

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

วิทยานิพนธ์

ของ

สิริยาพร พลเล็ก

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

มิถุนายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

CREATIVE THINKING DEVELOPMENT OF MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS ON
THE TOPIC OF CHEMISTRY OF LIVING ORGANISMS BASED ON STEM
EDUCATION AND SUFFICIENCY ECONOMY PHILOSOPHY

BY
SIRIYAPORN PHONLEK

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirement for
The Master of Education Degree in Education Program in Science Teaching
At Sakon NaKhon Rajabhat University

June 2020

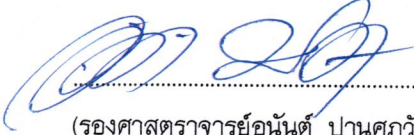
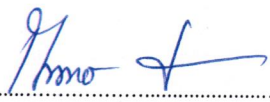
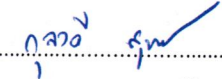
All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมี่ที่เป็น
พื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญา
เศรษฐกิจพอเพียง
ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ สิริยาพร พลเล็ก

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการสอบ (รองศาสตราจารย์อนันต์ ปานศุภวัชร)	 กรรมการสอบและ (ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล)	กรรมการสอบและ ประธานที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์
 กรรมการสอบ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เถาทอง ปานศุภวัชร) แต่งตั้งเพิ่มเติม	 กรรมการสอบและ (ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์)	กรรมการสอบและ กรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์
 กรรมการสอบและ (ดร.สกลรัตน์ สวัสดิ์มูล)		ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว


.....
(ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล)
ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรธัญญกรณ์)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 9 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง จาก ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล และดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้กำลังใจและแนวคิด ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้น จนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตา และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธราเทพ เตมีรักษ์ อาจารย์สาขาวิชา การศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ผู้เชี่ยวชาญด้านความคิด สร้างสรรค์ นางสาวสุภาณี วรรณธู ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสนธิ-ราษฎร์วิทยา นางสาวศิริพร เอกสะพัง ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและแก้ไข เครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ นายอร่าม คุณกุลรัตน์ ผู้อำนวยการโรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” คณะครู นักเรียน โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ที่ได้ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เพื่อนสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ รุ่น 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณครอบครัว ที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ เป็นกำลังใจในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่มีต่อการพัฒนาคุณภาพ การศึกษา ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา บุรพคณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยมีความเพียรพยายามในการ จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี

สิริยาพร พลเล็ก

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
ผู้วิจัย	สิริยาพร พลเล็ก
กรรมการที่ปรึกษา	ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์
ปริญญา	ค.ม. การสอนวิทยาศาสตร์
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปีที่พิมพ์	2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) สร้างการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียน และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 30 คน จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples) แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัยพบว่า

1. การจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.86/80.46 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70

คำสำคัญ: ความคิดสร้างสรรค์ สะเต็มศึกษา ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

TITLE	Creative Thinking Development of Mathayomsuksa 4 Students on the Topic of Chemistry of Living Organisms Based on STEM Education and Sufficiency Economy Philosophy
AUTHOR	Siriyaporn Phonlek
ADVISORS	Dr.Arunrat Khamhaengpol Dr.Kulwadee Suwannatrai
DEGREE	M.Ed. (Teaching Science)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2020

ABSTRACT

The purposes of this research were to: 1) develop learning management using lesson plans on the topic of Chemistry of Living Organisms based on STEM education and sufficiency economy philosophy to meet an efficiency of 75/75, 2) compare the creative thinking of Mathayomsuksa 4 students before and after the intervention, 3) compare the learning achievement of Mathayomsuksa 4 students before and after the intervention, and 4) examine the satisfaction of Mathayomsuksa 4 students toward the developed learning management. The sample, obtained through cluster random sampling, consisted of 30 Mathayomsuksa 4 students from Nawapittayakhom “Thatprasitprachanukroh” School in the first semester of academic year 2019. The instruments included lesson plans, a creativity test, a learning achievement test, and a satisfaction assessment form. Statistics employed in this research, including percentage, mean, standard deviation, and t-test for Dependent Samples.

