรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความตระหนักในการรู้คิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ภาควิชาเกษตรกลวิธาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. (2547). การศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบของการใช้เครื่องตัดอ้อยในประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม, 2556, จาก <http://www.rdi.ku.ac.th>.
- ภาวิช ทองโรจน์. (2556). โครงสร้างหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานฉบับใหม่. สืบค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2556, จาก www.facebook.com/DrPaVich
- มัทนา แพทย์ผล. (2550). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจต่อวิธีสอนและความคงทนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบจำนวนเต็มของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซซิมกับการสอนตามปกติ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- มัญญ พิษสะกะ. (2540). รายงานผลการประเมินคุณภาพนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระดับจังหวัด ปีการศึกษา 2539. ยะลา: ฝ่ายวิจัยและประเมินผลทางการศึกษา หน่วยศึกษานิเทศน์ สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดยะลา.
- มลิวลย์ สมศักดิ์. (2540). รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รวิวรรณ ชินะตระกูล. (2540). การศึกษากระบวนการสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- รักษพล ธนาณรงค์. (2013, 10-11 มกราคม). รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ STEM Education. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน, 2556, จาก http://secondsci.ipst.ac.th/index.php?option=com_content&view=article&id=331:stemedu-workshop&catid=19:2009-05-04-05-01-56&Itemid=34
- รัชนก ทุมชาติ. (2551). การศึกษาความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัด สมุทรสาคร โดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น : การวิเคราะห์กลุ่มพหุ. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- รัชนี้วรรณ สุขเสนา. (2550). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องบทประยุกต์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) กับการเรียนรู้ตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- รุ่งลาวัลย์ ไชยสัตย์. (2550). ผลการจัดประสบการณ์การเล่นน้ำประกอบสื่อที่มีต่อทักษะการคิดวิจารณ์ของเด็กรุ่นวัย. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ลดาวลัย พอใจ. (2536). การเปิดรับข่าวสารความรู้ ความตระหนัก และการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของประชาชนในเขตอำเภอพิบูล จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ นศ.ม. (นิเทศศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ละอองดาว แสงหล้า. (2548). ผลกระทบจากการเผาใบอ้อยและแนวทางการแก้ไข. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. 2(1): 85-102.
- เลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ,สำนักงาน. (2550). การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้: การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรา 24 (2) (3) แห่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริมวัดกรรมการเรียนรู้ของครูและบุคลากรทางการศึกษา สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนการเรียนรู้.
- วัฒนาพร ระบุทุกข์. (2542). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: ดันอ้อ.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2523). พัฒนาหลักสูตรและการสอนมิติใหม่. กรุงเทพฯ: รุ่งเรือง.
- วิบูลย์, นุชประมุข. (2547). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการรายวิชาผดุงครรภ์และนรีเวชแผนไทยประยุกต์. ปรินิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เวชฤทธิ์ อังกะภักทขจร. (2556, กุมภาพันธ์-สิงหาคม). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสถิติและการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ไปสู่ชีวิตจริงโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ศึกษาศาสตร์. 24(2): 15-33.
- แว่นแก้ว พันภัย. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนเรื่อง เศรษฐศาสตร์ในครอบครัว โดยการสอนแบบสตอรี่ไลน์กับการสอนแบบเกมสถานการณ์จำลอง ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). แบบทดสอบมาตรฐานเพื่อวัดความสามารถในการคิดจากต่างประเทศ. วิทยาการด้านการคิด. หน้า 180-192. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ศิริพร บุญรักษา. (2553). อ้อย: ฐานข้อมูลทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชน. สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม, 2556, จาก <http://www.bedo.or.th/lcdb/biodiversity/view.aspx?id=8599>
- ศิริพร มโนพิเชฐวัฒนา. (2547). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่กระตือรือร้น เรื่อง ร่างกายมนุษย์. ปรินิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศุจิภา เพชรล้วน. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสรรค์สร้างความรู้กับการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เศรษฐกิจการเกษตร สำนักงาน. (2555). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2556. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม, 2556, จาก www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_web/download/.../trends2556.pdf
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบัน. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มตามกลุ่มสาระการเรียนรู้พื้นฐาน(เอกสารประกอบการอบรมครู) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2544 กรุงเทพฯ: ครูสภา.
- (2550). รูปแบบการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูงวิชาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ครูสภา.
- (2550). การอบรมครูด้วยระบบทางไกลสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ: องค์การคำครูสภา.
- (2556). รุจิก สสวท. สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน, 2556, จาก <http://www.ipst.ac.th/web/index.php/ipst/objective>
- (2557). ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สมควร ไชแก้ว. (2556). การพัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนในจังหวัดภูเก็ตเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สมพงษ์ จิตระดับ สุอังคะวาทิน. (2556, 29 มีนาคม). หลักสูตรใหม่ เริ่มเดินเครื่อง. *ประชาชาติธุรกิจ*. สืบค้นเมื่อ 13 สิงหาคม, 2556, จาก www.prachachart.net/news_detail.php?newsid=1364526222
- สสวท. เร่งพัฒนาระบบการศึกษาแบบ STEM. (2556, 28 มกราคม). *ฐานเศรษฐกิจ*. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน, 2556, จาก http://www.thanonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=165708&catid=176&Itemid=524
- สะเต็มศึกษา ประเทศไทย. (2014). *สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์*. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2557, จาก <http://www.stemedthailand.org/?knowstem>
- สารานุกรมไทยฉบับเยาวชน เล่มที่ 5. (ม.ป.ป.). อ้อย. สืบค้นเมื่อ 2556, 23 พฤษภาคม, จาก <http://kanchanapisek.or.th/kp6/New/sub/book/book.php?book=5&chap=3&page=chap3.htm>
- สาลินี อาจารย์. (2552). *การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสำหรับ นักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ*. ปริญญาโท กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สิริภลยา คำนาน. (2552). *ความตระหนักของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปลูก ข้าวโพด ในตำบลป่าแลวหลวง อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วท.ม. (ส่งเสริมการเกษตร). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. (2548). *การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ*. กรุงเทพฯ: บัด พอยท์.
- สุชาติ แก้วพิกุล. (2555). *การพัฒนากิจกรรมคณิตศาสตร์ที่ใช้การจัดการเรียนการสอนอย่าง กระตือรือร้นโดยเน้นการเรียนรู้เป็นคู่ร่วมกับการบริหารสมอง เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสุขในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ*. ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรัตน์ หอมพล. (2553). อ้อยดำ. สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม, 2556, จาก <http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=140>
- สุพรรณิ พรหมศิริ. (2552). *การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี: กรณีศึกษาการพัฒนาความรู้ความเข้าใจและทักษะการผลิตชิ้นงานศิลปะพื้นบ้าน ด้วยใบจาก*. *ศึกษาศาสตร์*. 1-2(5): 51-66.

- สุพินญา คำขจร. (2550). การเปรียบเทียบผลการเรียนด้วย CIPPA กับ CIPPA ที่จัดกลุ่มแบบ TAI ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถคิดวิเคราะห์และความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- สุรพล ถ้ำกระแซ; และคนอื่น ๆ. (2536). ผลของการเผาไอบ่อยก่อนการเก็บเกี่ยวและทิ้งไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ ที่มีต่อคุณภาพความหวานและผลผลิตของอ้อย. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2536. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุรางค์ ไคว่ตระกูล. (2541). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุริยัน แสงแก้ว. (2535). การศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างการรู้แจ้งกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และเวลาที่ใช้ในการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์การสอนคิดอย่างมีวิจารณญาณ. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ. (2543). เรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.
- สุวิมล ทองคำหอม. (2552). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในอำเภอเทพา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสงขลา เขต 3 วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและประเมิน). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.
- หัสชัย สิทธิรักษ์. (2551). ความสำคัญของวิทยาศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน, 2556, จาก http://race.nstru.ac.th/home/e-weblog/member/%20hussachai/index.php?entry_id=425
- อรพิน พัฒนาผล. (2551). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์ เขต 1. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อรรถสิทธิ์ บุญธรรม. (2540). สถานการณ์การผลิตอ้อยและน้ำตาล. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2540. สุพรรณบุรี: ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อรรถสิทธิ์ บุญธรรมและคนอื่น ๆ. (2548). การเพิ่มผลผลิตอ้อยโดยใช้เครื่องจักรกลการเกษตร. เอกสารประกอบการบรรยาย การประชุมวิชาการพืชไร่ประจำปี 2548. ณ โรงแรมเดอะเลกาซี ริเวอร์แคว รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี วันที่ 31 สิงหาคม – 2 กันยายน 2548.

- อารมณ เพชรชื่น. (2527). *เทคนิคการวัดและประเมินผลการศึกษาในระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.
- อุไรวรรณ หาญวงศ์. (2551). *การพัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมท้องถิ่นที่บูรณาการวิธีการสอนแบบเน้นกระบวนการสำหรับนักเรียนที่เรียนในกลุ่มสาระระดับชั้น วิทยานิพนธ์ ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน)*. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- Accreditation Board for Engineering and Technology. (2002). *Engineering Accreditation Criteria*. Baltimore, MD: Author.
- Adsit, Karen I. (2007). *Teaching Strategies to Help Promote Critical Thinking Skills*. Retrieved September 29, 2013, from academic.udayton.edu/legaled/ctskills/ctskills01.htm
- Aiken, W.M. (1942). *Adventure in Education: The Story of the Eight-Year Study with Conclusions and Recommendations*. New York: Harper and Brothers.
- Ajzen, I. (2001). *Nature and Operation of Attitudes*. Annual Review of Psychology.
- Alaimo, Samiul Joseph. (1969, March). *A Study of Factors Influencing Value Preference in Environmental Problem of Seventh through Twelfth Grade Student*. Dissertation Abstracts International. 39: 5427A.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1989). *Science for All Americans: A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology*. Retrieved May 2, 2013, from <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- Asunda, Paul A. (2012, Spring). Standards for Technological Literacy and STEM Education Delivery through Career and Technical Education Programs *Journal of Technology Education*. 23(2): 48. Retrieved May 15, 2013, from <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v23n2/asunda.html>
- Ayuob; et al. (2012). Interdisciplinary Integration of the CVS Module and Its Effect on Faculty and Student Satisfaction as Well as Student Performance. *BMC Medical Education*. 1-8. Retrieved August 7, 2013, from <http://www.biomedcentral.com/1472-6920/12/50>
- Ballantyne, R.; & Parker, J. (2002). Nature-Based Excursions: School Students' Perceptions of Learning in Natural Environments. *International Research in Geographical and Environmental Education*. 11(3): 218-236.

- Bandura, A. (1977). *Social Learning Theory*. New York: General Learning Press.
- Beane, James, A. (1997). *Curriculum Integration: Designing the Core of Democratic Education*. New York: Teachers College Press.
- Berk, R.A. (1986). A Consume, Guide to Setting Performance Standards on Criterion–Reference Test. *Review of Education Research*. 56(1): 137-172.
- Bestor, Arthur. (1956). *The Restoration of Learning*. New York: Alfred A. Knopf.
- Beyond the Classroom: Informal STEM Education. Hearing before the Subcommittee on Research and Science Education Committee on Science and Technology House of Representatives One Hundred Eleventh Congress*. (2009, February). First Session ed. Washington: U.S. Government Printing Office. Retrieved April 15, 2013, from <http://www.science.house.gov>
- Blessing, Mupanduki T. (2009). *The Effectiveness of a Standards-Based Integrated Chemistry and Mathematics Curriculum on Improving the Academic Achievement in Chemistry for High School Students in Southern California*. Dissertation, Ed.D. California: Azusa Pacific University. Retrieved August 7, 2013, from <http://search.proquest.com/docview/305160215?accountid=44800>
- Bloom, Benjamin S. (1956). *Taxonomy of Education Objective Handbook I: Cognitive Domain*. New York: Longmans Green.
- Bloom, Benjamin S. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill.
- (1976). *Human Characteristics and School Learning*. New York: McGraw-Hill.
- Bloom, Benjamin S.; Krathwohl, David R.; & Masia, Bertram B. (1964). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook II: Affective Domain*. New York: David McKay Company.
- Bono, Edward. (1976). *Teaching Thinking*. London: Temple Simple Smith.
- Borg, L. (November, 2000). Summit Tackles Question of Teaching Students to Succeed. *Providence Journal*. 10. Retrieved July 17, 2013, from ProQuest Database
- Brandt, R. (1984). *Teaching of Thinking, for Thinking, About Thinking*. Retrieved April 24, 2013, from www.ascd.org/ASCD/pdf/.../ed.../el_198409_brandt.pdf
- (1991). On Interdisciplinary Curriculum: A Conversation with Heidi Hayes Jacobs. *Educational Leadership*. 49(2): 24-26.

- Brooks, Jacqueline G.; & Brooks, Martin G. (1993). *The Case for Constructivist Classrooms*. Alexandria, VA: ASCD. Retrieved July 5, 2013, from www-tc.pbs.org/teacherline/courses/.../inst335_brooks.pdf
- Brown J. (2012, October-December). The Current Status of STEM Education Research. *Journal of STEM Education*. 13(5): 7-11.
- Burchett, B.M. (1972, February). *A Descriptive Study of Fourth, Fifth and Sixth Grade Students, Attitude Relating to Environmental Problems*. Dissertation Abstracts International. 4439A.
- Caine, R.; & Caine, G. (1997). *Education on the Edge of Possibility*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Caswell, Hollis; & Campbell, Doak. (1935). *Curriculum Development*. New York: American Book Company.
- Center for Mathematics Science and Technology. (2013). *Why STEM Is Important?* Retrieved July 5, 2013, from <http://cemast.illinoisstate.edu/educators/stem>
- Cetin G.; & Nisanci S.H. (2010, December). *The Effectiveness of the New 9th Grade Biology Curriculum on Students' Environmental Awareness*. Retrieved October 28, 2014, from http://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v11_issue2_files/cetin.pdf?origin=publicationdetail
- Chen, Grace. (2012, 3 February). *The Rising Popularity of STEM: A Crossroads in Public Education or a Passing Trend?* Retrieved July 29, 2013, from www.publicschoolreview.com/articles/408
- Choi H.J.; & Yang M. (2011). The Effect of Problem-Based Video Instruction on Student Satisfaction, Empathy, and Learning Achievement in the Korean Teacher Education Context. *Higher Education*. 62(5): 551-561.
- Christenson, Jerome. (2011, November 3). *Ramaley Coined STEM Term Now Used Nationwide* Retrieved July 29, 2013, from http://www.winonadailynews.com/news/local/article_457afe3e-0db3-11e1-abe0-001cc4c03286.html
- Clayton, M. J. (2010). *Designing Multidisciplinary Integrated Curriculum*. California: The Center for College and Career.