The findings were as follows:

1. The developed learning management on the topic of Chemistry of Living Organisms using lesson plans based on STEM education and sufficiency

economy philosophy for Mathayomsuksa 4 students achieved an efficiency of 82.86/80.46, which was higher than the set criteria of 75/75.

2. The creative thinking of Mathayomsuksa 4 students after the intervention was higher than that of before, at a .01 level of significance.

3. The learning achievement of Mathayomsuksa 4 students after the intervention was higher than that of before, at a .01 level of significance.

4. The satisfaction of Mathayomsuksa 4 students toward the developed learning management was at the highest level, with a mean score of 4.70.

Keywords: Creative Thinking, STEM Education, Sufficiency Economy Philosophy

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
คำถามของการวิจัย	5
ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
สมมติฐานของการวิจัย	6
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตของการวิจัย	7
กรอบแนวคิดของการวิจัย	9
นิยามศัพท์เฉพาะ	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	17
หลักการของหลักสูตร	17
จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	17
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	18
คุณลักษณะอันพึงประสงค์	18
การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	19
ความสำคัญของวิทยาศาสตร์	19
เป้าหมายของวิทยาศาสตร์	20
สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	21
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	21
คุณภาพผู้เรียน	24
ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	37
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	42
ความหมายของสะเต็มศึกษา	42
แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา	43
จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	46
แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	46
การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	51
ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	54
ความหมายของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	54
หลักการของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	55
การประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	56
ความคิดสร้างสรรค์	57
ความหมายของความคิดสร้างสรรค์	57
แนวคิดและทฤษฎีของความคิดสร้างสรรค์	58
องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์	62
วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์	64
ความสัมพันธ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	65
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	65
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	65
ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	66
ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	67
ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี	68
การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	69

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย	70
ความหมายของประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย	70
การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย	71
ความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้	72
ความหมายของความพึงพอใจ	72
การวัดระดับความพึงพอใจ	73
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	74
งานวิจัยในประเทศ	74
งานวิจัยต่างประเทศ	77
3 วิธีดำเนินการวิจัย	81
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	81
แบบแผนการวิจัย	82
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	82
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	83
การเก็บรวบรวมข้อมูล	103
การวิเคราะห์ข้อมูล	104
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	105
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	111
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	111
ขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	112
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	113

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	125
ความมุ่งหมายของการวิจัย	125
สมมติฐานของการวิจัย	126
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	126
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	127
การเก็บรวบรวมข้อมูล	128
การวิเคราะห์ข้อมูล	129
สรุปผลการวิจัย	129
อภิปรายผลการวิจัย	130
ข้อเสนอแนะ	135
บรรณานุกรม	137
ภาคผนวก	147
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญและหนังสือขอความอนุเคราะห์	149
ภาคผนวก ข ผลการประเมินและวิเคราะห์เครื่องมือวิจัย	159
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	177
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	189
ภาคผนวก จ เครื่องมือวิจัย	265
ประวัติย่อของผู้วิจัย	299

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม สาระที่ 4 ชีววิทยา	29
2 กำหนดหน่วยการเรียนรู้ สาระที่ 4 ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	37
3 เปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์	43
4 แบบแผนของการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pre-test and Post-test Design)	82
5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้แกนกลาง จุดประสงค์การเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะสำคัญความคิดสร้างสรรค์ วิธีสอน/กิจกรรมการสอน ภาระงานชิ้นงาน เครื่องมือวัดประเมินผล	84
6 เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	97
7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดกับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย	102
8 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐาน ของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	114
9 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	115
10 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	115

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
11 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	116
12 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	117
13 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต	118
14 ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ	161
15 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้ เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยผู้เชี่ยวชาญ	164
16 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ วัดความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยผู้เชี่ยวชาญ	166
17 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยผู้เชี่ยวชาญ	167

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ กับผลการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	169
19 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ที่ได้จากการทดลองใช้ (Try-out) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ	172
20 ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความ เชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	174
21 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	179
22 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน	181
23 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน	183
24 ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต	185

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	50
3 โครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง	60
4 สมรรถภาพด้านความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด	61
5 นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมขนมถ้วยฟูภายในกลุ่ม	122
6 ผลงานนักเรียนในกิจกรรมขนมถ้วยฟู	122
7 นักเรียนร่วมกันระดมสมองในกิจกรรมภารกิจพิชิตน้ำเสีย	123
8 นักเรียนนำเสนอผลงานในกิจกรรมภารกิจพิชิตน้ำเสีย	123
9 ผลงานความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในกิจกรรม เรื่อง กรดนิวคลีอิก	124
10 ผลงานนักเรียนในกิจกรรมเต้าฮวยฟรุ๊ตสลัด	124

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 ทำให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้จำเป็นต้องมีการพัฒนา เพื่อให้สอดคล้องกับยุคสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลง โดยครูผู้สอนต้องจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น สร้างสรรค์ ทำทลาย และใช้ปัญหาเป็นฐานในการเรียนรู้ การจัดการศึกษาทุกระดับชั้นเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตและการพัฒนานวัตกรรมเพื่อสร้างอาชีพให้แก่เยาวชน นอกจากนั้นยังเป็นการเตรียมความพร้อมด้านกำลังคนให้มีคุณภาพในการเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือ 3R7C โดย 3R ประกอบด้วยความสามารถอ่านออก เขียนได้ และมีทักษะในการคำนวณ ส่วน 7C ประกอบด้วย การมีทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถคิดแก้ปัญหาได้ การคิดอย่างสร้างสรรค์ คิดเชิงนวัตกรรม ความเข้าใจในความแตกต่างของวัฒนธรรม และกระบวนการคิดข้ามวัฒนธรรม ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม ภาวะความเป็นผู้นำ มีทักษะในการสื่อสาร การรู้เท่าทันสื่อ มีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และรู้เท่าทันเทคโนโลยี มีทักษะอาชีพ รวมถึงความเมตตา กรุณา มีคุณธรรม และความมีระเบียบวินัย ซึ่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จะเป็นการกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นที่องค์ความรู้ ทักษะ ความเชี่ยวชาญ และสมรรถนะที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 18-21)

การศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างคน เนื่องจากการศึกษาทำให้คนมีความรู้ ความสามารถ มีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ ตลอดจนพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้า ดังพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติ

และเต็มตามศักยภาพ หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในการเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ยึดมั่นในการปกครองระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษา ต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 4)

ผลการทดสอบการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับชาติ (Ordinary National Educational Test: O-NET) ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ตั้งแต่ปีการศึกษา 2558 ถึงปีการศึกษา 2560 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.12, 29.85 และ 26.34 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ (โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม, 2561, หน้า 5) นอกจากนั้นผลการจัดการศึกษาทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติปี พ.ศ. 2558 ตามโครงการ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) โดยมีการจัดลำดับประเทศต่าง ๆ ที่เข้าร่วมการประเมินจากทั้งหมด 39 ประเทศ พบว่าประเทศไทยมีผลการจัดการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้อันดับที่ 26 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 456 คะแนน ซึ่งน้อยกว่าค่ากลางของการประเมินที่กำหนดไว้ที่ 500 คะแนน จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ต้องได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, หน้า 20)

ความคิดสร้างสรรค์ เป็นทักษะที่สำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ครูผู้สอนจำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถทั้งด้านความรู้ควบคู่ไปกับการคิดสร้างสรรค์ จะทำให้ผู้เรียนสามารถต่อยอดความรู้เพื่อเพิ่มศักยภาพตนเองได้อย่างรอบด้าน การศึกษายุคใหม่เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนและโลกความเป็นจริงเป็นศูนย์กลางของกระบวนการเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้ที่ไปไกลกว่าการได้รับความรู้แบบง่าย ๆ ไปสู่การเน้นพัฒนาทักษะและทัศนคติ ทักษะการคิด ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะองค์การ ทัศนคติเชิงบวก ความเคารพตนเอง นวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร ทักษะและค่านิยมทางเทคโนโลยี ความเชื่อมั่นตนเอง ความยืดหยุ่น การจูงใจตนเอง และความตระหนักในสภาพแวดล้อม และสิ่งที่สำคัญ คือ ความสามารถที่ต้องใช้ความรู้อย่างสร้างสรรค์ถือเป็นทักษะที่สำคัญ