- Daikin. (2010). *Environmental Education Program Developed for Elementary Schools: Opportunity to Raise Awareness among Both Children and Daikin Employees*. Retrieved May 27, 2013, from http://www.daikin.com/csr/feature2010/05_1.html
- Decaroli, Joseph. (1973). What Research Say to Classroom Teacher: Critical Thinking. *Social Education*. 37(1): 67-69.
- DeLuca, V. W.; & Lari, Nasim (January-March, 2013). Developing Students' Metacognitive Skills in a Data-Rich Environment. *Journal of STEM Education*. 14(1): 45-55.
- Dewey, John. (1902). *The Child and the Curriculum*. Chicago: University of Chicago Press.
- (1909). *How to Think*. Boston: D.C. Heath Company.
- (1929). *Experience and Nature*. Calcutta: Oxford Book.
- (1938). *Experience and Education*. New York: Macmillan Company.
- Doll, Ronald C. (1964). *Curriculum Improvement: Decision Making and Process*. Boston: Allyn and Bacon.
- Drake, S. M. (1998). *Creating Integrated Curriculum: Proven Ways to Increase Student Learning*. California: Corwin Press.
- Dressel, P.L.; & Meyhew. (1957). *General Education : Explorations in Evaluation*. 2nd ed. ed. Washington D.C: American Council on Education.
- Dugger, William E. (2013). *STEM: Some Basic Definitions*. Retrieved May 2, 2013, from www.iteea.org/Resources/PressRoom/STEMDefinition.
- Durán, Mario J.; et al. (2007). A Learning Methodology Using Matlab/Simulink for Undergraduate Electrical Engineering Courses Attending to Learner Satisfaction Outcomes. *International Journal of Technology and Design Education*. 17(1): 55-73. Retrieved November 12, 2013, from <http://link.springer.com/article/10.1007/s10798-006-9007-z>
- Eberle, Francis. (2010). *Why STEM Education Is Important*. Retrieved July 17, 2013, from www.isa.org/InTechTemplate.cfm?template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=83593
- Education, Enhancing. (2002). *The 5 E's*. Retrieved February 16, 2013, from <http://enhancinged.wgbh.org/research/eeeeee.html>

- Ennis, R.H. (1985, October). Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skill. *Educational Leadership*. 43(2): 45-48.
- Ennis, Robert H. (1993). *Critical Thinking Assessment: Theory into Practice*. Ohio: College of Education, The Ohio State University.
- Erickson, K. (2013). *5Es Overview: "The 5e Instructional Model"*. Retrieved February 16, 2013, from <http://www.nasa.gov/audience/foreducators/nasaclips/5eteachingmodels/>
- Executive Office of the President. (2010). *Report to the President: Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Math (STEM) for America's Future*. Retrieved April 24, 2013, from <http://www.whitehouse.gov/ostp/pcast>.
- Eysenck, H.J.; Arnold, W.; & Meili, R. (1972). *Encyclopedia of Psychology*. London: Search Press Limited.
- Fan, Chung – Teh. (1952). *Item Analysis Table*. New Jersey: Princeton.
- Ferguson, L. (1952). *Personality Measurement*. New York: McGraw Hill.
- Fioriello, Patricia. (2011). *Understanding the Basics of STEM Education*. Retrieved July 29, 2013, from <http://drpconsults.com/understanding-the-basics-of-stem-education/>
- Fisher, Alec. (2001). *Critical Thinking*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fogarty, R. (1991). Ten Ways to Integrate Curriculum. *Education Leadership*. 49(2): 61-65.
- Fosnot, C. T. (1996). *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice*. New York: Teacher College Press.
- Freud, S. (1933). *New Introductory Lectures on Psycho-Analysis*. New York: Norton & Co.
- Gagel, C. W. (1997). Literacy and Technology: Reflections and Insights of Technological Literacy. *Journal of Industrial Teacher Education*. 34(3): 6-34.
- Glaser, E.M. (1941). *An Experiment in the Development of Critical Thinking*. New York: Columbia University Teachers College Bureau of Publications.
- Glasgow, N. (1996). *New Curriculum for New Times*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Gokmenoglu, Tuba; Eret, Esra Eret; & Kiraz, Ercan. (2011). *The Link between Environmental Awareness And Science-Related Factors: Suggestions for Science Curriculum*. Belgrade. Retrieved September 18, 2013, from http://www.academia.edu/684295/The_Link_Between_Environmental_Awareness_and_ScienceRelated_Factors_Sugesstions_For_Science_Curriculum

- Goldstein, Howard. (2013). *Activity-Based Instruction*. Retrieved July 29, 2013, from <http://www.springerreference.com/docs/html/chapterdbid/334661.html>
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw – Hill.
- Goodman, H.E. (1990). *Developing Critical Thinking Skills and Improving Expressive Language through Creative Writing*. Dissertation M.S.: Practicum Nova University,(ERIC). Retrieved May 27, 2013, from <http://catalogue.nla.gov.au/Record/5526604>
- Gore, J. (2001). *Pedagogy Rediscovered?* Retrieved April 20, 2013, from <http://www.cirriculumsupport.education.nsw.gov.au/secondary/hsie/assets/professlearnin g/pedagogy.htm>
- Guilford, J.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Haraiharan, P. (2011). *Effectiveness of Activity – Based – Learning Methodology for Elementary School Education*. Paper Submitted for National Child Rights Research Fellowship 2010. Tamil Nadu: National Child Rights Research Fellowship. Retrieved July 27, 2013, from www.cry.org/.../pdf/.../Prabha_Hariharan_2010_Report.pdf
- Hernandez, Paul R.; Bodin, Ralph; & Elliott, Jonathan W. (2013). *Connecting the STEM Dots: Measuring the Effect of an Integrated Engineering Design Intervention*. Colorado State University. Retrieved June 5, 2013, from <http://link.springer.com/search?query=STEM+education>
- Herschbach, Dennis R. (Spring 2011). The STEM Initiative: Constraints and Challenges. *Journal of STEM Teacher Education*. 48(1). Retrieved July 30, 2013, from <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JSTE/v48n1/herschbach.html>
- Heywood, J. (1993). *Engineering Literacy for Non-Engineers K-12: A Curriculum Conundrum for the Engineering Profession*. Paper presented at the 23rd Annual Frontiers in Education conference on engineering education: Renewing America's technology. Washington, DC
- Honda, Michael; & Cleveland, Peter. (2012, 20 January). *Congressman Proposes STEM Education Office*. Retrieved July 29, 2013, from www.usnews.com/news/blogs/stem-education/2012/01/20/congressman-proposes-stem-education-office
- Huitt, William G. (October 16-19, 2009). *A Systems-Based Synthesis of Research Related to Improving Students' Academic Performance*. Retrieved August 8, 2013, from <http://www.edpsycinteractive.org/papers/improving-school-achievement.pdf>

- International Technology Education, Association. (2007). *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*. Reston, VA: International Technology Education Association.
- ISTE. (2007). *Nets for Students 2007*. Retrieved June 22, 2013, from <http://www.iste.org/standards/nets-for-students/nets-student-standards-2007>
- Jacobs, G. M.; & Cates, K. (1999). Global Education in Second Language Teaching. *KATA*. 1(1): 44-56.
- Jacobs, H. (1989). *Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- (1997). *Mapping the Big Picture: Integrating Curriculum & Assessment K-12*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Jacobs, H. (2010). *Curriculum 21: Essential Education for a Changing World*. Alexandria, VA: ASCD.
- Jacqueline, McDonald; & Charlene, Czerniak. (January, 1994). Developing Interdisciplinary Units. *School Science and Mathematics*. 94(1): 5-10.
- James, W. (1975). *Pragmatism*. Cambridge: Harvard University.
- Jensen, E. (1998). *Teaching with the Brain in Mind*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Katehi; et al. (Fall, 2009). The Status and Nature of K–12 Engineering Education in the United States. *The Bridge: Linking Engineering and Society*. 39(3): 5-10. Retrieved February 17, 2015, from <https://www.nae.edu/File.aspx?id=16147>
- Katz, D. (1960). The Functional Approach to the Study of Attitudes. *Public Opinion Quarterly*.
- Kaufman, D.; Moss, D. M.; & Osborn, T. A. (2003). *Beyond the Boundaries: A Transdisciplinary Approach to Learning and Teaching*. Westport, CT: Praeger Publishing.
- Kendrick K.M. (2012). *STEM Integration: An Analysis of an Integrated Unit*. The University of Texas at Austin. Retrieved October 12, 2014, from <http://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/ETD-UT-2012-08-6305>

- Kerr, William H. (2013). *Norwin STEM Innovation Center for Teaching and Learning: Proposal for an Exemplary Business-Education Collaboration Model*. Pennsylvania: Norwin STEM Innovation Center. Retrieved July 17, 2013, from <http://www.norwinsd.org/STEMwhitePaper>
- Kilpatrick, W. H. (1918, September). The Project Method. *Teachers College Record*. XIX(4): 319-335.
- Krajcik, J. (2013). The Next Generation Science Standards: A Focus on Physical Science. *Science and Children*. 50(7): 13-21.
- (n.d.). *Characteristics of Driving Questions*. Retrieved June 24, 2013, from www.personal.umich.edu/krajcik/DQ.html
- Krech, Crutchfield D.; & Ballachey, E. L. (1962). *Individual in Society: A Textbook of Social Psychology*. Tokyo: McGraw-Hill.
- Krug, Edward A. (1956). *Administering Curriculum Planning*. New York: Harper&Row.
- Lantz, Hays B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?* Retrieved April 27, 2013, from www.currtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle
- Laura, Policar. (2008). *How Interdisciplinary Methodology Improves Motivation, Creativity and Critical Thinking*. Retrieved July 17, 2013, from www.media.proquest.com/media/classic/doc/1453218481/fmt/ai/rep/SPDF?
- Lederman, N.G.; & Niess, M.L. (1997). Integrated, Interdisciplinary, or Thematic Instruction? Is This a Question or Is It Questionable Semantics? *School Science and Mathematics*. 97(2): 57-58.
- Leopp, Franzie L. (1999). *Model of Curriculum Integration*. Retrieved March 28, 2013, from scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTS/Summer.../Loepp.pdf
- McDonald, J.; & Czerniak, C. (1994, January). Developing Interdisciplinary Unit: Strategies and Examples. *School Science and Mathematics*. 94(1): 5-10.
- McNeil, John D. (1981). *Curriculum: A Comprehensive Introduction*. Boston: Little Brown & Company.
- Meinbach, A. M.; Fredericks, A.; & Rothlein, L. (2000). *The Complete Guide to Thematic Units: Creating the Integrated Curriculum*. 2nd ed. Massachusetts: Christopher-Gordon Publishers.

- Meyrick K.M. (2011). How STEM Education Improves Student Learning. *Meridian K-12 School Computer Technologies Journal*. 14(1).
- Monroe, B.S. (1985). *An Analysis of Critical Thinking Skills of College Freshman from Three Divergent High School Backgrounds*. Dissertation Ph.D. Miami: Miami University.
- Morrison, Janice S. (2006). Ties STEM Education Monograph Series : Attributes of STEM Education. Retrieved April 28, 2013, from www.tiesteach.org/.../Jans%20pdf%20Attributes_of_STEM
- National Academy of Engineering & National Research Council. (2002). *Technically Speaking: Why All Americans Need to Know More About Technology*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Council of Teachers of Mathematics Standards. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Retrieved May 4, 2013, from <http://www.nctm.org/standards/default.aspx?id=58>
- National Governor's Association. (2009). *Building a Science, Technology, Engineering and Math Agenda*. Retrieved May 2, 2013, from www.partnership4learning.org/files/STEM%20Literacy.
- National Research Council. (1996). *The National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Science Teachers, Association. (2006). *NMSA's Vision of Middle School Excellence: This We Believe: Successful Schools for Young Adolescents*. Retrieved April 26, 2013, from <http://store.nmsa.org/browseproducts/This-We-Believe--Successful-Schools-for-Young-Adolescents.html>
- (2011, June). *Quality Science Education and 21st-Century Skills*. Retrieved April, 17 2013, from <http://www.nsta.org/about/positions/21stcentury.aspx>
- National Science Teachers, Association. (2012). *STEM: Defying a Simple Definition*. Retrieved May 2, 2013, from <http://www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=59305>
- Nikitina S. (2005). Three Strategies for Interdisciplinary Teaching: Contextualizing, Conceptualizing, and Problem-Centering. *Journal of curriculum studies*. 38(3): 251-271.

- Nobori, Mariko. (2011). *Ten Takeaway Tips for Teaching Critical Thinking* Retrieved September 26, 2013, from <http://www.edutopia.org/stw-kipp-critical-thinking-10-tips-for-teaching>
- Office of Science and Technology. (2013). *Science Technology and Innovation*. Retrieved April 6, 2013, from <http://www.whitehouse.gov/administration/eop/ostp>
- Oliva, Peter F. (1992). *Developing the Curriculum*. 3rd ed. New York: Harpers Collins.
- Osgood, C. (1952). The Nature and Measurement of Meaning. *Psychological Bulletin*. 49: 172-237.
- Palmer, M. (2007). *Teaching through Critical Thinking Tasks*. Retrieved September 27, 2013, from http://new.trc.virginia.edu/Staff/Palmer_WorkshopDesc.htm
- Perkins, D.N. (1991, October). Educating for Insight. *Educational Leadership*. 49(2): 4-8.
- Piaget, J. (1985). *The Equilibration of Cognitive Structures*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Pring, R. (1973). The Philosophy of Education In *Curriculum Integration*. London: Oxford University Press.
- Pual, R. (1990). *Critical Thinking: What Every Person Needs to Survive I a Rapidly Changing World*. California: Center for Critical Thinking and moral Critique.
- (1995). *Critical Thinking: How to Prepare Students for a Rapidly Changing World*. Santa Rosa, CA: The Foundation for Critical Thinking.
- Pual, Asunda A. (2012). Standards for Technological Literacy and STEM Education Delivery through Career and Technical Education Programs. *Journal of Technology Education*. 23(2): 44-60.
- Pucha, Raghuram V.; & Utschig, Tristan T. (2012). Learning-Centered Instruction of Engineering Graphics for Freshman Engineering Students. *Journal of STEM Education*. 13(4): 24-33.
- Quellmalz, E.S. (1985, October). Needs Better Method for Testing Higher Order Thinking Skill. *Educational Leadership*. 43(2): 29-34.

- Reeve, Edward M. (May, 2013). *Implementing Science, Technology, Mathematics, and Engineering (STEM) Education in Thailand and in ASEAN. A Report Prepared for the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)*. Bangkok: IPST. Retrieved August 8, 2013, from <http://specialproject.ipst.ac.th/index.php/module-styles/news?id=141>
- Rickinson, M. (2001). Learners and Learning in Environmental Education: A Critical Review of the Evidence. *Environmental Education Research*. 7(3): 207-320. Retrieved October 25, 2014, from <http://www.cemus.uu.se/dokument/asc2010/Mark%20Rickinson.pdf>
- Ronda L., Caudill. (2009). *Interdisciplinary Curriculum and Its Effect on Student Achievement Levels*. Dissertation Abstracts International. Capella University.
- Rosen, L.E. . (1986). *The Effect of Critical Thinking Skills Upon Content Learning of Low-Ability Adolescents*. Dissertation Ph.D.: The Claremont Graduate University.
- Rosenberg, M. J. (1956). Cognitive Structure and Attitudinal Affect. *Journal of Abnormal and Social Psychology*.
- Roush, M. K. (2008). *How Does Using an Integrated Curriculum Promote Critical Thinking and Engagement in Middle School Student Learning?* Dissertation M.E. (Middle Childhood Education). Ohio: Graduate school Ohio University. Photocopied. Retrieved June 14, 2013, from www.cehs.ohio.edu/resources/documents/roush.pdf
- Runes, D. D. (1971). *Dictionary of Philosophy*. New Jersey: Littlefield Adam & Company.
- Sahin, Alpaslan. (January-March, 2013). STEM Clubs and Science Fair Competitions: Effects on Post-Secondary Matriculation. *Journal of STEM Education*. 14(1): 5-11.
- Schmidt, William H. ; Burroughs, Nathan A. ; & Cogan, Leland S. (Spring, 2013). On the Road to Reform K–12 Science Education in the United States. *The Bridge*. 43(1): 7-14. Retrieved July 31, 2013, from <http://www.nae.edu/Publications/Bridge/69735/69739.aspx>
- Schweingruber, Heidi A.; et al. (Spring, 2013). A Framework for K–12 Science Education: Looking toward the Future of Science Education. *The Bridge*. 43(1): 43-50. Retrieved July 31, 2013, from <http://www.nae.edu/Publications/Bridge/69735/69747.aspx>
- Science, Buddies. (2012). *Comparing the Engineering Design Process and the Scientific Method*. Retrieved August 8, 2013, from <http://www.sciencebuddies.org/engineering-design-process/engineering-design-compare-scientific-method.shtml>

- Seremia, N. (2011). *Raising Awareness on Climate Change and Energy Savings for Teachers, Families and Stakeholders*. Retrieved May 27, 2013, from <http://ec.europa.eu/environment/life/.../index.cfm?>
- Singh, Shashi; Singh, Ajay; & Singh, Kiran. (2012, July). Education Systems and Academic Satisfaction: A Study on Rural and Urban Students of Traditional VS Open Education System in India. *Turkish Online Journal of Distance Education*. 13(3): unpagued. Retrieved November 11, 2013, from http://tojde.anadolu.edu.tr/tojde48/articles/article_26.htm
- Sinlarat, Paitoon. (1976). *General Education: Developing a Program for Thai Universities*. Ph.D. Dissertation. School of Education University of Pittsburgh.
- Smith, Partly T. (1994). Effect on Student Attitude and Achievement. *Dissertation Abstract International*. 55(7): 2528-2537.
- STEM Caucus Steering, Committee. (n.d.). Why Was the STEM Education Caucus Created? Retrieved March 3, 2015, from <http://stemedcaucus2.org/>
- Sternberg, R.J.; & Baron, B.J. (1985, October). Statewide Approach to Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*. 43(2): 40-43.
- Susskind, L.J. (1994). Constructing Building Bridges and Minds. Building an Integrated Curriculum through Social Studies. *Educational Studies*. 24(14): 324-327.
- Sutherland, P. (1992). *Cognitive Development Today: Piaget and His Critics*. London: Paul Chapman.
- Taba, Hilda. (1962). *Curriculum Development*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- The International Society for Technology in Education. (2007). *Advancing Digital Age Learning*. Retrieved July 23, 2013, from http://www.iste.org/docs/pdfs/nets_for_students_2007_standards.pdf?sfvrsn=2
- Thomson, D.R. (2001). The Effects Of Curriculum on Achievement in School-Year Algebra. The Example of Chicago School Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*. 32(1): 58-A.
- Tobin, Kenneth. (1993). *The Practice of Constructivism in Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Tran, Hang Thi Minh ; Chou, Loke Ming; & Nguyen, Hue Thu. (2013, December). Increasing Public Participation through Awareness Raising Activities: A Case Study in Trao Reef Marine Reserve, Vietnam. *Environment and Natural Resources Research*. 3(1): 24-32. Retrieved October 15, 2013, from <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/enrr/article/view/21800/14685>
- Travers, R. M. W. (1950). *How to Make Achievement Tests*. New York: Odyssey Press.
- Tsupros, Nancy; & Kohler, Randy. (2009). STEM Education in Southwestern Pennsylvania. Washington DC: The Intermediate Unit 1 STEM Education Center.
- Tyler, Ralph W. (1949). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: University of Chicago Press.
- Udelhofen, Susan. (2005). *Keys to Curriculum Mapping: Strategies and Tools to Make It Works*. California: Corwin Press.
- UNESCO. (1981). *Integrating Subject Areas in Primary Education Curriculum Report Finalization Meeting*. 9-15 December. Bangkok.
- (2011). *Thai Educational System Fails the Test*. Retrieved April 24, 2013, from <http://www.unescobkk.org/news/article/thai-educational-system-fails-the-test/>
- Vars, G. F. (1991). Integrated Curriculum in Historical Perspective. *Educational Leadership*. 49(2): 14-15.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychology Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Walburn, J. (1992). A Love Affair with the Environment. *Principal*. 71(4): 23-28.
- Walker, D. (1995). Integrative Education. *Research Roundup*. 12(1): 1-5.
- Walker, Stacy E. (2003). Active Learning Strategies to Promote Critical Thinking. *Journal of Athletic Training*. 38(3): 263-267. Retrieved September 30, 2013, from www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC233182/
- Wallerstein, Harrey. (1995). *A Dictionary of Psychology*. Maryland: Penguin Book.
- Wanida, Tanaprayothsak. (2005). *The Development of High School Science Curriculum on Natural Resources and Environmental Pollution Related to Real Life Issues Bases on Inquiry Cycle Approach*. Dissertation (Ed.D.) Science Education. Bangkok: Graduate School Srinakarinwirot University. Copied.

- Watson, G.; & Glaser, E.M. (1964). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Manual for Ym and Zm*. New York: Harcourt Brace and World.
- (1980). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Manual: Form Ym and Zm*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
- Wiggins, Grant; & McTighe, Jay. (2011). *The Understanding by Design Guide to Creating High- Quality Units*. Alexandria, VA: ASCD. Retrieved August 10, 2013, from www.ascd.org/ASCD/pdf/siteASCD/publications/UbD_WhitePaper0312.pdf
- Wiggins, R. (2001). Interdisciplinary Curriculum: Music Educator Concerns. *Music Educators Journal*. 87(5): 40.44.
- Wolman, Benjamin B. (1973). *Handbook of General Psychology*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Wolman, Thomas E. (1973). *Education and Organizational Leadership in Elementary School*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Woolfolk, A.E. (1987). *Education Psychology*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- Yinger, R.J. (1980). Can We Really Teach Them to Think? In *New Directions for Teaching and Learning: Foster Critical Thinking*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Zais, Robert S. (1976). *Curriculum Principles and Foundations*. New York: Thomas Y. Crosswell.
- Zhao, Guodong; & Yuan, Shuai. (2010). Key Factors of Effecting Blended Learning Satisfaction: A Study on Peking University Students. *Third International Conference, ICHL 2010, Beijing, China, August 16-18, 2010, Proceedings*. 6248: 282-295. Retrieved November 12, 2013, from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-14657-2_26



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามครูผู้ให้สัมภาษณ์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพปัญหาและความต้องการจำเป็นสำหรับ
การพัฒนาหลักสูตร และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

รายนามครูผู้ให้สัมภาษณ์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพปัญหาและความต้องการจำเป็น

อำเภอหนองหญ้าไซ

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. นางสาวรณ แดงโสภา | โรงเรียนหนองหญ้าไซวิทยา |
| 2. นางสาวโสภิตา วงศ์เนียม | โรงเรียนบ้านทัพหลวง |
| 3. นางสาวปฐุขรสมิ์ กาพภักดี | โรงเรียนบ้านหนองกระถิ่น |
| 4. นางสมาลี อินทร์ประดับ | โรงเรียนบ้านหนองขาม |
| 5. นางสาวพิมพ์พร เกิดสกุล | โรงเรียนบ้านสระเตย |

อำเภอด่านช้าง

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. นายนิวช ปานสุวรรณ | โรงเรียนบรรหารแจ่มใสวิทยา 3 |
| 2. นายพรเทพ ศรีสุข | โรงเรียนบ้านสระบัวท่า |
| 3. นายณัฐดนัย รุ่งกลิ่น | โรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน |
| 4. นางสาวอสมภรณ์ แยมเยื่อน | โรงเรียนนิคมกระเสียว 2 |
| 5. นายรังสิมันต์ จันทรเรือง | โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 20 |

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญสาขา
ต่าง ๆ ดังนี้

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. รศ.ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม | คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 2. ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก | คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย | สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 4. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. ดร. ชนินันท์ พฤษทรัพย์มูล | ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 6. ผศ.สุภาภรณ์ ศิริโสภณา | คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 7. ดร. สมควร ไช้แก้ว | โรงเรียนเมืองกลาง
จังหวัดภูเก็ต |
| 8. นายถวิล โสขมา | สาขาวิชาฟิสิกส์
วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี
สุพรรณบุรี |



ภาคผนวก ข

หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเอกสารประกอบหลักสูตร

หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



โดย

นางสาวศิริลักษณ์ ชavlุ่มบัว
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำนำ

หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นี้ พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต (กศ.ด.) สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจบริบทด้านเกษตรกรรมของท้องถิ่นโดยการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันโดยใช้หัวเรื่อง “อ้อย” เป็น แก่นในการบูรณาการ ผ่านกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้โดยนำวิธีการและ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ตลอดจนกระบวนการออกแบบมาใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและสร้างความรู้และเจตคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมจากการเรียนรู้ ปัญหาสิ่งแวดล้อมจริงที่เกิดขึ้นในท้องถิ่น โดยหลักสูตรนี้ได้แบ่งโครงสร้างหลักสูตรออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยที่ 1 มารู้จักอ้อยกันเถอะ หน่วยที่ 2 เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไรใส่ใจ สิ่งแวดล้อม และหน่วยที่ 3 อ้อยนั้นสำคัญไฉน

หลักสูตรเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทที่ให้ได้ให้ ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบหลักสูตรและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยอย่างยิ่งจนทำให้หลักสูตรเล่มนี้สำเร็จลงได้ เป็นอย่างดีและได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญที่กรุณาตรวจสอบความเหมาะสมความถูกต้อง ของหลักสูตร จนทำให้หลักสูตรเล่มนี้มีความสมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่าง มีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทด้วยความเคารพยิ่งมา ณ โอกาสนี้

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว

คำแนะนำในการใช้หลักสูตร

การใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีข้อควรทราบ ดังนี้

1. หลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรระดับชั้นเรียนที่พัฒนาขึ้นโดยการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันโดยใช้หัวเรื่อง อ้อย เป็นแกนในการบูรณาการ
2. ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร รวม 40 ชั่วโมง ดังนั้น ผู้ใช้หลักสูตรควรศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียด ตลอดจนจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ให้พร้อมก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้อีก เพื่อจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนดไว้
3. ผู้เรียนตามหลักสูตรนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
4. รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้รูปแบบของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E)
5. หลักสูตรนี้ควรใช้ควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง อ้อย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร
6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเรียงลำดับจากหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ไปจนถึงหน่วยการเรียนรู้สุดท้าย
7. หากต้องการพานักเรียนไปศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายจากแหล่งเรียนรู้จริงควรนำหลักสูตรไปจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงที่โรงงานน้ำตาลเปิดหีบ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	
หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	
สภาพปัญหาและความจำเป็น	1
หลักการของหลักสูตร.....	2
จุดมุ่งหมายของหลักสูตร.....	2
มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้.....	3
โครงสร้างหลักสูตร.....	7
แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	8
สื่อและแหล่งเรียนรู้	8
การวัดและประเมินผล	9
เอกสารประกอบหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	13

หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สภาพปัญหาและความจำเป็น

หลักสูตรนับเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญ ในการกำหนดทิศทางให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษา นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือที่ถ่ายทอดเจตนารมณ์ในการแปลงจุดมุ่งหมายและนโยบายทางการศึกษาของชาติไปสู่การปฏิบัติในสถาบันการศึกษาในระดับต่างๆ โดยเฉพาะหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นหลักสูตรหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการจัดการศึกษา เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีบทบาทต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ รวมทั้งมีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (หัสชัย สิทธิรักษ์. 2551: ออนไลน์)

จากการวิเคราะห์หลักสูตรจะเห็นได้ว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ยังมีลักษณะเป็นแบบแยกส่วน ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาและทักษะที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน ส่งผลให้ผู้เรียนมองไม่เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาในรายวิชาเหล่านั้น ผู้เรียนจึงไม่สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ (Jacobs. 1989: 2-6) ประกอบกับผลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์และครูวิชาการพบว่า การสอนเพื่อให้บรรลุผลการเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมหรือทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นยังขาดการนำบริบทที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียนมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ การนำหลักสูตรไปใช้จะเน้นการถ่ายทอดความรู้ที่อยู่ในบทเรียนจากครูเป็นหลักทำให้สิ่งที่เรียนไม่สอดคล้องกับกับบริบทของผู้เรียน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้ผู้เรียนขาดทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ (Glasgow. 1996: 7)

แนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการบูรณาการข้ามศาสตร์ โดยนำเนื้อหาและกระบวนการของ 4 รายวิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์มาบูรณาการร่วมกันแบบสหวิทยาการ ซึ่งการบูรณาการแบบ STEM จะเน้นการคิดและการแก้ปัญหาโดยใช้การผสมผสานวิธีการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางคณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบ (Process design) ตามแนวทางของการศึกษาด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วยกัน ซึ่งช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ (Literacy) มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในการค้นคว้าและพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ ตลอดจนพัฒนาทักษะการคิดที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (โครงการ PISA ประเทศไทย. 2551: 1)

ดังนั้นการพัฒนาหลักสูตรบูรณาการบนฐานคิดของทฤษฎีสรคนิยม (Constructivism) ที่นำหัวเรื่อง อ้อย ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในท้องถิ่นชนิดหนึ่งมาบูรณาการเข้ากับเนื้อหาและ

กระบวนการของ 4 รายวิชาได้แก่ รายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยนำแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการบูรณาการของโฟการ์ตี้ (Fogarty, 1991: 63-64) ได้แก่ รูปแบบการบูรณาการมาใช้ในการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดและกระบวนการของรายวิชาทั้งสี่เข้าด้วยกัน ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based learning) โดยศึกษาแนวคิด วิเคราะห์ ค้นคว้าหาคำตอบและแก้ปัญหาเกี่ยวกับประเด็นต่างๆ ด้วยตนเองจากประสบการณ์ตรงผ่านการลงมือปฏิบัติโดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์วิธีการทางคณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มาใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

หลักการของหลักสูตร

หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย ได้พัฒนาขึ้นโดยคำนึงถึงหลักการสำคัญดังนี้

1. เป็นการศึกษาที่ส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียนโดยการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยใช้รูปแบบการบูรณาการแบบบูรณาการ (Integrated model) ผ่านหัวเรื่อง “อ้อย” ที่สอดคล้องกับบริบทด้านเกษตรกรรมของชุมชนในท้องถิ่น
2. เป็นการศึกษาที่สอดแทรกการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและส่งเสริมความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์และประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับบริบทและประสบการณ์ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจริงในท้องถิ่น
3. เป็นการศึกษาที่นำกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่หลากหลายด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย ได้พัฒนาขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ความสามารถ ดังต่อไปนี้

1. มีความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอ้อย ในเรื่องของลักษณะทั่วไปของอ้อย การปลูก การเจริญเติบโต การนำอ้อยไปใช้ประโยชน์ ผลกระทบจากการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ไม่ถูกวิธีที่มีต่อตนเอง ชุมชนและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนคุณค่าและผลกระทบของเทคโนโลยีที่มีต่อการปลูก การเก็บเกี่ยว และการเพิ่มผลผลิตอ้อย

2. ประยุกต์ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางคณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

3. พัฒนาการบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาวิชาจากสถานการณ์หรือประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับอ้อย

4. พัฒนาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม จากการมีความรู้และเจตคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับผลกระทบจากการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ไม่ถูกวิธีและการนำเทคโนโลยีมาใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของการปลูกอ้อยที่มีต่อตนเอง ชุมชนและสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม

มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ผลการเรียนรู้ที่ 5 ทดลองหาปัจจัยบางประการที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และอธิบายว่าแสง คลอโรฟิลล์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ เป็นปัจจัยที่จำเป็นต้องใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง

ผลการเรียนรู้ที่ 6 ทดลองและอธิบายผลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

ผลการเรียนรู้ที่ 7 อธิบายความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้ที่ 9 สังเกตและอธิบายโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับระบบลำเลียงน้ำและอาหารของพืช

ผลการเรียนรู้ที่ 11 อธิบายกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอกและการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืช โดยใช้ส่วนต่างๆ ของพืชเพื่อช่วยในการขยายพันธุ์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ผลการเรียนรู้ที่ 1 วิเคราะห์สภาพปัญหาสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นและเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ผลการเรียนรู้ที่ 5 อภิปรายปัญหาสิ่งแวดล้อมและเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 3 ทดลองและอธิบายการหลักการแยกสารด้วยวิธีการกรอง การตกผลึก

การสกัด การกลั่นและโครมาโทกราฟีและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 3 ทดลองและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะ และการละลายของสาร

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 1 อธิบายงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านี้ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้

ผลการเรียนรู้ที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี

ผลการเรียนรู้ที่ 3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 4 รวบรวมข้อมูลจัดทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

ผลการเรียนรู้ที่ 4 รวบรวมข้อมูลจัดทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

ผลการเรียนรู้ที่ 5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป ทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐานและความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

ผลการเรียนรู้ที่ 6 สร้างแบบจำลองหรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

ผลการเรียนรู้ที่ 7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ในเรื่องที่เกี่ยวข้องและนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ผลการเรียนรู้ที่ 8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกตการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

ผลการเรียนรู้ที่ 9 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

คณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการ วัด

ผลการเรียนรู้ที่ 2 หาปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม

ผลการเรียนรู้ที่ 3 เปรียบเทียบหน่วยความจุ หรือหน่วยปริมาตรในระบบเดียวกันหรือต่าง ระบบ และเลือกใช้หน่วยการวัดได้อย่างเหมาะสม

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้ แก้ปัญหา

ผลการเรียนรู้ที่ 2 เขียนกราฟแสดงความเกี่ยวข้องระหว่างปริมาณสองชุดที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการเรียนรู้ที่ 3 นำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 4 อ่าน แปลความหมายและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการนำเสนอ

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อ ความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และ เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ผลการเรียนรู้ที่ 2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีใน การแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 3 ใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 5 เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

วิศวกรรมศาสตร์

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 1 ใช้กระบวนการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

เทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของ เครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทาง สร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อมและมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ผลการเรียนรู้ที่ 2 สร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างปลอดภัย ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเป็นภาพฉาย เพื่อนำไปสู่การสร้างต้นแบบ และแบบจำลองของสิ่งของเครื่องใช้ หรือถ่ายทอดความคิดของวิธีการเป็นแบบจำลองความคิดและการรายงานผล

มาตรฐาน ง 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่าและใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงานและอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

ผลการเรียนรู้ที่ 3 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสมกับลักษณะงาน

ผลการเรียนรู้ที่ 4 ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างชิ้นงานจากจินตนาการหรืองานที่ทำในชีวิตประจำวัน ตามหลักการทำโครงงานอย่างมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบ

โครงสร้างหลักสูตร

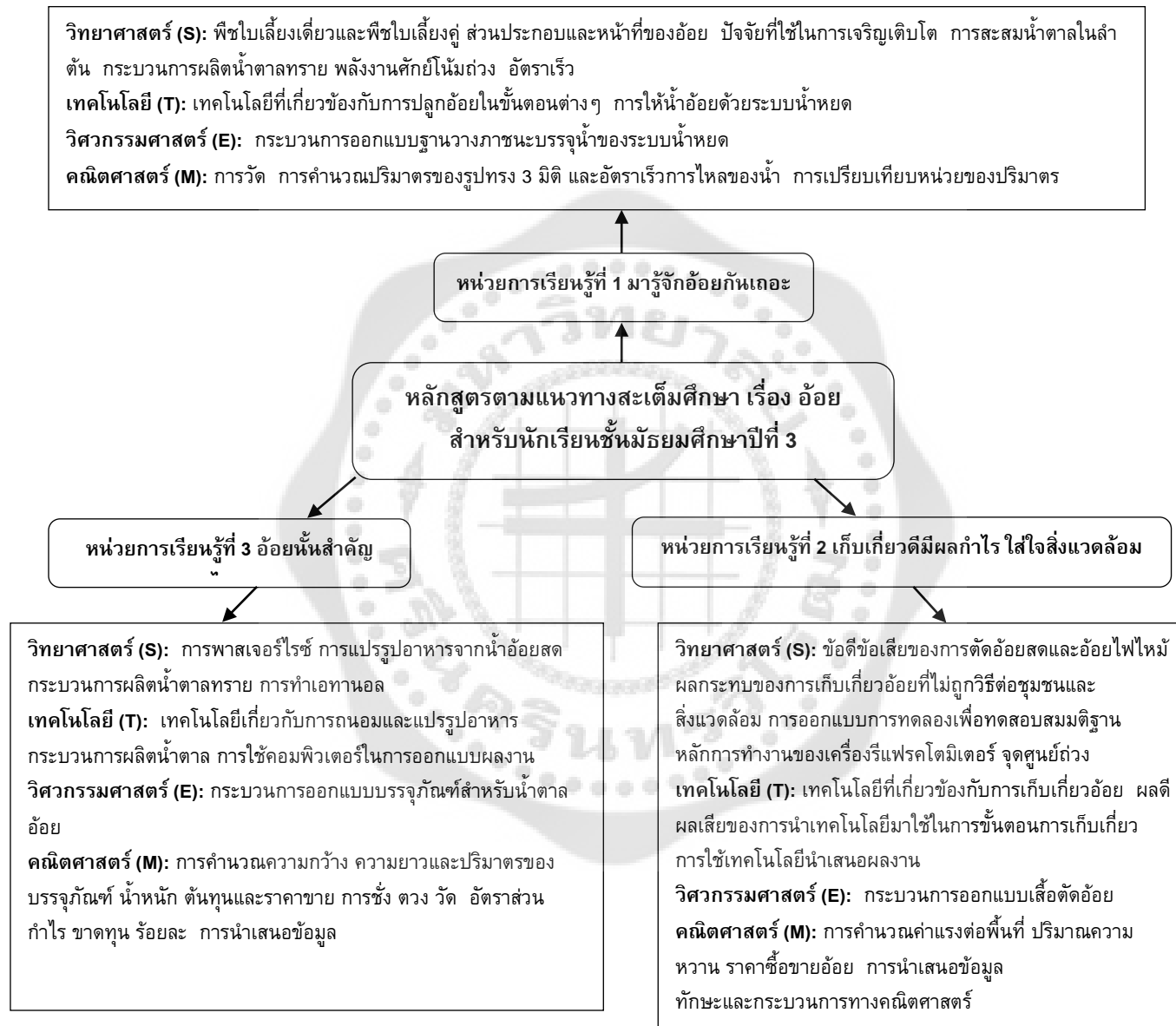
เพื่อให้การจัดหลักสูตรเป็นไปตามจุดมุ่งหมาย จึงกำหนดโครงสร้างหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไว้ดังนี้

ตาราง 1 โครงสร้างหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
	ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อ้อย แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม	3
1	มารู้จักอ้อยกันเถอะ 1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย 1.2 กว่าจะมาเป็นน้ำตาล 1.3 ระบบน้ำหยด 1.3.1 ความรู้เกี่ยวกับระบบน้ำหยด 1.3.2 กระบวนการออกแบบฐานวางถึงน้ำ	10 4 2 4 2 2
2	เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไรใส่ใจสิ่งแวดล้อม 2.1 การเก็บเกี่ยวอ้อย 2.1.1 วิธีไหนดีกว่ากัน 2.1.2 อันไหนหวานกว่า 2.1.3 ปลอดภัยไว้ก่อน	10 6 2 2 2

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
	2.2 การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาอ้อย	4
	2.2.1 แก้ปัญหาหิมะดำ	2
	2.2.2 การออกแบบเสื่อตัดอ้อย	2
3	อ้อยนั้นสำคัญไฉน	14
	3.1 อยู่ยาวนานได้ไหม	4
	3.2 แปรรูปอย่างไรให้อยู่ได้นาน	
	- การทำน้ำตาลอ้อย	2
	- การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุน้ำตาลอ้อย	2
	- การแปรรูปน้ำอ้อยสด	4
	3.3 ประโยชน์ของอ้อย: เอทานอล	2
	ทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน และเพิ่มการทดสอบความพึงพอใจของนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ	3



ภาพประกอบ 1 ผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ของหัวเรื่อง หน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา STEM

ตาราง 2 โครงสร้างหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หน่วยการเรียนรู้	คำถามสำคัญ	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
1. มารูจักอ้อยกันเถอะ	1. อ้อยมีความหวานได้อย่างไร	- ลักษณะทั่วไป ส่วนต่างๆ ของอ้อยและหน้าที่ - การสะสมน้ำตาลในลำต้น (การสังเคราะห์ด้วยแสง)	4
	2.ปัจจัยที่ส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตได้นั้นมีอะไรบ้าง	- พันธุ์อ้อย ดินที่เหมาะสมในการปลูกอ้อย ระยะเวลาการปลูก	6
2. เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไร ใส่ใจสิ่งแวดล้อม	3. ข้อดีและข้อเสียของการตัดอ้อยสดกับ การตัดอ้อยไฟไหม้มีอะไรบ้าง	- วิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 วิธี คือการตัดอ้อยสด และการเผาอ้อยก่อนตัด - สาเหตุที่ทำให้เกษตรกรนิยมเผาอ้อยก่อนตัด	2
	4. การเผาอ้อยก่อนตัดส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร	- ผลกระทบของการเผาอ้อยก่อนตัดที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม - การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการขายอ้อยสดกับอ้อยไฟไหม้ ในเรื่องของความหวาน ค่าแรง ผลตอบแทนและอัตราการลดลงของความหวาน	2
	5. แนวทางการแก้ไขปัญหาพิษที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวอ้อยมีอะไรบ้าง	- แนวทางการแก้ไขปัญหาการเผาอ้อยก่อนตัด	4
3. อ้อยนั้นสำคัญไฉน	6. อ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อย่างไรบ้าง	- อ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ลำต้นนำไปทำน้ำตาล และส่วนของอ้อยที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล เช่น ชานอ้อย กากน้ำตาล หรือส่วนที่เหลือหลังจากการเก็บเกี่ยวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ เช่น ทำเอทานอล ทำปุ๋ย ทำเยื่อกระดาษ ฯลฯ	10
	7. การเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากอ้อยทำได้อย่างไร	- การนำเทคโนโลยี กระบวนการออกแบบผสานกับความคิดสร้างสรรค์มาใช้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากอ้อยให้สูงขึ้นได้	4
รวม			34

ตาราง 3 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้กับเนื้อหาและกระบวนการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

หน่วยที่ / ชื่อหน่วย	คำถามสำคัญ	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
หน่วยที่ 1 มารู้จักอ้อยกันเถอะ	1. ลำต้นของอ้อยมีความ หวานได้อย่างไร 2.ปัจจัยที่ส่งผลให้อ้อยมีการ เจริญเติบโตได้นั้นมี อะไรบ้าง	- ลักษณะของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ - ลักษณะทั่วไปของอ้อย - ส่วนประกอบของอ้อยและหน้าที่ - การขยายพันธุ์อ้อย - ปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตของอ้อย - การสังเคราะห์ด้วยแสง (การสะสมน้ำตาลในลำต้น) - กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย (การสกัด การระเหย การตกผลึก การละลาย) - พลังงานศักย์โน้มถ่วง - อัตราเร็ว	-เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการปลูกอ้อยในขั้นตอนต่างๆ - การให้น้ำอ้อยด้วยระบบน้ำหยด	- กระบวนการออกแบบฐานวางภาชนะบรรจุน้ำสำหรับระบบน้ำหยด	- การวัด - การคำนวณปริมาตรของรูปทรง 3 มิติ - การคำนวณอัตราเร็วการไหลของน้ำในระบบน้ำหยดอย่างง่าย - การเปรียบเทียบหน่วยของปริมาตร
หน่วยที่ 2 เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไร ใส่ใจสิ่งแวดล้อม	3. ข้อดีและข้อเสียของการตัดอ้อยสดกับการตัดอ้อยไฟไหม้มีอะไรบ้าง 4. การเผาอ้อยก่อนตัดส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างไร	-ปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนและแนวทางการแก้ปัญหา (สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม มาตรฐาน ว 2.2 ข้อ 1-6 และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	-เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการเก็บเกี่ยวอ้อย -ผลดีและผลกระทบของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการขั้นตอนการเก็บเกี่ยว - การนำเสนอผลงานโดย	- กระบวนการออกแบบเสื้อตัดอ้อย (สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี มาตรฐาน ง 2.1 ข้อที่ 2)	-การคำนวณค่าแรงต่อพื้นที่ ปริมาณความหวาน ราคาซื้อขายอ้อย - การนำเสนอข้อมูล (สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

ตาราง 3 (ต่อ)

ชื่อหน่วย	คำถามสำคัญ	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
หน่วยที่ 2 (ต่อ)	5. แนวทางการแก้ไข ปัญหามลพิษที่เกิดจากการ เก็บเกี่ยวอ้อยมีอะไรบ้าง	และเทคโนโลยี) - จุดศูนย์ถ่วง	ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (สาระที่ 3 เทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร มาตรฐาน ง 3.1 ข้อ 1,3,4)		มาตรฐาน ค 5.1) -ทักษะและกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ (สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ มาตรฐาน 6.1)
หน่วยที่ 3 อ้อยนั้นสำคัญไฉน	6. อ้อยสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ อย่างไรบ้าง 7. การเพิ่มมูลค่าของ ผลิตภัณฑ์จากอ้อยทำได้ อย่างไร	- การพาสเจอร์ไรซ์ - ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ เกี่ยวข้องกับการแปรรูป อาหารจากน้ำอ้อยสด -กระบวนการผลิตน้ำตาล การตกผลึก การระเหย - ชนิดของน้ำตาล - การหมัก - การกลั่นลำดับส่วน	- เทคโนโลยีอาหารที่ เกี่ยวกับการถนอมอาหาร และการแปรรูปอาหาร - เทคโนโลยีที่ใช้ใน กระบวนการผลิตน้ำตาล - ความสามารถในการใช้ คอมพิวเตอร์ในการ ออกแบบผลงาน	-กระบวนการออกแบบ บรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุ น้ำตาลอ้อย - การออกแบบเครื่องกลั่น ลำดับส่วนอย่างง่าย	- การคำนวณความกว้าง ความยาวและปริมาตรของ บรรจุภัณฑ์ น้ำหนัก ต้นทุน และราคาขาย - การชั่ง ตวง วัด - อัตราส่วน -กำไร ขาดทุน ร้อยละ - การนำเสนอข้อมูล

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าผ่านกระบวนการกลุ่มและเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการกระตุ้นการสนใจ การซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม โดยกำหนดเป็นข้อความหรือรูปภาพ การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่ต้องการเรียนให้เป็นหมวดหมู่ โดยเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการสำรวจ การสืบค้น ทดลองด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ กำหนดจุดประสงค์วัสดุอุปกรณ์ ตามคำชี้แจงที่กำหนดให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติ การปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของผู้เรียนเอง โดยครูมีหน้าที่เพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่ผู้เรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำความรู้ที่ได้จากขั้นสำรวจและค้นหาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป วาดรูป สร้างตาราง โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายร่วมกันระหว่างผู้เรียนจนนำไปสู่ข้อสรุปของสิ่งที่ต้องการศึกษา

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม โดยนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไรและมากน้อยเพียงใด โดยในขั้นนี้ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ โดยการประเมินตนเองจากการทำแบบฝึกหัดแบบทดสอบ การเขียนอนุทินหรือสรุปเป็นความคิดรวบยอดในรูปของผังมโนทัศน์

สื่อและแหล่งเรียนรู้

สื่อและแหล่งเรียนรู้ประกอบการจัดกิจกรรมตามเนื้อหาในหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย

1. สื่อประเภทเอกสาร ได้แก่ หนังสือ ใบงาน ใบกิจกรรม ภาพถ่าย บทความ ข่าว
2. สื่อประเภทโสตทัศนูปกรณ์ ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องฉายภาพ วิดีทัศน์
3. สื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ อินเทอร์เน็ต
4. แหล่งเรียนรู้ที่ใช้จัดกิจกรรมตามหลักสูตร ได้แก่ ไร่อ้อย ห้องวิทยาศาสตร์ ห้องสมุด

การวัดและประเมินผล

การวัดและประเมิน กำหนดสัดส่วนคะแนนระหว่างเรียน: คะแนนปลายภาคเรียน เท่ากับ 70 : 30 โดยวิธีการที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ได้แก่

1. การสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ความสนใจในการเรียน การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น
2. การทดสอบ
3. การตรวจผลงานนักเรียน

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้จะดำเนินการควบคู่ไปกับการจัดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ

1. การวัดและประเมินผลก่อนเรียน เป็นการวัดและประเมินความรู้ความสามารถพื้นฐานของผู้เรียนก่อนเรียนด้วยหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม
2. การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน เป็นการวัดและประเมินความรู้ความสามารถของผู้เรียนระหว่างขั้นตอนการจัดกระบวนการเรียนรู้จากการสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรม การถาม-ตอบคำถามในห้องเรียน การเขียนอนุทิน เพื่อติดตามว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นไปตามผลการเรียนรู้ของหลักสูตรที่กำหนด
3. การวัดและประเมินผลหลังเรียน เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังเรียนจบหลักสูตร เพื่อใช้เป็นเครื่องบ่งชี้คุณภาพของการจัดการเรียนรู้ และวินิจฉัยผลการเรียนของผู้เรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ. (2551). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงาน. (2542). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.)

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551).

ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาศาสตร์นานาชาติ: Pisa และ TIMSS. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ภาวิข ทองโรจน์. (2556). *โครงสร้างหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานฉบับใหม่*. สืบค้นเมื่อ

16 กรกฎาคม 2556, จาก www.facebook.com/DrPaVich

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบัน. (2550). *การอบรมครูด้วยระบบทางไกล*
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำคูณสภา.

----- (2550). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: องค์การ
 รับส่งสินค้าและพัสดุ.

ห้สชัย สิทธิรักษ์. (2551). *ความสำคัญของวิทยาศาสตร์*. สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน, 2556, จาก
[http://race.nstru.ac.th/home/eweblog/member/%20hussachai/index.php?entry_id=](http://race.nstru.ac.th/home/eweblog/member/%20hussachai/index.php?entry_id=425)
 425

Fogerty R. (1991). Ten Ways to Integrate Curriculum. *Education Leadership*. 49(2):
 61-65.

Glasgow N. (1996). *New Curriculum for New Times*. Thousand Oaks, CA: Sage
 Publications.