สำหรับการเป็นนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ถือเป็นสิ่งที่ท้าทายในการที่จะพัฒนานักเรียนเพื่ออนาคต ให้นักเรียนมีทักษะ ทักษะคิด ค่านิยม และบุคลิกภาพส่วนบุคคล เพื่อเผชิญกับอนาคตด้วยภาพในทางบวกที่มีทั้งความสำเร็จ มีความสุขในการเรียน (สำนักแผนและประกันคุณภาพการศึกษา, 2561, หน้า 2) อีกทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสมรรถนะที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งความสามารถในการคิดจะส่งเสริมการคิดอย่างสร้างสรรค์ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 6-7) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21

สะเต็มศึกษา เป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสถสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า มีความคิดสร้างสรรค์พัฒนาสิ่งต่าง ๆ และเกิดแนวคิดใหม่ นอกจากนั้นสะเต็มศึกษายังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (พรทิพย์ ศิริภักทธราชย์, 2556, หน้า 50) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษายังเป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถบูรณาการความรู้ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, หน้า 13) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก (อับดุลยามีน หะยีชาเดร์, 2560, หน้า 90) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้านความคิดริเริ่ม และความคิดคล่องแคล่ว (ลัดดาวัลย์ นงประโคน, 2560, หน้า 71)

เศรษฐกิจพอเพียงเป็นปรัชญาที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ทรงมีพระราชดำรัสชี้แนะแนวทางการดำเนินชีวิตกับคนไทยครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2517 ก่อนเกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ หลังจากนั้นได้ทรงเน้นย้ำแนวทางแก้ไข เพื่อให้คนไทยสามารถดำเนินชีวิตอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน ภายใต้ความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นหลักการดำเนินชีวิตตามทางสายกลาง ซึ่งเหมาะสมสอดคล้องกับวิถีชีวิตความเป็นอยู่ที่เรียบง่ายของคนไทย โดยคำนึงถึง 3 หลักการ ได้แก่ 1) ความพอประมาณกับศักยภาพของตนเองและสภาวะแวดล้อม 2) ความมีเหตุผลบนพื้นฐานความถูกต้อง 3) การมีภูมิคุ้มกันที่ดีในตัวเอง ไม่ประมาทในการดำเนินชีวิตบนเงื่อนไขความรู้และคุณธรรม กระทรวงศึกษาธิการจึงได้มีนโยบายในการขับเคลื่อนหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่สถานศึกษาในทุกกระดับ เพื่อให้ผู้บริหาร บุคลากรด้านการศึกษา นักศึกษา และนักเรียน มีความรู้ความเข้าใจในปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และสามารถนำแนวคิดดังกล่าวมาบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนตลอดจนการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ระบุคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนไว้ในข้อที่ 5 คือ อยู่อย่างพอเพียง โดยมีรายละเอียดตัวชี้วัดดังนี้ ตัวชี้วัด 5.1 ดำเนินชีวิตอย่างพอเพียง มีเหตุผล รอบคอบ มีคุณธรรม ตัวชี้วัด 5.2 มีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี ปรับตัวเพื่ออยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข ดังนั้นการบูรณาการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในการจัดการเรียนการสอนจึงมีความสำคัญต่อการศึกษาอย่างยิ่ง (อารีรัตน์ ใจชื่อ และสุนชาติ เจริญครบุรี, 2558, หน้า 26-27)

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต มีความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างแนวคิดและนวัตกรรมใหม่ ๆ สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีเหตุผล มีความพอประมาณ และมีภูมิคุ้มกันในตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

คำถามของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามการวิจัย ไว้ดังนี้

1. แผนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 หรือไม่

2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน หรือไม่

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน หรือไม่

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง อยู่ในระดับใด

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดความมุ่งหมายของการวิจัย ไว้ดังนี้

1. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

สมมติฐานของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัย ไว้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต อยู่ในระดับมาก

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความสำคัญของการวิจัย ไว้ดังนี้

1. ครูผู้สอนสามารถนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สามารถใช้ชีวิตได้อย่างมีเหตุผล มีความพอประมาณ มีภูมิคุ้มกันในตนเอง และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ
2. เป็นแนวทางแก่ครู และผู้ที่เกี่ยวข้องด้านการศึกษา ที่สนใจการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ได้นำความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์และปรับประยุกต์ใช้ในวิชาอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหาสาระกลุ่มการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สาระชีววิทยา เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็นตอนดังนี้

1. น้ำและแร่ธาตุ
2. คาร์โบไฮเดรต
3. โปรตีน
4. ลิพิด
5. กรดนิวคลีอิก
6. ปฏิกริยาเคมีและเอนไซม์

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 4 ห้องเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 30 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 30 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 34 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 32 คน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 126 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling Technique) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

3. ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

2. ตัวแปรตาม

2.1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

2.2 ความคิดสร้างสรรค์

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

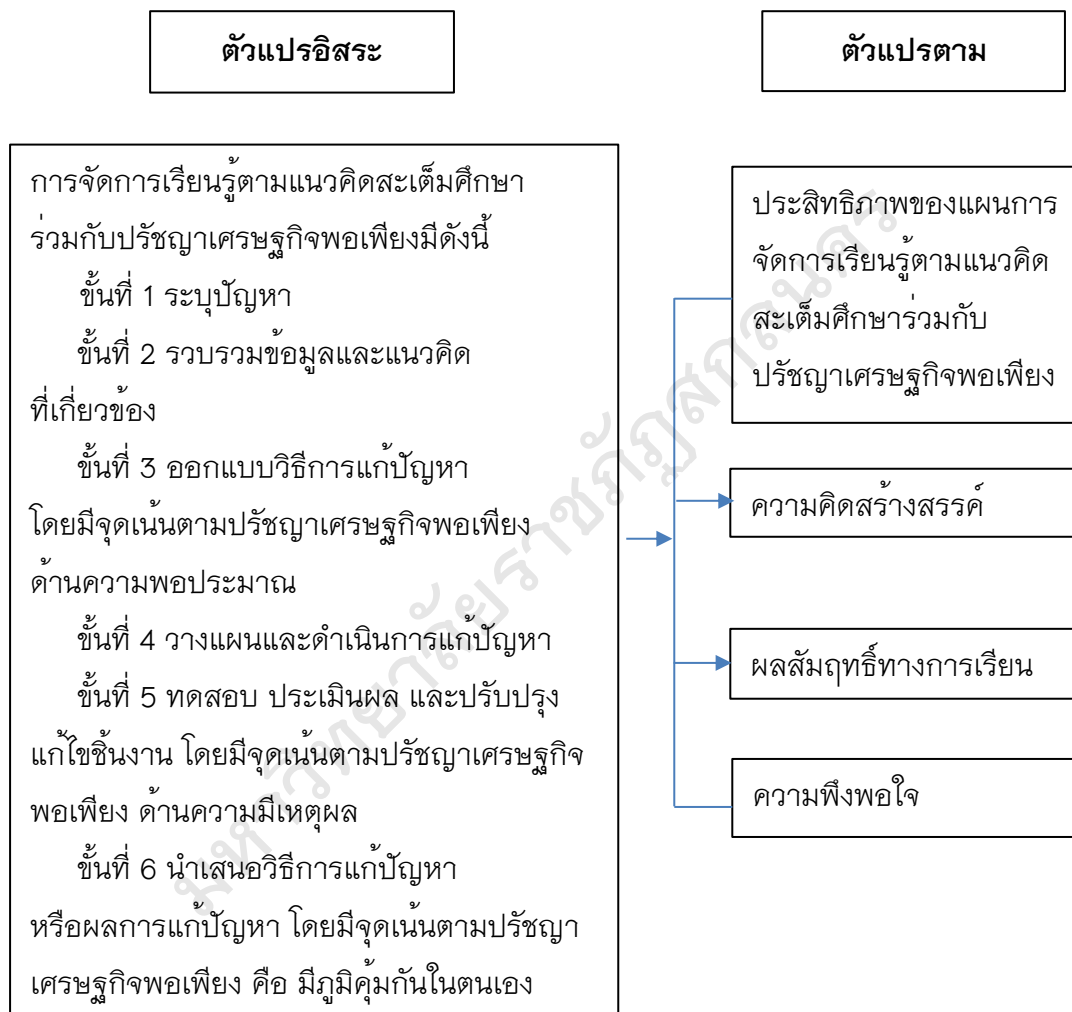
2.4 ความพึงพอใจ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยจะดำเนินการทดลองสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาในการทดลองสอน จำนวน 18 ชั่วโมง เวลาในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 2 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 20 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง

กรอบแนวคิดของการวิจัย

ในการวิจัยการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มต้นบทเรียนด้วยการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน หรือปัญหาที่นักเรียนสนใจเป็นตัวกระตุ้น ซึ่งผู้เรียนต้องคิดหาทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยบูรณาการทั้งด้านความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะต้องมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ หรือคิดเป็นขั้นตอน คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ออกแบบและหาแนวทางแก้ไขได้อย่างสร้างสรรค์ ดำเนินการ ประยุกต์ หรือแก้ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงได้ สามารถพัฒนาและควบคุมระบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) นักเรียนตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน มองเห็นปัญหา และจำเป็นต้องหาวิธีแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อยได้ มีการรวบรวมข้อมูล และค้นหาแนวคิดหรือความรู้ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา

1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา นักเรียนนำความรู้ที่รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการพัฒนาต้นแบบของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ โดยกำหนดขั้นตอนในการทำงานร่วมกัน กำหนดเป้าหมาย และระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นให้ชัดเจน

1.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้ง ในกระบวนการแก้ปัญหา

1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งประกอบด้วย ความพอประมาณ ความมีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกันในตนเอง

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนมองเห็นปัญหา สามารถ “ระบุปัญหา” จากสถานการณ์ได้ตรงประเด็น ทั้งตระหนักถึงสภาพจริงของปัญหา และความจำเป็นที่จะต้องแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ครูฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์ และทำความเข้าใจสภาพแวดล้อมหรือบริบทของปัญหา แยกแยะปัญหาว่าปัญหานั้น มีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง เกิดจากอะไร ประกอบขึ้นมาได้อย่างไร มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร และให้นักเรียนอภิปรายเพื่อระบุให้ได้ว่า อะไรคือเป้าหมายของการแก้ปัญหา เงื่อนไข หรือข้อจำกัด หรือเกณฑ์ที่เป็นบริบทของปัญหานั้น ๆ

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นนี้สามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียน ออกแบบวิธีแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีความพอประมาณ มีความคิดสร้างสรรค์ และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ครูต้องดำเนินการให้นักเรียน มีความรอบคอบในการวางแผน การออกแบบวิธีแก้ปัญหา อยู่บนพื้นฐานของกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นว่า ในการแก้ปัญหานั้น ต้องคำนึงถึงประโยชน์จากการแก้ปัญหา เงื่อนไข หรือข้อจำกัด หรือบริบทของปัญหา ซึ่งจะทำให้ผลผลิตจากการแก้ปัญหาเป็นที่ยอมรับ

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน โดยมีจุดเน้นตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้านความมีเหตุผล

5.1 ครูฝึกให้นักเรียนรู้จักวิธีการทดสอบ วางแผนในการทดสอบ อย่างมีเหตุผล มีความรอบคอบ คำนึงถึงความคุ้มค่า และความปลอดภัย

5.2 ครูให้นักเรียนประเมินผลงานเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่
 คิดสร้างสรรค์ผลงาน มีเหตุผลในการทำผลงาน ผลงานนั้นมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการ หรือภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้แต่แรกหรือไม่ และจากผลการประเมินมีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่

5.3 กระบวนการในการปรับปรุง โดยวิธีปรับปรุงต้องอยู่บนพื้นฐานของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาใช้ และเสนอแผนการปรับปรุงต่อครูก่อนนำไปปรับปรุง