Jacobs Hayes H. (1989). *Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation*.
 Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เก็บเกี่ยวดีมีผลกำไรใส่ใจสิ่งแวดล้อม

รายวิชา วิทยาศาสตร์ (เพิ่มเติม)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เวลา 10 ชั่วโมง

มาตรฐานและผลการเรียนรู้

วิชาวิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ผลการเรียนรู้ที่ 1 วิเคราะห์สภาพปัญหาสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นและเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ผลการเรียนรู้ที่ 5 อภิปรายปัญหาสิ่งแวดล้อมและเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ทดลองและอธิบายสมบัติของวัสดุชนิดต่างๆ เกี่ยวกับความยืดหยุ่น ความแข็ง ความเหนียว การนำความร้อน การนำไฟฟ้าและความหนาแน่น

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 3 อธิบายการดูดกลืน การคายความร้อน โดยการแผ่รังสี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้

ผลการเรียนรู้ที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบ หลายๆ วิธี

ผลการเรียนรู้ที่ 3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 4 รวบรวมข้อมูลจัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

วิชาคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ผลการเรียนรู้ที่ 2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 3 ใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

วิชาวิศวกรรมศาสตร์

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 1 ใช้กระบวนการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 2 อธิบายความสัมพันธ์และบทบาทของวิศวกรรมศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้

วิชาเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อมและมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ผลการเรียนรู้ที่ 2 สร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ ตาม กระบวนการเทคโนโลยี อย่างปลอดภัย ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิด เป็นภาพฉาย เพื่อนำไปสู่การสร้างต้นแบบ และแบบจำลองของสิ่งของเครื่องใช้ หรือถ่ายทอดความคิดของวิธีการเป็นแบบจำลองความคิดและ การรายงานผล

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 1 อธิบายผลดีและผลกระทบของเทคโนโลยีต่อชุมชน สังคมและสิ่งแวดล้อมได้

สาระสำคัญ

การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนที่เกิดจากการเผาอ้อยก่อนตัดให้ประสบความสำเร็จนั้นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย โดยแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นสามารถทำได้หลายวิธีการสร้างความตระหนักให้เกิดขึ้นแก่บุคคลในชุมชนโดยเฉพาะเกษตรกรนั้นนับเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้การแก้ปัญหาให้บรรลุผลอย่างยั่งยืน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการเผาอ้อยก่อนตัดได้
2. บอกผลดีและผลกระทบของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวอ้อยได้
3. อธิบายบทบาทของวิศวกรรมศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาเทคโนโลยีได้
4. วางแผนและออกแบบเสื่อตัดอ้อยโดยใช้กระบวนการออกแบบได้
5. เลือกใช้วัสดุในการออกแบบเสื่อตัดอ้อยได้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในท้องถิ่น

สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
- แนวทางการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น - สมบัติของวัสดุ - การดูแลและความปลอดภัยของวัตถุ	- ผลดีและผลกระทบของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว	- กระบวนการออกแบบ (เสื่อตัดอ้อย)	- การกำหนดราคารับซื้ออ้อยสดและอ้อยไฟไหม้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายวิชาวิทยาศาสตร์ (เพิ่มเติม)
เรื่อง การแก้ปัญหาหิมะดำ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
เวลา 2 ชั่วโมง

มาตรฐานและผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

ผลการเรียนรู้ที่ 1 วิเคราะห์สภาพปัญหาสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นและเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ผลการเรียนรู้ที่ 5 อภิปรายปัญหาสิ่งแวดล้อมและเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้

ผลการเรียนรู้ที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลายๆ วิธี

ผลการเรียนรู้ที่ 4 รวบรวมข้อมูลจัดทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

วิชาคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ผลการเรียนรู้ที่ 2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 3 ใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

วิชาวิศวกรรมศาสตร์

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 2 อธิบายความสัมพันธ์และบทบาทของวิศวกรรมศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้

วิชาเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อมและมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 1 อธิบายผลดีและผลกระทบของเทคโนโลยีต่อชุมชน สังคมและสิ่งแวดล้อมได้

สาระสำคัญ

การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนที่เกิดจากการเผาอ้อยก่อนตัดให้ประสบความสำเร็จนั้นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย โดยแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ รวมถึงการสร้างความตระหนักให้เกิดขึ้นแก่บุคคลในชุมชนซึ่งจะช่วยให้การแก้ปัญหาให้บรรลุผลอย่างยั่งยืน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการเผาอ้อยก่อนตัดได้
2. บอกผลดีและผลกระทบของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวอ้อยได้
3. อธิบายบทบาทของวิศวกรรมศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาเทคโนโลยีได้

เนื้อหา/สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
- แนวทางการแก้ไข ปัญหาสิ่งแวดล้อมใน ท้องถิ่น	- เทคโนโลยีที่นำมาใช้ ในขั้นตอนการเก็บ เกี่ยวอ้อย - ผลดีและผลกระทบ ของการนำเทคโนโลยี มาใช้ในขั้นตอนการ เก็บเกี่ยว	บทบาทของ วิศวกรรมศาสตร์ใน การพัฒนานวัตกรรม	- การกำหนดราคารับ ซื้ออ้อยสดและอ้อยไฟ ไหม้

ตาราง 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะกับเนื้อหา STEM

วัฏจักรการเรียนรู้ แบบสืบเสาะ 5E	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1. ขั้นสร้างความสนใจ		- เทคโนโลยีรถ สามล้อ	บทบาทของ วิศวกรรมศาสตร์ ในการพัฒนา นวัตกรรมจากมีด สามล้อไป เป็นรถสามล้อ อัตโนมัติ	การเปรียบเทียบ อัตราเร็วในการ ตัดอ้อยระหว่าง การใช้คนสามล้อ อ้อยกับการใช้ เครื่องจักร
2. ขั้นสำรวจและ ค้นหา	- แนวทางการ แก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อมใน ท้องถิ่น	- เทคโนโลยีที่ นำมาใช้แก้ปัญหา การเผาอ้อยก่อน ตัด		- การจับเวลา - การวัด
3. ขั้นอธิบายและ ลงข้อสรุป		- ผลดีและ ผลกระทบของ การนำเทคโนโลยี มาใช้ในขั้นตอน การเก็บเกี่ยว		
4. ขั้นขยายความรู้	- แนวทางการ แก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อมใน ท้องถิ่น - ผลกระทบของ การเผาอ้อย			
5. ขั้นประเมิน	ค่าความหวานของ อ้อย (ความรู้เดิม)			การกำหนดราคา รับซื้ออ้อยตัดสด และอ้อยไฟไหม้

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูให้นักเรียนดูวิดีโอเกี่ยวกับรถสางใบอ้อย จากนั้นให้นักเรียนเดาว่ารถที่เห็นในวิดีโอคืออะไร (รถสางใบอ้อย) หากนักเรียนไม่สามารถตอบได้ ครูนำภาพรถสางใบอ้อย ภาพคนที่กำลังใช้มีดตำยาวสางใบอ้อยและภาพของต้นอ้อยที่มีการสางใบอ้อยแล้วมาให้นักเรียนดูเพิ่มเติม แล้วให้นักเรียนลองเดาคำตอบอีกครั้ง



2. เมื่อได้คำตอบแล้ว ครูถามคำถาม ดังนี้

- จงบอกความเหมือนและความแตกต่างของการสางใบอ้อยในภาพทั้งสองภาพ (สิ่งที่เหมือนกันคือ จุดประสงค์ของการใช้เครื่องมือเพื่อให้ใบอ้อยหลุดออกจากลำต้น แต่สิ่งที่ต่างกันคือ ชนิดของเครื่องมือที่นำมาใช้ในการสางใบอ้อย)

- รถสางใบอ้อยพัฒนาขึ้นเพื่อจุดประสงค์ใด (ช่วยให้การสางใบอ้อยก่อนการตัดอ้อยทำได้รวดเร็วกว่าการสางโดยใช้แรงงานคน ช่วยให้คนงานสามารถตัดอ้อยได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นตัวอย่างหนึ่งของแนวทางการแก้ไขปัญหาการเผาอ้อยก่อนตัด)

หมายเหตุ : ครูอาจแทรกความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ จากมีดสางใบอ้อยไปเป็นรถสางใบอ้อยจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

3. นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 4-5 คน จากนั้นครูนำกระดาษฟลิปชาร์ตที่นักเรียนช่วยกันสรุปเกี่ยวกับผลกระทบของการเผาใบอ้อยก่อนตัดจากกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง วิธีไหนดีกว่ากันมาให้นักเรียนดู แล้วถามนักเรียนว่า

- จากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเผาอ้อย นอกจากการนำรถสางใบอ้อยซึ่งเป็นเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่งมาใช้แล้ว นักเรียนจะมีการนำเทคโนโลยีหรือแนวทางอื่นๆ มาใช้ในการป้องกันไม่ให้เกิดการเผาอ้อยก่อนตัดอีกหรือไม่ อย่างไร

4. นักเรียนอ่านข้อความและทำกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 2.4 การเผาอ้อยก่อนตัด
5. นักเรียนนำเสนอผลการคิดของแต่ละกลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการคิดบน

กระดานดำ

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการคิด โดยครูใช้คำถาม ดังนี้
 - นักเรียนมีวิธีการใดบ้างที่ช่วยลดปริมาณการเผาอ้อยก่อนตัด (การนำเทคโนโลยี เช่น รถสางใบอ้อย รถตัดอ้อย ฯลฯ มาใช้ การกำหนดราคาอ้อยสดให้สูงกว่าอ้อยไฟไหม้ การให้ความรู้ และสร้างความตระหนักเกี่ยวกับผลกระทบของการเผาใบอ้อย การออกกฎหมาย เป็นต้น)
 - การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้มีข้อดีอย่างไร (ทำให้การตัดอ้อยมีความสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น ลดผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการเผาอ้อย)
 - นอกจากข้อดีแล้ว เทคโนโลยีเหล่านั้นมีข้อเสียหรือข้อจำกัดอะไรบ้าง (สิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน ราคาแพง รถตัดอ้อยทำให้ดินแน่นแข็งไถพรวนได้ยาก ระยะห่างของการปลูกอ้อย ต้องกว้างพอสำหรับขนาดของรถ)
 - บุคคลใดบ้างที่มีบทบาทต่อการแก้ปัญหาในเรื่องนี้ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อย และน้ำตาลทราย โรงงานน้ำตาล เกษตรกร ชุมชนที่อาศัยอยู่ใกล้บริเวณที่มีการปลูกอ้อย คนงานตัดอ้อย บุคคลทั่วไป)
 - บุคคลใดมีบทบาทสำคัญมากที่สุดในการแก้ไขปัญหาเรื่องนี้ เพราะเหตุใด (นักเรียนอาจมีคำตอบแตกต่างกันไป การพิจารณาขึ้นอยู่กับเหตุผลประกอบคำตอบ)
7. นักเรียนร่วมกันสรุปแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว จนได้ข้อสรุปที่ว่า “การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเผาอ้อยก่อนตัด ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้หลายวิธี เช่น การนำเทคโนโลยีมาใช้ การออกกฎหมายควบคุม การกำหนดราคารับซื้ออ้อยสดให้สูงขึ้น ตลอดจนการสร้างความรู้และความรู้ที่ถูกต้องแก่เกษตรกร การเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมจะทำให้การพัฒนาด้านเกษตรกรรมเป็นไปอย่างยั่งยืนโดยไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม)

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

8. นักเรียนเขียนคำขวัญรณรงค์เกี่ยวกับแนวทางการป้องกันการเผาอ้อยก่อนตัด

ขั้นประเมิน (Evaluation)

9. นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ หากนักเรียนเป็นผู้มีอำนาจในการกำหนดราคารับซื้ออ้อย นักเรียนจะกำหนดราคาอ้อยทั้งสองแบบเท่าไร เพราะเหตุใด จากนั้นเขียนโน้ตถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ สิ่งที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติมและความรู้สึกที่ได้จากการเรียนรู้ในบทเรียนนี้

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. วิดีทัศน์เกี่ยวกับรถสามล้อจาก
https://www.youtube.com/watch?v=Fa3vOVhMP_E
2. กระดาษฟลิปชาร์ตสรุปผลกระทบของการเผาอ้อยก่อนตัดจากแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง วิธีไหนดีกว่ากัน
3. ภาพคนสามล้อ
4. ภาพรถสามล้อ
5. ใบกิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง การเผาอ้อยก่อนตัด

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	วิธีการวัดและประเมินผล
1. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ใบกิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง การเผาอ้อยก่อนตัด	- ตรวจใบกิจกรรม - สังเกตการร่วมอภิปรายและแสดงความคิดเห็น
2. พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	แบบสังเกตความสนใจและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม

ใบกิจกรรมที่ 2.4
เรื่อง การเผาอ้อยก่อนตัด

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้แต่ละกลุ่มอ่านข้อความต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

ในปัจจุบัน เกษตรกรชาวไร่อ้อยนิยมเผาอ้อยก่อนตัดกันเป็นจำนวนมากทำให้เกิดผลกระทบในด้านต่างๆ มากมาย เช่น ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์เนื่องจากสูญเสียธาตุไนโตรเจนในใบอ้อยหลังการเผา ตออ้อยถูกทำลาย วัชพืชและแมลงที่เป็นศัตรูพืชเกิดการระบาดอย่างรวดเร็ว เกษตรกรจึงต้องจ่ายเงินเพื่อซื้อสารเคมีในการกำจัดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หมอกควันที่เกิดขึ้นจากการเผายังส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศและทัศนียภาพในบริเวณรอบๆ ซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่หน่วยงานภาครัฐไปจนถึงเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยรวมทั้งพวกเราในฐานะเยาวชนลูกหลานของเกษตรกรที่ต้องร่วมมือกันในการพัฒนาการเกษตรให้เป็นไปอย่างยั่งยืน เพื่อให้ประเทศไทยสามารถส่งออกผลผลิตจากอ้อยได้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดการค้าโลกที่มีมาตรการกีดกันทางการค้ากับผลผลิตที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1. จุดมุ่งหมายของข้อความนี้คืออะไร

.....

2. บุคคลใดบ้างที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหการเผาอ้อยก่อนตัด

.....

.....

3. นักเรียนจะมีแนวทางการป้องกันไม่ให้เกษตรกรเผาอ้อยก่อนตัดได้อย่างไรบ้าง

3.1 เทคโนโลยีที่นำมาใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 บทบาทหรือนโยบายของบุคคลที่เกี่ยวข้อง

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

รายวิชาวิทยาศาสตร์ (เพิ่มเติม)
เรื่อง การออกแบบเสื้อมัดอ้อย

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
เวลา 2 ชั่วโมง

มาตรฐานและผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ทดลองและอธิบายสมบัติของวัสดุชนิดต่างๆ เกี่ยวกับความยืดหยุ่น ความแข็ง ความเหนียว การนำความร้อน การนำไฟฟ้าและความหนาแน่น

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 3 อธิบายการดูดกลืน การคายความร้อน โดยการแผ่รังสี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้

ผลการเรียนรู้ที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบ หลายๆ วิธี

ผลการเรียนรู้ที่ 3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 4 รวบรวมข้อมูลจัดทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

วิชาคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ผลการเรียนรู้ที่ 2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ผลการเรียนรู้ที่ 3 ใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม
วิชาวิศวกรรมศาสตร์

ผลการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ 1 ใช้กระบวนการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้
วิชาเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อมและมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ผลการเรียนรู้ที่ 2 สร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ ตาม กระบวนการเทคโนโลยี อย่าง ปลอดภัย ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิด เป็นภาพฉาย เพื่อนำไปสู่การสร้างต้นแบบ และ แบบจำลองของสิ่งของเครื่องใช้ หรือถ่ายทอดความคิดของวิธีการเป็นแบบจำลองความคิดและ การ รายงานผล

สาระสำคัญ

กระบวนการออกแบบเป็นแนวทางที่วิศวกรใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ โดยมีขั้นตอนการทำงานที่สำคัญคือ การกำหนดปัญหาและข้อจำกัด ระดมแนวคิดเพื่อแก้ปัญหา วางแผนออกแบบผลงาน สร้างผลงาน และปรับปรุงผลงานรวมทั้งสื่อสารผลงานให้ผู้อื่นได้ทราบ

เนื้อหา/สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
- สมบัติของวัสดุ - การดูดและคายความร้อนของวัตถุ	- เทคโนโลยีการผลิตผ่านนาโน	- กระบวนการออกแบบ (เสียดัดอ้อย)	- การกำหนดราคาเสียดัดอ้อย

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วางแผนและออกแบบเสียดัดอ้อยโดยใช้กระบวนการออกแบบได้
2. เลือกใช้วัสดุในการออกแบบเสียดัดอ้อยได้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในท้องถิ่น

ตาราง 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E กับเนื้อหา STEM

วัฏจักรการเรียนรู้ แบบสืบเสาะ 5E	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1. ขั้นสร้างความสนใจ	- การดูดและคายความร้อนของวัตถุ	- เทคโนโลยีการผลิตผ้านาโน	ความหมายของคำว่า “วิศวกรรมศาสตร์”	- การจับเวลา - การชั่ง ตวง วัด
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	- สมบัติของวัสดุ		- กระบวนการออกแบบ (เสียดัด อ้อย)	- การกำหนดราคาเสียดัดอ้อย
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป			- สรุปความหมายของกระบวนการออกแบบ	
4. ขั้นขยายความรู้	- สมบัติของวัสดุ - การดูดและคายความร้อนของวัตถุ	เทคโนโลยีเกี่ยวกับสิ่งทอนาโน	- กระบวนการออกแบบ ขั้นปรับปรุงชิ้นงาน	
5. ขั้นประเมิน	- สมบัติของวัสดุ - การดูดและคายความร้อนของวัตถุ	เทคโนโลยีเกี่ยวกับสิ่งทอนาโน	- กระบวนการออกแบบ ขั้นปรับปรุงชิ้นงาน	

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูทบทวนความรู้ เรื่อง การดูดและคายความร้อนของวัตถุต่างๆ โดยนำกระดาษสีต่างๆ ได้แก่ สีแดง สีเหลือง สีขาวและสีดำมาให้นักเรียนดู แล้วถามนักเรียนว่า

- ถ้านำน้ำแข็งไปวางไว้บนกระดาษเหล่านี้ แล้วนำไปวางไว้กลางแดด น้ำแข็งจะละลายได้เท่ากันหรือไม่

2. นักเรียนทดลองทำกิจกรรม โดยครูเน้นให้นักเรียนควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อการทำกิจกรรม เช่น ขนาดของก้อนน้ำแข็ง ขนาดของกระดาษ สังเกตและจับเวลาการละลายของน้ำแข็ง

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ว่า “วัตถุสีต่างๆ ดูดความร้อนได้ไม่เท่ากัน โดยสีอ่อนจะสะท้อนความร้อน ส่วนสีเข้ม เช่น สีดำ จะดูดความร้อนได้ดีที่สุดทำให้น้ำแข็งละลายเร็วที่สุด”

4. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบของชุดตัดอ้อย (หมวกพร้อมผ้าคลุมหน้า เสื้อแขนยาว ถุงมือ กางเกงขายาว ถุงเท้าพร้อมรองเท้า หรือรองเท้าบู๊ต) ประโยชน์ของชุดตัดอ้อย (ป้องกันการบาดเจ็บของใบอ้อย) หน้าที่ของวิศวกรกับการออกแบบชุด (ซึ่งครูอาจยกตัวอย่างของการออกแบบชุดด้วยเทคโนโลยีนาโน ซึ่งทำให้ผ้ามีกลิ่นหอม กันรังสียูวี กันน้ำ กันยับหรือยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ให้นักเรียนฟัง) คุณสมบัติของชุดตัดอ้อยที่ดี (ป้องกันการบาดเจ็บของใบอ้อย ป้องกันอันตรายจากแสงแดด ระบายความร้อนได้ดี)

5. ครูถามนักเรียนว่า หากนักเรียนเป็นวิศวกรที่ต้องการออกแบบชุดตัดอ้อยให้มีคุณสมบัติดังกล่าว นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุชนิดใด และจะนำความรู้เกี่ยวกับการดูดความร้อนของวัตถุมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรมที่ 2.5 เรื่อง การออกแบบเสื้อตัดอ้อย

7. นักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรม พร้อมบอกเหตุผลประกอบการออกแบบ โดยเพื่อนร่วมชั้นร่วมกันอภิปราย ชักถามเกี่ยวกับความเป็นไปได้ และประสิทธิภาพในด้านต่างๆ พร้อมกันนี้ครูตั้งคำถามให้นักเรียนคิดเพิ่มเติมโดยถามว่า หากนำการออกแบบดังกล่าวไปตัดเย็บจริง จะกำหนดราคาขายเท่าไร เพราะเหตุใด

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ว่า “กระบวนการออกแบบเป็นแนวทางที่วิศวกรใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ โดยมีขั้นตอนการทำงานที่สำคัญคือการกำหนดปัญหาและข้อจำกัด ระดมแนวคิดเพื่อแก้ปัญหา วางแผนออกแบบผลงาน สร้างผลงาน และปรับปรุงผลงานรวมทั้งสื่อสารผลงานให้ผู้อื่นได้ทราบ”

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

9. นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง สิ่งทอนาโนคืออะไร จากนั้นครูตั้งคำถามว่า

- หากนักเรียนต้องการนำความรู้ เรื่อง สิ่งทอนาโนมาใช้ในการปรับปรุงเสื้อหรือชุดตัดอ้อย นักเรียนต้องการให้ชุดตัดอ้อยของนักเรียนมีคุณสมบัติเพิ่มเติมในเรื่องใด เพราะเหตุใด

ขั้นประเมินผล (Evaluation)

10. ครูประเมินผลการทำกิจกรรมของนักเรียนในภาพรวม เช่น การตอบคำถาม การทำกิจกรรม ความถูกต้องของการตอบคำถามในใบกิจกรรม

11. นักเรียนเขียนอนุทินสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ สิ่งที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติมและความรู้สึกที่มีต่อการเรียนรู้

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 2.5 เรื่อง การออกแบบเสื้อตัดอ้อย
2. ใบความรู้ เรื่อง สิ่งทอที่น่าคืออะไร

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	วิธีการวัดและประเมินผล
1. การใช้กระบวนการออกแบบเพื่อการแก้ปัญหา	ใบกิจกรรมที่ 2.5 การออกแบบเสื้อตัดอ้อย	- ตรวจใบกิจกรรม - ตรวจอนุทิน - ประเมินการนำเสนอ
2. พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	แบบสังเกตความสนใจและ การมีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรมกลุ่ม	- สังเกตพฤติกรรม

ใบกิจกรรมที่ 2.5
เรื่อง การออกแบบเสื้อตัดอ้อย

กลุ่มที่.....ชั้น.....

สมาชิก 1.

2.

3.

4.

จุดประสงค์ นำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบมาใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบเสื้อสำหรับใช้สวมใส่เพื่อการตัดอ้อยได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ผ้าชนิดต่างๆ เช่น ผ้าฝ้าย ผ้ายีนส์ ผ้าใยสังเคราะห์ ผ้าชีฟอง ผ้าลูกไม้ ฯลฯ
2. เทอร์มอมิเตอร์
3. มีดคัตเตอร์
4. เทปใส

คำชี้แจง : ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม

สมมติว่านักเรียนเป็นวิศวกรของบริษัทแห่งหนึ่งและบริษัทต้องการให้นักเรียนออกแบบเสื้อที่ใช้สวมใส่ในระหว่างการตัดอ้อยให้มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

1. ป้องกันการบาดเจ็บจากใบอ้อย
2. ป้องกันแสงแดด
3. ระบายความร้อนได้ดี
4. มีความทนทาน



1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร.....

.....

2. จงแสดงแนวทางการทดสอบคุณสมบัติของเสื้อตัดอ้อยในด้านต่างๆ

2.1 การป้องกันการบาดเจ็บจากใบอ้อย.....

.....

.....

2.2 การป้องกันแสงแดด.....

.....

.....

2.3 การระบายความร้อน.....

.....

.....

2.4 ความทนทาน.....

.....

3. ให้นักเรียนเลือกวัสดุที่กำหนดให้มา 4 ชนิดเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านต่างๆ แล้วบันทึกผลลงในตาราง

วัสดุ	การป้องกันการ บาดเจ็บจากไฟ ไหม้	การป้องกัน แสงแดด	การระบาย ความร้อน	ความทนทาน	การจัดลำดับที่
1.					
2.					
3.					
4.					

4. ให้นักเรียนนำผลการวิเคราะห์จากข้อ 3 มาใช้ในการเลือกวัสดุสำหรับทำเสื้อตัดอ้อย พร้อมบอกเหตุผลประกอบ

.....

.....

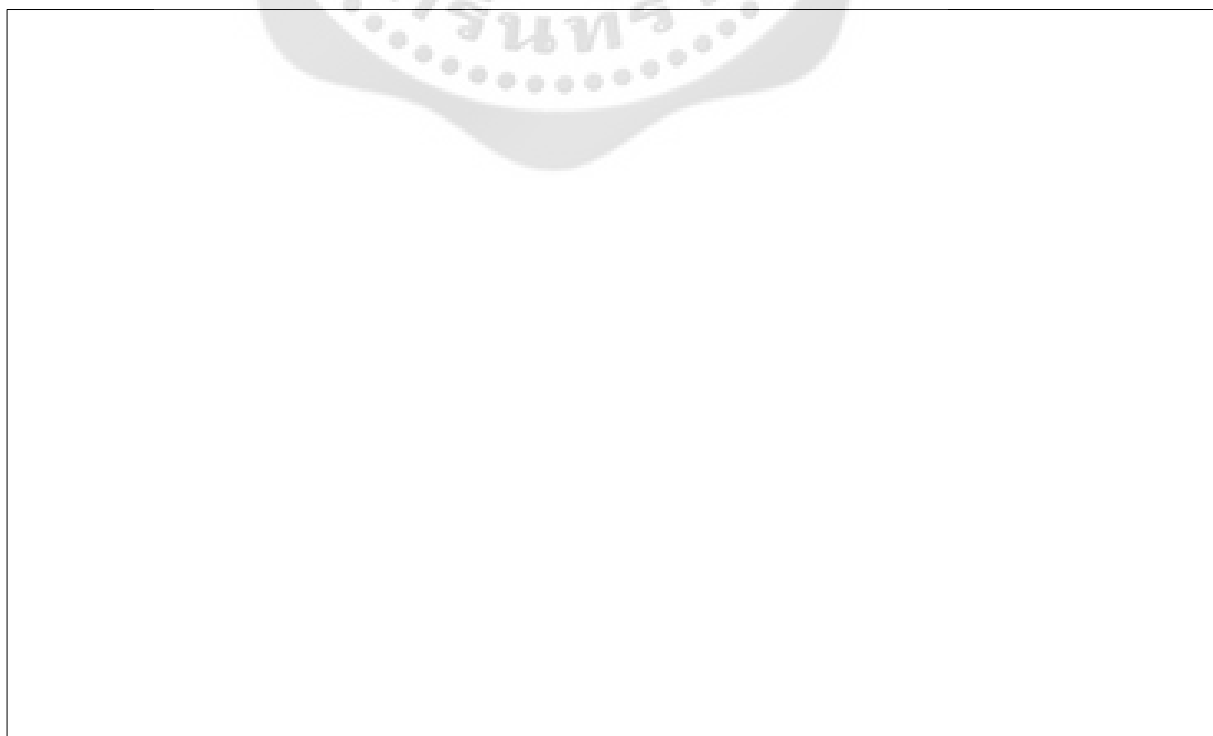
.....

.....

.....

.....

5. ออกแบบและวาดผลการออกแบบพร้อมชี้บอกวัสดุที่นำมาใช้ลงในกรอบด้านล่างนี้



6. ให้นักเรียนร่วมกันคิดตั้งชื่อเสื้อตัดอ้อยสำหรับกลุ่มของตนเอง พร้อมทดสอบ
ประสิทธิภาพของเสื้อตัดอ้อย

เสื้อตัวนี้มีชื่อว่า.....

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า.....

.....

.....

.....

.....

7. ปัญหาที่นักเรียนพบในการทำกิจกรรมนี้มีอะไรบ้าง.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. หากนักเรียนต้องการปรับปรุงการออกแบบเสื้อตัดอ้อยนี้ นักเรียนจะปรับปรุงในส่วนใด
อย่างไร.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ เรื่อง สิ่งทอนาโนคืออะไร



टकแต่งสำเร็จด้านแบคทีเรีย

Nano-Zing oxide

1 นาโนเมตรนั้นมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมมนุษย์ประมาณ 8 หมื่นถึง 1 แสนเท่า โดยขนาดสิ่งของที่เล็กที่สุดที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ามีขนาดประมาณ 10,000 นาโนเมตร ดังนั้นขนาดหนึ่งนาโนเมตรจึงเป็นสิ่งที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงมากเท่านั้น

สิ่งทอนาโนในปัจจุบันสามารถทำการผลิตได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

แบบแรก จะเป็นการผลิตเส้นใยนาโน (Nanofiber) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า

1 ไมโครเมตร โดยกระบวนการ Electro-spinning ซึ่งเมื่อฉีดออกมาผลิตกันจะอยู่ในรูปของผ้า nonwoven

แบบที่ 2 เป็นการตกแต่งผ้าให้มีคุณสมบัติต่างๆ ด้วยสารนาโน ((Nano-particles) ซึ่งเรามักจะเรียกว่า เสื้อนาโน สารนาโนสามารถตกแต่งผ้าให้มีคุณสมบัติต่างๆ เช่น

2.1 เสื้อนาโนกันรังสียูวี ซึ่งสามารถป้องกันได้ทั้งรังสี UVA และ UVB โดยใช้สารตกแต่งซึ่งมีหลายชนิด เช่น นาโนซิงค์ออกไซด์ และนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์

2.2 เสื้อนาโนกันน้ำ ซึ่งตกแต่งผ้าให้มีคุณสมบัติสะท้อนน้ำ โดยการเคลือบสารที่ไม่ชอบน้ำลงบนผ้า เมื่อน้ำ ซา กาแฟหกตกลงบนเสื้อ ก็จะกลิ้งไปกลิ้งมาบนผืนผ้าไม่ซึมเข้าไปในเส้นใย ทำให้ผ้าสะอาดเพราะสิ่งสกปรกจะซึมเข้าไปในเส้นใยได้ยาก ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ “น้ำกลิ้งบนใบบัว” ที่ใบบัวเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติดังกล่าวเนื่องจากผิวของใบบัวมีลักษณะขรุขระ และมีสารคล้ายขี้ผึ้งเคลือบบนผิวของใบบัว ทำให้น้ำกลิ้งไปมาได้

2.3 เสื้อนาโนด้านแบคทีเรีย จะสามารถด้านแบคทีเรียได้โดยตกแต่งด้วย สารนาโนซิลเวอร์และนาโนซิงค์ออกไซด์บนตัวผ้า

ที่มา : ศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. (2014). สิ่งทอนาโนคืออะไร.

สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2557, จาก http://www.thaitextile.org/tdc/?page_id=1228.

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อ้อย
- แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม
- แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหลักสูตร
- แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตร

**ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง อ้อย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

ความรู้-ความจำ

1. น้ำตาลที่สะสมอยู่ในอ้อย เป็นน้ำตาลชนิดใด

- ก. กลูโคส ข. ซูโครส ค. ฟรุคโทส ง. มอลโทส

ความเข้าใจ

10. หากโรงงานน้ำตาลเปิดหีบในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เกษตรกรควรเริ่มต้นปลูกอ้อยในเดือนใด

- ก. มกราคม ข. เมษายน ค. สิงหาคม ง.

พฤศจิกายน

การนำไปใช้

14. ข้อใดเป็นวิธีการที่ถูกต้องในการเตรียมท่อนพันธุ์อ้อย

- ก. แช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อนก่อนปลูกเพื่อฆ่าเชื้อรา
ข. ท่อนพันธุ์ที่ใช้คือบริเวณข้อที่มีตาติดอยู่ 2-3 ตา
ค. ควรเลือกอ้อยที่แก่มาทำพันธุ์เพื่อเพิ่มอัตราการงอก
ง. การตัดท่อนพันธุ์ที่ดีคือตัดลำต้นที่อยู่ระหว่างข้ออ้อย 2 ข้อยาวประมาณ 30 เซนติเมตร

การประเมินค่า

24. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับการที่โรงงานน้ำตาลปล่อยกลิ่นเหม็นของกากน้ำตาลมาถึงชุมชน

- ก. ยอมรับได้ เพราะโรงงานเปิดหีบในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น
ข. ยอมรับได้ เพราะกลิ่นเหม็นรบกวนชุมชนแต่ไม่ส่งผลต่อสุขภาพ
ค. ยอมรับไม่ได้ เพราะโรงงานควรมีระบบป้องกันมลภาวะที่ดี
ง. ยอมรับไม่ได้ เพราะกลิ่นเหม็นเป็นมลภาวะทางอากาศที่ส่งผลต่อสุขภาพ

จงใช้สถานการณ์ต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 28-30

การวิจัยและพัฒนาพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูกพันธุ์อ้อยทางการค้าของไทย มีฐานพันธุกรรมมาจากพันธุ์อ้อยต่างประเทศเพียง 23 พันธุ์ และเมื่อสืบประวัติย้อนหลังไปหลายๆ ชั่วกรมผสมพันธุ์ พบว่าพันธุ์อ้อยเหล่านี้มีฐานพันธุกรรมมาจากแหล่งเดียวกันที่มีความสัมพันธ์กันมาก โดยความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์อ้อยเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์อ้อย โดยอ้อยแต่ละพันธุ์มีลักษณะทางการเกษตรดีเด่นแตกต่างกันไป นักปรับปรุงพันธุ์จึงพยายามนำลักษณะดีเด่นในแต่ละพันธุ์ มารวมอยู่ในอ้อยพันธุ์เดียวกัน

การวิเคราะห์

28. สารสำคัญของสถานการณ์คือข้อใด

- ก. ประวัติของพันธุ์อ้อย
- ข. การปรับปรุงพันธุ์อ้อย
- ค. การปรับปรุงพื้นที่ปลูกอ้อยเพื่อการค้า
- ง. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของอ้อย

การสังเคราะห์

30. จากสถานการณ์ข้างต้น สรุปได้ว่าอย่างไร

- ก. อ้อยที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์มาจากพันธุ์อ้อยเพียง 23 พันธุ์
- ข. อ้อยทุกสายพันธุ์มีต้นกำเนิดมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน
- ค. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์คือความหลากหลายทางพันธุกรรม
- ง. เป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์คือการทำให้อ้อยมีลักษณะดีเด่นที่หลากหลายอยู่ในต้นเดียวกัน



ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

สถานการณ์ที่ 8 ใช้ตอบคำถามข้อ 29-32

หลังจากได้รับคอมพิวเตอร์เป็นของขวัญวันเกิดจากพ่อและแม่ “ต้อม”...เด็กชายวัย 13 ปี เริ่มเก็บตัวเงียบในห้อง เมื่อแม่ถามว่าทำอะไรอยู่ เขามักจะตอบว่าอาจารย์ที่โรงเรียนให้หาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเพื่อทำรายงาน โดยหารู้ไม่ว่าแท้จริงแล้ว ต้อมได้ท่องโลกไปกับสิ่งที่ไม่เหมาะสมสำหรับเด็กวัยอย่างเขาเลย เขาจจดจ่ออยู่กับเกมที่ใช้ความรุนแรง ภาพโป๊ และการเข้าไปในห้องสนทนา พูดคุยในเรื่องที่ไร้สาระและไม่เหมาะสม

29. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้มากที่สุดคือข้อใด

- ก. การโกหกพ่อแม่
- ข. การเก็บตัวเงียบในห้อง
- ค. การเรียกร้องของขวัญจากพ่อแม่
- ง. การเล่นเกมอินเทอร์เน็ตในทางที่ไม่เหมาะสม

30. จากสถานการณ์ข้อความใดเป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียน

- ก. ต้อมได้รับคอมพิวเตอร์เป็นของขวัญ
- ข. ต้อมเด็กชายวัย 13 ปี เริ่มเก็บตัวในห้อง
- ค. ต้อมใช้เวลากับการเล่นเกมคอมพิวเตอร์
- ง. ต้อมได้ท่องโลกไปกับสิ่งที่ไม่เหมาะสมสำหรับเด็กวัยอย่างเขาเลย

31. ข้อใดเป็นวิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่ดีที่สุด

- ก. ไม่ให้เด็กใช้คอมพิวเตอร์
- ข. จำกัดเวลาการใช้คอมพิวเตอร์
- ค. หลีกเลี่ยงให้เด็กใช้คอมพิวเตอร์
- ง. เปลี่ยนที่วางคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในสายตาผู้ปกครอง

32. ข้อสรุปที่ดีที่สุดสำหรับสถานการณ์คือข้อใด

- ก. อินเทอร์เน็ตมีทั้งประโยชน์และโทษ
- ข. การให้เด็กใช้คอมพิวเตอร์มีแต่อันตราย
- ค. ผู้ปกครองต้องดูแลการใช้คอมพิวเตอร์ของเด็ก
- ง. โลกอินเทอร์เน็ตมีแต่สิ่งที่ไม่เหมาะสมสำหรับเด็ก

แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมโดยเน้นการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์หรือเห็นความสำคัญในการรักษาสิ่งแวดล้อมของดิน น้ำ อากาศและทัศนียภาพให้อยู่ในสภาพดี ซึ่งมีข้อความในแบบวัดทั้งหมด 30 ข้อความ ใช้เวลาในการตอบ 30 นาที

2. การตอบแบบสอบถามให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่มีข้อความว่า เห็นด้วย อย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งเพียงข้อความเดียวที่ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียน ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้จะไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียนแต่อย่างใด ดังนั้นขอให้นักเรียนตอบตามความเป็นจริงมากที่สุด

ตัวอย่าง

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่ เห็นด้วย	ไม่ เห็นด้วย อย่างยิ่ง
00	เราควรบำรุงดินโดยการใส่ปุ๋ย วิทยาศาสตร์		✓			

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่ เห็นด้วย	ไม่ เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1	การอนุรักษ์ดิน เราควรบำรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ให้มากพอเพื่อให้ดินมีแร่ธาตุอาหารมากขึ้น					
2	การเผาใบอ้อยก่อนการไถช่วยให้การ ทำงานของเกษตรกรรวดเร็วยิ่งขึ้น					
3						
9	การอนุรักษ์น้ำ นักเรียนตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำใน บ้านอย่างสม่ำเสมอ					
10	นักเรียนคิดว่าการอนุรักษ์น้ำไม่ใช่เรื่อง จำเป็นเพราะมีแหล่งน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก					
11						
18	การอนุรักษ์อากาศ นักเรียนเลือกที่จะตัดอ้อยไฟไหม้มากกว่า อ้อยสดเพราะตัดได้ง่ายและได้ค่าแรง มากกว่า					
19	การเผาอ้อยหรือซังข้าวเป็นเรื่องปกติของ เกษตรกรในการกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการ					
20						
25	การอนุรักษ์ทัศนียภาพ รถบรรทุกอ้อยที่มีผ้าคลุมรถถือว่า มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม					
26	การบรรทุกอ้อยให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เป็นการประหยัดพลังงานในการขนส่ง					
27						
30	การที่อ้อยจากรถบรรทุกตกลงบนพื้นถนน ถือเป็นเรื่องปกติเพราะอ้อยเป็นวัสดุที่ย่อย สลายได้					

ขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือ

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรบูรณาการแบบ STEM รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง อ้อย สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีข้อความทั้งหมด 22 ข้อให้เวลาตอบ 20 นาที
2. การสอบถามในครั้งนี้จะไม่นำคะแนนไปใช้ในการตัดสินผลการเรียนของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เนื่องจากไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิดแต่อย่างใด
3. การตอบแบบสอบถามให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความพึงพอใจที่มีข้อความว่า มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อยและน้อยที่สุดเพียงข้อความเดียวที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านเนื้อหา/สาระการเรียนรู้						
1	การนำเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกัน ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น					
2	เนื้อหาที่เรียนสอดคล้องกับชีวิตจริง					
3	เนื้อหาในหลักสูตรช่วยทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน					
4	เนื้อหาในหลักสูตรช่วยทำให้นักเรียนเห็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน					
5	การเรียนรู้เนื้อหาตามหลักสูตรเน้นความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ					
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
6	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันดี					
7	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม					
8	นักเรียนได้สรุปความรู้ด้วยตนเอง					
9	รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย					

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
10	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการคิด					
11	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออก					
12	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผล					
13	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน					
14	กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง					
ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้						
15	สื่อ/แหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา					
16	สื่อ/แหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้					
17	สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย					
18	นักเรียนได้ค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติมเสมอในการเรียนรู้ตามหลักสูตร					
19	นักเรียนมีโอกาสได้จัดหาหรือสร้างสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาด้วยตนเอง					
ด้านการวัดและประเมินผล						
20	การวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย					
21	นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงาน					
22	นักเรียนมีโอกาสนำผลการประเมินมาปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบสัมภาษณ์แบบเจาะลึก
ความคิดเห็นของครูผู้ร่วมวิจัยที่มีต่อหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา
เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

การสัมภาษณ์ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นครูผู้ร่วมวิจัยในการทดลองใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อนำความคิดเห็นรวมทั้งข้อเสนอแนะที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงหลักสูตรบูรณาการให้มีประสิทธิภาพ โดยแบบสัมภาษณ์ฉบับนี้ประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ให้สัมภาษณ์

1. ชื่อ (นาย, นาง, นางสาว)..... นามสกุล.....
 2. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
 3. ระดับการศึกษาสูงสุด.....
 4. สถานที่ทำงาน.....
 5. ประสบการณ์การทำงาน.....ปี
 6. ประสบการณ์ด้านการสอนวิทยาศาสตร์.....ปี
- วันที่สัมภาษณ์.....เดือน.....พ.ศ. เวลา.....น. ถึง.....น.
 สถานที่สัมภาษณ์.....ผู้สัมภาษณ์.....

ส่วนที่ 2 ประเด็นคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็นที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย

1. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นต่อไปนี้ที่นำมาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 E อย่างไร

- เทคนิคหรือวิธีการที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เช่น การใช้ผังมโนทัศน์ กระบวนการกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมติ ความเหมาะสมของกระบวนการจัดการเรียนรู้กับเนื้อหา

.....

.....

.....

.....

2. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาที่นำมาใช้จัดการเรียนรู้ในประเด็นต่างๆ เหล่านี้อย่างไร

- ความต่อเนื่องของเนื้อหา

.....

.....

.....

- ความสอดคล้องของเนื้อหากับประสบการณ์ของผู้เรียน

.....

.....

.....

- ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับชั้น

.....

.....

.....

- ความเหมาะสมของเนื้อหากับเวลา

.....

.....

.....

- ความเหมาะสมของการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของ 4 รายวิชา

.....

.....

.....

3. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อและแหล่งเรียนรู้ที่นำมาใช้จัดการเรียนรู้ในประเด็นต่างๆ เหล่านี้
อย่างไร

- ความหลากหลายของสื่อ / แหล่งเรียนรู้

.....

.....

.....

- ความสอดคล้องของสื่อ/แหล่งเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

.....

.....

.....

- ความน่าสนใจของสื่อ/แหล่งเรียนรู้

.....

.....

4. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่นำมาใช้จัดการเรียนรู้ในประเด็นต่างๆ เหล่านี้
อย่างไร

- การมีส่วนร่วมในการประเมินของผู้เรียน

.....

.....

.....

- รูปแบบที่ใช้ในการประเมิน

.....

.....

.....

5. ท่านคิดว่าควรมีการปรับวิธีการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา สื่อและแหล่งเรียนรู้ ตลอดจนการวัดและ
ประเมินผลอย่างไรบ้าง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ให้ดีขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

แบบบอเหตุ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ..... กิจกรรม เรื่อง.....

1. สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมในครั้งนี้คือ

.....

.....

.....

.....

2. สิ่งที่ยากเรียนรู้เพิ่มเติม คือ

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรต่อการจัดกิจกรรมในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงสร้างหลักสูตร
ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 16 ผลการประเมินความเหมาะสมของโครงสร้างหลักสูตร

ประเด็นที่พิจารณา	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
1. สภาพปัญหาและความจำเป็น ของหลักสูตร								
1.1 มีความสมเหตุสมผล	4	5	4	4	4	4.20	0.45	มาก
1.2 มีความสอดคล้องกับสภาพความ จำเป็นของสังคมในปัจจุบัน	3	4	4	4	4	3.80	0.45	มาก
1.3 มีความจำเป็นต้องพัฒนา หลักสูตร	3	4	4	4	4	3.80	0.45	มาก
2. หลักการของหลักสูตร								
2.1 ความเป็นไปได้	4	5	4	4	5	4.20	0.55	มาก
2.2 สามารถนำไปใช้ได้จริง	4	5	4	4	5	4.40	0.55	มาก
2.3 มีแนวคิดทฤษฎีพื้นฐานรองรับ	3	4	4	4	4	3.80	0.45	มาก
3. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร								
3.1 มีความชัดเจน	4	5	4	5	4	4.40	0.55	มาก
3.2 ความเป็นไปได้ในการนำไป ปฏิบัติจริง	4	5	3	4	5	4.20	0.84	มาก
3.3 เหมาะสมกับความต้องการของ สังคมปัจจุบัน	3	4	4	4	5	4.00	0.71	มาก
3.4 เหมาะสมสำหรับนักเรียน	3	4	3	4	4	3.60	0.55	มาก
4. โครงสร้างหลักสูตร								
4.1 ครอบคลุมเนื้อหาและ กระบวนการที่ต้องการพัฒนา	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 การจัดเรียงลำดับเนื้อหา มีความ เหมาะสม	4	5	4	5	4	4.40	0.55	มาก
4.3 เนื้อหาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	4	4	4	4.00	0.00	มาก
4.4 ระยะเวลาที่กำหนดมีความ เหมาะสมกับหน่วยการเรียนรู้	3	5	3	4	4	3.80	0.84	มาก

ตาราง 16 (ต่อ)

ประเด็นที่พิจารณา	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
5. แนวทางการจัดกิจกรรม การเรียนรู้								
5.1 ความเป็นไปได้	4	5	4	5	5	4.40	0.55	มาก
5.2 มีความหลากหลาย	4	5	4	4	4	4.20	0.45	มาก
5.3 เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	5	3	5	4	4.20	0.84	มาก
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
6.1 มีความหลากหลาย	4	5	3	4	4	4.00	0.71	มาก
6.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
6.3 ส่งเสริมการเรียนรู้บรรลุ จุดมุ่งหมาย	4	5	4	4	4	4.20	0.45	มาก
7. การวัดและประเมินผล								
7.1 ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน	4	5	3	4	4	4.00	0.71	มาก
7.2 สามารถตรวจสอบการบรรลุ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	4	5	3	4	4	4.00	0.71	มาก
7.3 เหมาะสมสำหรับนักเรียน	4	5	4	5	4	4.40	0.55	มาก
รวม						3.74	0.59	มาก

ตาราง 18 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ประเด็นที่พิจารณา	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 มารูจักอ้อย กันเถอะ								
1. ความสอดคล้องขององค์ประกอบ ของแผนฯ								
1.1 เนื้อหาตรงตามหลักสูตร	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหา	4	3	5	5	3	4.00	1.00	มาก
1.4 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
1.5 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	3	5	5	5	4.40	0.89	มาก
1.6 การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
1.7 การวัดและการประเมินผล สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
2. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจ ง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ เวลาที่กำหนด	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
2.4 กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหา และกระบวนการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์	4	2	4	4	4	3.60	0.89	มาก
2.5 กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริม การคิดให้แก่ผู้เรียน	5	3	5	5	4	4.40	0.89	มาก

ตาราง 18 (ต่อ)

ประเด็นที่พิจารณา	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	4	3	5	5	4	4.20	0.84	มาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4	3	4	5	4	4.00	0.71	มาก
4. การวัดและประเมินผล								
4.1 การวัดและประเมินผลเป็นการ ประเมินตามสภาพจริง	4	3	4	4	4	3.80	0.45	มาก
4.2 ใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่ หลากหลาย	3	3	3	4	5	3.60	0.89	มาก
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เก็บเกี่ยวดีมีผล กำไร								
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2.1								
1. ความสอดคล้องขององค์ประกอบ ของแผนฯ								
1.1 เนื้อหาตรงตามหลักสูตร	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มาก
1.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหา	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มาก
1.4 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
1.5 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
1.6 การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	4	4	5	4.00	0.71	มาก
1.7 การวัดและการประเมินผล สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก

ตาราง 18 (ต่อ)

ประเด็นที่พิจารณา	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
2. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจ ง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ เวลาที่กำหนด	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
2.4 กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหา และกระบวนการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์	4	3	4	4	4	3.80	0.45	มาก
2.5 กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริม การคิดให้แก่ผู้เรียน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	3	4	4	4	4	3.80	0.45	มาก
4. การวัดและประเมินผล								
4.1 การวัดและประเมินผลเป็นการ ประเมินตามสภาพจริง	4	3	4	4	4	3.80	0.45	มาก
4.2 ใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่ หลากหลาย	3	3	4	4	5	3.80	0.84	มาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2.2								
1. ความสอดคล้องขององค์ประกอบ ของแผนฯ								
1.1 เนื้อหาตรงตามหลักสูตร	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหา	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด

ตาราง 18 (ต่อ)

ประเด็นที่พิจารณา	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
1.4 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.5 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
1.6 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
1.7 การวัดและการประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
2. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
2.4 กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหาและกระบวนการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	4	3	4	4	4	3.80	0.45	มาก
2.5 กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมการคิดให้แก่ผู้เรียน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	3	3	4	4	4	3.60	0.55	มาก
4. การวัดและประเมินผล								
4.1 การวัดและประเมินผลเป็นการประเมินตามสภาพจริง	4	3	4	4	4	3.80	0.45	มาก
4.2 ใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	3	3	3	5	5	3.80	1.09	มาก

ตาราง 18 (ต่อ)

ประเด็นที่พิจารณา	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 อ้อยนั้นสำคัญ ไหน								
1. ความสอดคล้องขององค์ประกอบ ของแผนฯ								
1.1 เนื้อหาตรงตามหลักสูตร	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
1.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหา	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
1.4 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4	4	3	5	5	4.20	0.84	มาก
1.5 สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนรู้	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
1.6 การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
1.7 การวัดและการประเมินผล สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	4	5	5	4.20	0.84	มาก
2. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจ ง่ายสามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ เวลาที่กำหนด	4	3	3	4	5	3.80	0.84	มาก
2.4 กิจกรรมมีการบูรณาการเนื้อหา และกระบวนการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์	4	3	5	4	4	4.00	0.71	มาก
2.5 กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริม การคิดให้แก่ผู้เรียน	4	3	4	4	4	3.80	0.45	มาก

ตาราง 18 (ต่อ)

ประเด็นที่พิจารณา	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	ผลการ ประเมิน
	1	2	3	4	5			
2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	4	3	5	5	4	4.20	0.84	มาก
3. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	3	3	4	5	4	3.80	0.84	มาก
4. การวัดและประเมินผล								
4.1 การวัดและประเมินผลเป็น การประเมินตามสภาพจริง	4	3	4	5	4	4.00	0.71	มาก
4.2 ใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่ หลากหลาย	3	3	3	5	5	3.80	1.09	มาก



ภาคผนวก จ

ผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

ตาราง 19 ผลการประเมินความสอดคล้องรายข้อ (IC) ความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) และ
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อ้อย

ข้อ ที่	ผลการประเมินความ คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5					
1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.54	0.43
2	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.61	0.29
3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.57	0.43
4	1	1	1	1	1	4	1.0	สอดคล้อง	0.41	0.39
5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.41	0.39
6	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.45	0.75
7	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.38	0.61
8	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.66	0.39
9	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.54	0.43
10	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.41	0.46
11	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.32	0.21
12	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.39	0.50
13	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.48	0.39
14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.41	0.32
15	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.68	0.36
16	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.43	0.29
17	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.46	0.29
18	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.38	0.39
19	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.52	0.46
20	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.45	0.46
21	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.61	0.21
22	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.32	0.29
23	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.34	0.39
24	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.52	0.25
25	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.50	0.57
26	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.57	0.21

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อ ที่	ผลการประเมินความ คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5					
27	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.38	0.39
28	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.55	0.46
29	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.30	0.32
30	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.52	0.54

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ = .781



ตาราง 20 ผลการประเมินความสอดคล้องรายข้อ (IC) ความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) และ
ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ข้อ ที่	ผลการประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5					
1	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.37	0.43
2	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.27	0.32
3	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.38	0.35
4	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.20	0.41
5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.37	0.27
6	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.41	0.24
7	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.38	0.30
8	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.44	0.22
9	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.30	0.30
10	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.27	0.43
11	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.22	0.43
12	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.38	0.35
13	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.20	0.24
14	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.25	0.32
15	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.41	0.22
16	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.32	0.24
17	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.23	0.41
18	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.29	0.30
19	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.42	0.30
20	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.47	0.22
21	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.23	0.35
22	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.24	0.32
23	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.21	0.51
24	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.23	0.51
25	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.36	0.21
26	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.20	0.24

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อ ที่	ผลการประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5					
27	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.26	0.30
28	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.33	0.46
29	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.36	0.30
30	1	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.20	0.24
31	0	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.26	0.30
32	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.33	0.46
33	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.23	0.30
34	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.23	0.30
35	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.26	0.24
36	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.28	0.22
37	1	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.37	0.22
38	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง	0.27	0.32
39	0	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.33	0.30
40	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	0.33	0.59

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ = .727

ตาราง 21 ผลการประเมินความสอดคล้องรายข้อ (IC) ของแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อ ที่	ผลการประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าอำนาจจำแนก (t)
	1	2	3	4	5				
1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	4.831
2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.234
3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.795
4	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.496
5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.230
6	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.666
7	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	3.477
8	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.051
9	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.447
10	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.713
11	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	1.938
12	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.154
13	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	3.447
14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.550
15	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.250
16	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	3.064
17	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.099
18	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	3.010
19	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	3.735
20	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	3.106
21	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.261
22	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.398
23	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.231
24	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.132
25	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.067
26	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.051

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อ ที่	ผลการประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าอำนาจจำแนก (t)
	1	2	3	4	5				
27	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.670
28	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.589
29	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	2.088
30	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง	11.974

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ = .747



ตาราง 22 ผลการประเมินความสอดคล้องรายข้อ (IC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน
ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

ข้อ ที่	ผลการประเมินความ คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าอำนาจจำแนก (t)
	1	2	3				
1	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	6.096
2	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.197
3	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.962
4	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	3.747
5	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	4.434
6	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.212
7	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	3.225
8	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.493
9	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	4.742
10	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.593
11	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	3.747
12	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.826
13	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.826
14	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	3.403
15	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.431
16	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.431
17	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	3.349
18	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.431
19	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.826
20	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.750
21	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.962
22	1	1	1	3	1.0	สอดคล้อง	2.962

ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ = .968

ตาราง 23 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหลักสูตรฯ

ข้อ ที่	ผลการประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในการปรับปรุงแบบสัมภาษณ์ฯ

ปรับเพิ่มข้อคำถามข้อที่ 1 ที่ว่า “ท่านมีความคิดเห็นในประเด็นต่อไปนี้อย่างไร” เป็นระบุให้ชัดเจนว่า “ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นต่อไปนี้ที่นำมาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 E อย่างไร”



ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้



การทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหญ้าและอ้อย



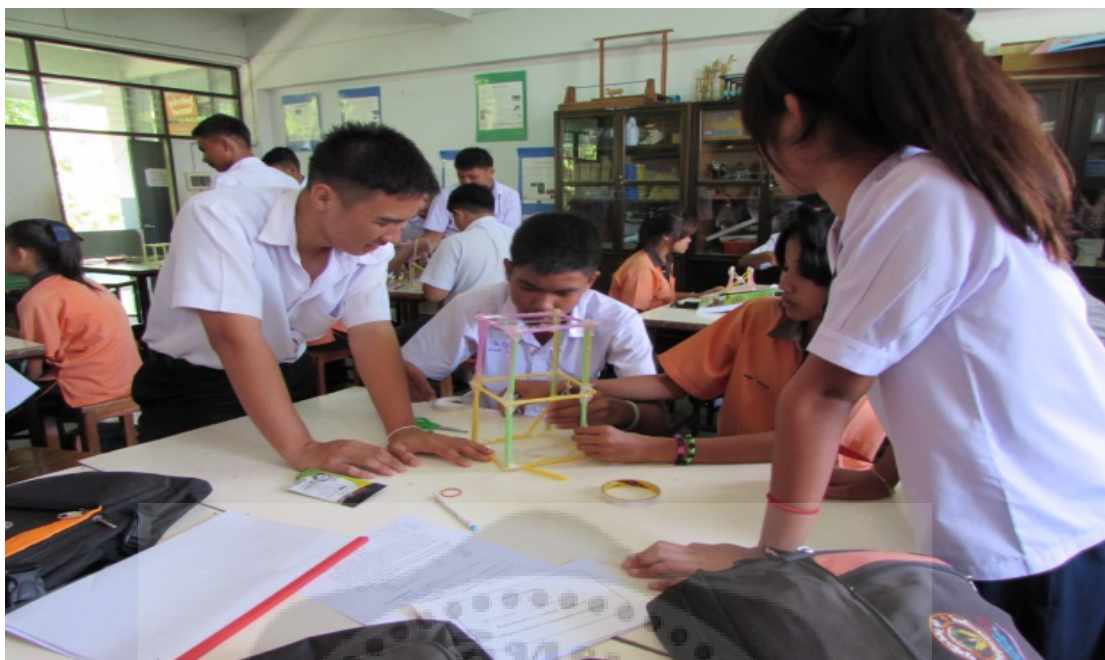
การระดมสมองเพื่อเปรียบเทียบผลดี ผลกระทบของการตัดอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้



การนำเสนอผลการอภิปรายกลุ่มหน้าชั้นเรียน



กิจกรรม “ระบบน้ำหยดอย่างง่าย”



การต่อหลอดโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ในกิจกรรม “ฐานวางถังน้ำ”



กิจกรรม “วางได้ไหมเอ๋ย”



ภาคผนวก ช

ตัวอย่างผลงานนักเรียน

ชื่อ.....อ.ณ.ณัณพ.....วิชา.....เลขที่ 37.....กลุ่มที่ 1.....

ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ส่วนประกอบของอ้อยและหญ้า

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตลักษณะของส่วนต่างๆ ของอ้อยและหญ้า จากนั้นวาดภาพ บันทึกสิ่งที่สังเกตได้พร้อมบอกหน้าที่ของส่วนประกอบนั้นลงในตาราง

ส่วนประกอบ	ภาพวาด		การเปรียบเทียบ	หน้าที่
	อ้อย	หญ้า		
ราก			รากอ้อยและรากหญ้ามีรากฝอยเหมือนกัน. แตกต่างตรงรากตื้น.	ลำเลียงน้ำ และอาหารเพื่อการเจริญเติบโต.
ใบ			ใบมีรูปร่างเหมือนกัน. แตกต่างตรงขนาด.	สังเคราะห์แสงเพื่อการเจริญเติบโต.
ลำต้น			ลำต้นมีปล้องคล้ายกัน. แตกต่างตรงขนาด.	ลำเลียงน้ำ และแร่ธาตุ
ดอก			ดอกแตกต่างกัน. เพราะมีลักษณะต่างกัน.	สืบพันธุ์

จากข้อความที่ว่า "อ้อยเป็นพืชในตระกูลเดียวกับหญ้า" ☒ เชื่อถือได้ ☐ เชื่อถือไม่ได้ เพราะ.....
 หญ้าและอ้อยมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

หลักฐานสนับสนุน มีรากแน่นรากฝอยเหมือนกัน มีใบเรียวยาวเหมือนกัน มีลำต้นเหมือนกัน

30/1/57

ใบกิจกรรมที่ 1.6
เรื่อง ฐานวางถังน้ำ

กลุ่มที่ 6 ชั้น ม.3/5
สมาชิก 1. ด.ช. ธนภดล แยมไธสง
2. ด.ช. เอกวิธาน รัตนธา
3. ด.ญ. กุณยธิดา ศิริชัย
4. ด.ญ. รัตติกาล กิ่งศิริ
5. ด.ญ. ศิริรัตน์ ภูษา

คำชี้แจง : ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้

ลุงสินต้องการติดตั้งระบบน้ำหยดเพื่อให้น้ำแก่อ้อยที่ปลูกไว้จำนวน 3 ไร่ ซึ่งการสร้างแหล่งจ่ายน้ำถาวรให้แก่ระบบน้ำหยดนั้นจะต้องใช้พื้นที่และเงินในการขุดเจาะจำนวนมาก แต่ลุงสินมีเงินและที่ดินไม่พอ จึงตัดสินใจใช้ถังน้ำพลาสติกขนาด 200 ลิตรเป็นแหล่งจ่ายน้ำแทนซึ่งการทำให้น้ำมีแรงดันมากพอที่จะส่งไปให้แก่อ้อยได้อย่างทั่วถึงนั้น จะต้องวางถังน้ำบนฐานที่มีความสูงที่เหมาะสม ดังนั้น ลุงสินจึงปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในการวางแผนและออกแบบรูปร่างของฐานรวมทั้งคำนวณจำนวนของแท่งเหล็กที่ต้องใช้ในการก่อสร้างเพื่อให้ได้ฐานวางถังน้ำที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด

ถ้านักเรียนเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบฐานวางถังน้ำให้กับลุงสิน โดยใช้อุปกรณ์น้อยที่สุดในการสร้างฐานที่มีความสูงมากที่สุดและสามารถรองรับน้ำหนักของถังน้ำขนาด 200 ลิตรได้จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ ต่อไปนี้

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| 1. หลอดดุน้ำยาว 15 เซนติเมตร จำนวน | 30 หลอด |
| 2. เทปใส | 1 ม้วน |
| 3. กรรไกร | 1 อัน |
| 4. แก้วพลาสติกใส่น้ำปริมาตร | 200 cm^3 |



คำถามก่อนทำกิจกรรม

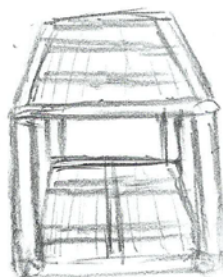
1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

เราทำอย่างไรให้ฐานสูงและ สามารถรับน้ำหนักได้ดีที่สุด

2. เงื่อนไขของการแก้ปัญหาคืออะไร

ให้หลอดพลาสติกไม่เกิน 30 หลอด เพื่อใช้รองรับน้ำหนักของถังน้ำ
จำนวน 2 เล่ม ได้พอดี

กิจกรรมที่ 1 : ให้นักเรียนช่วยกันออกแบบ และวาดภาพแสดงผลการออกแบบลงในกรอบด้านล่างนี้



กิจกรรมที่ 2 : ให้นักเรียนสร้างฐานวางตั้งน้ำจากอุปกรณ์ที่กำหนดให้มีความสูงมากที่สุด โดยใช้
จำนวนหลอดน้อยที่สุดและสามารถวางแก้วน้ำที่มีน้ำอยู่ 200 cm³ ได้นาน 5 วินาที

เงื่อนไข : 1. เทปใสที่ใช้สำหรับการต่อหลอดตูดน้ำเข้าด้วยกันเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นักเรียนใช้เทปใส
ในการยึดหลอดให้ติดกับพื้นโต๊ะ

2. การวัดความสูงของฐานจะวัดจากจุดที่ฐานสัมผัสกับพื้นไปถึงก้นภาชนะที่ใช้ทดสอบ
ความแข็งแรงของฐานวางตั้งน้ำเท่านั้น

บันทึกผลการทำกิจกรรม

จำนวนหลอดที่ใช้.....29.....หลอด

ความสูงของฐานวางตั้งน้ำที่วัดได้.....25.....เซนติเมตร

- หากมีโอกาสในการทำกิจกรรมนี้อีกครั้ง นักเรียนต้องการแก้ไขหรือปรับปรุงในเรื่องใดบ้าง เพราะ
เหตุใด และจะปรับปรุงอย่างไร

ปรับปรุงฐานเพราะฐานไม่ค่อยแข็งแรง

ใบกิจกรรมที่ 2.4
เรื่อง การเผาอ้อยก่อนตัด

ชื่อ อ.ญ. เพลินทิพย์ เพลินทิพย์ ชั้น ม.๒๕ เลขที่ ๒๕

คำชี้แจง : ให้แต่ละกลุ่มอ่านข้อความต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

ในปัจจุบัน เกษตรกรชาวไร่อ้อยนิยมเผาอ้อยก่อนตัดกันเป็นจำนวนมากทำให้เกิดผลกระทบในด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์เนื่องจากสูญเสียธาตุไนโตรเจนในใบอ้อยหลังการเผา อ้อยถูกทำลาย วัชพืชและแมลงที่เป็นศัตรูพืชเกิดการระบาดอย่างรวดเร็ว เกษตรกรจึงต้องจ่ายเงินเพื่อซื้อสารเคมีในการกำจัดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หมอกควันที่เกิดขึ้นจากการเผายังส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศและทัศนียภาพในบริเวณรอบ ๆ ซึ่งการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่หน่วยงานภาครัฐไปจนถึงเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยรวมทั้งพวกเราในฐานะเยาวชนลูกหลานของเกษตรกรที่ต้องร่วมมือกันในการพัฒนาการเกษตรให้เป็นไปอย่างยั่งยืน เพื่อให้ประเทศไทยสามารถส่งออกผลผลิตจากอ้อยได้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดการค้าโลกที่มีมาตรการกีดกันทางการค้ากับผลผลิตที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1. จุดมุ่งหมายของข้อความนี้คืออะไร

จุดมุ่งหมายของข้อความนี้คือ การเตือนให้เกษตรกรงดใช้ไฟไม่ก่อไฟเผา

2. บุคคลใดบ้างที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการเผาอ้อยก่อนตัด

หน่วยงานภาครัฐ ไม่แก้งเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย รวมทั้งเกษตรกรในฐานะเกษตรกรคนรุ่นใหม่ของเกษตรกร

3. นักเรียนจะมีแนวทางการป้องกันไม่ให้เกษตรกรเผาอ้อยก่อนตัดได้อย่างไรบ้าง

3.1 เทคโนโลยีที่นำมาใช้

ใช้รถตัดอ้อยแทนการใช้คนงาแก้อ้อยโดยเกษตรกร

ใช้เครื่องสูบลมอ้อย ผ่นหญ้าที่อ้อยสดได้สะดวกขึ้น โดยไม่ก่อไฟเผา

3.2 บทบาทหรือนโยบายของบุคคลที่เกี่ยวข้อง

- เกษตรกร : ตัดอ้อยสด

- หน่วยงานภาครัฐ : กำกับงานตัดอ้อยเกษตรกรอ้อยแก่หน้าทาด คนเพิ่มค่าอ้อยสด เพื่อเกษตรกรคนรุ่นต่อไป

- หน่วยงานภาค : คนไม่ซื้ออ้อยสดสุด ลดการเผาอ้อยไป 1 แล

- คนตัดอ้อย : ตัดอ้อยสด ไม่ก่อไฟเผา สิ้นสุดการเผาอ้อยหน้าทาดได้จากเกษตรกรคนรุ่นต่อไป

คำขวัญ

1. ลดมลพิษทางอากาศ เกษตรกรทั้งชาติ ช่วยกันตัดอ้อยสด
2. มลพิษจะหมดไป หากคนไทยตัดอ้อยสด
3. ตัดอ้อยสดได้ มีรายได้ รวมพลตัดอ้อยสด
4. รักสิ่งแวดล้อม พร้อมใจกันตัดอ้อยสด... อดการเผา

คำขวัญ

ลดมลพิษ ลดมลพิษ
เพื่อชีวิตคนไทยที่ยั่งยืน

ตัวอย่างคำขวัญรณรงค์การตัดอ้อยสด



ตัวอย่างการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำตาลอ้อย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว
วันเดือนปีเกิด	12 ธันวาคม 2517
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	146 หมู่ 9 ตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี 72000
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
สถานที่ทำงานในปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านหนองขาม ตำบลหนองขาม อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี 72240
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535	ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสงวนหญิง จังหวัดสุพรรณบุรี
พ.ศ. 2539	ครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) เกียรตินิยมอันดับ 1 จากสถาบันราชภัฏนครปฐม
พ.ศ. 2545	การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2558	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