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา โดยมีจุดเน้นตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง คือ มีภูมิคุ้มกันในตนเอง ในขั้นนี้ครูจะต้องให้นักเรียนนำเสนออย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่สถานการณ์ปัญหา การระบุปัญหาการรวบรวมข้อมูล การออกแบบการวางแผน การปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบการประเมิน กระบวนการเหล่านี้จะต้องอยู่บนพื้นฐานของการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ประการสำคัญนักเรียนสามารถลงข้อสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถนำมาเป็นแนวทางในการสร้างสรรค์นวัตกรรม สามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีเหตุผล มีความพอประมาณ และมีภูมิคุ้มกันในตนเอง

4. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) โดยหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 6 แผน และหาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) โดยหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดหลายทิศทาง คิดได้กว้างไกล นำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ประกอบด้วยความคิดคล่องแคล่ว ความคิดความยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ รวมทั้งการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาให้สำเร็จ ซึ่งวัดได้จากคะแนนของนักเรียนที่ตอบแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นวัดตามโครงสร้างสมรรถภาพทางสมอง แบ่งออกเป็น 3 มิติ คือ มิติด้านเนื้อหา มิติด้านวิธีการคิด และมิติด้านผลผลิตของความคิด ซึ่งความหมายของสัญลักษณ์ในแต่ละมิติ มีดังนี้

มิติด้านวิธีการคิด คือ D (Divergent Production) หมายถึง ความคิด
กระจาย เนื้อหาที่คิด

มิติด้านเนื้อหาที่คิด ประกอบด้วย

F (Figural) หมายถึง ภาพ

S (Symbolic) หมายถึง สัญลักษณ์

M (Semantic แต่ซ้ำกับสัญลักษณ์จึงใช้ M แทน) หมายถึง ภาษา

B (Behavior) หมายถึง พฤติกรรม

มิติด้านผลผลิตของความคิด ประกอบด้วย

U (Units) หมายถึง หน่วย

C (Classes) หมายถึง ชั้นหรือประเภท

R (Relations) หมายถึง ความสัมพันธ์

S (Systems) หมายถึง ระบบ

T (Transformation) หมายถึง การแปลงรูป

I (Implication) หมายถึง การประยุกต์

โดยแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่นำมาใช้ในการวิจัยมี 4 ฉบับ
ดังนี้ ฉบับที่ 1 วัดความคิดคล่องแคล่ว แบบหน่วย (DFU) ฉบับที่ 2 วัดความคิดยืดหยุ่น
แบบกลุ่ม (DMC) ฉบับที่ 3 วัดความคิดริเริ่ม แบบการประยุกต์ (DFI) และฉบับที่ 4
วัดความคิดละเอียดลออ แบบระบบ (DMS)

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน
ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อวัดผลการเรียนรู้ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

7. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบ ความพึงพอใจ หรือทัศนคติที่ดี
ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง
น้อย และน้อยที่สุด โดยวัดความพึงพอใจ 4 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 หลักการของหลักสูตร

1.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1.3 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

2. การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

2.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

2.2 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

2.3 สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

2.4 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

2.5 คุณภาพผู้เรียน

2.6 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.7 คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

3.2 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

3.3 จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.5 การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4. ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4.1 ความหมายของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4.2 หลักการของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4.3 การประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

5. ความคิดสร้างสรรค์

5.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

5.2 แนวคิดและทฤษฎีของความคิดสร้างสรรค์

5.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

5.4 วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์

5.5 ความสัมพันธ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.4 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

6.5 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

7. ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

7.1 ความหมายของประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

7.2 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

8. ความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้

8.1 ความหมายของความพึงพอใจ

8.2 การวัดระดับความพึงพอใจ

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9.1 งานวิจัยในประเทศ

9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

(กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 4-7)

1. หลักการของหลักสูตร

เพื่อให้การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นไปตามนโยบายการจัดการศึกษาจึงกำหนดหลักการของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล
2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ
3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น
4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้
5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง
2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต
3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

3. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

4. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

**การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)**

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)
สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี โดยมีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ องค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่อง เชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ที่ผู้เรียน จำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อ ในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระ ในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะ ในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลาย และประจักษ์ พยานที่ตรวจสอบได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตระหนักถึง ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา
ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ขึ้น เพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ
ได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหนังสือเรียน คู่มือครู สื่อประกอบการเรียนการสอน
ตลอดจนการวัดและประเมินผล โดยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระ
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตร
แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จัดทำขึ้นนี้ได้ปรับปรุง เพื่อให้มีความ
สอดคล้องและเชื่อมโยงกันภายในสาระการเรียนรู้เดียวกันและระหว่างสาระการเรียนรู้ใน
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
กับคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงเนื้อหาเพื่อให้มีความทันต่อการเปลี่ยนแปลง
และความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการต่าง ๆ เพื่อทัดเทียมกับนานาประเทศ
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 1-3)

2. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้
ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจ
ตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้
การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ,
2560, หน้า 3) ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และ
ข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้
ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
6. เพื่อพัฒนาระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการ
แก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม
ในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

3. สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 128-129) ดังนี้

ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลกการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

4. สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทั้งหมด 4 สาระ
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 128-129) ดังนี้

สาระที่ 4 ชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ด-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต สหสัมพันธ์กับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไข้ปัญหา

สาระที่ 5 เคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน และการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระที่ 6 ฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรงแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้งรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่นเสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอวาลส์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์ จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

5. คุณภาพผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนที่เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับผู้เรียนที่เน้น วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 131-134) ไว้ดังนี้

5.1 เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับ สิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตและปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์และการหายใจระดับเซลล์

5.2 เข้าใจหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี ของดีเอ็นเอ การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน การเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต หลักการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เงื่อนไขของภาวะสมดุล ของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย โปรทิสต์ พืช พังไจ และสัตว์ การจำแนกสิ่งมีชีวิต ออกเป็นหมวดหมู่และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์

5.3 เข้าใจโครงสร้างและส่วนประกอบของพืชทั้งราก ลำต้น และใบ การแลกเปลี่ยนแก๊ส การคายน้ำ การลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร การลำเลียงอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กระบวนการสร้างเซลล์ สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผลและเมล็ด บทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการประยุกต์ใช้ และการตอบสนองของพืช

5.4 เข้าใจกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต โครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ได้แก่ การย่อยอาหาร การแลกเปลี่ยนแก๊ส การเคลื่อนที่ การกำจัดของเสียออกจากร่างกายของสิ่งมีชีวิต ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์ การทำงานของระบบประสาท และอวัยวะรับความรู้สึก ระบบสืบพันธุ์ การปฏิสนธิ การเจริญเติบโต ฮอร์โมน และพฤติกรรมของสัตว์

5.5 เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ

การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมนุษย์ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก
แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

5.6 เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ ประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์

5.7 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า

5.8 เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุล และมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

5.9 เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัมและการดล กฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม การชน และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง

5.10 เข้าใจการเคลื่อนที่แบบคลื่น ปรากฏการณ์คลื่น การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด หลักการของฮอยเกนส์ การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง ความเข้มเสียงและระดับเสียง การได้ยิน ภาพที่เกิดจากกระจกเงาและเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็นแสงสี

5.11 เข้าใจสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานและกฎของโอห์ม พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน สนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็ก

กับกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

5.12 เข้าใจผลของความร่อนต่อสสาร สภาพยืดหยุ่น ความดันในของไหล แรงพุง ของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน แรงภายในนิวเคลียส และการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค

5.13 เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุและรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบันและการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย สมบัติและการจำแนกชนิดของแร่ กระบวนการเกิดและการจำแนกชนิดหิน กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน การแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา และการนำข้อมูลทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์

5.14 เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร รูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร และผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศ และการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศและการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้นจากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ

5.15 เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอนุหุมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดดาวฤกษ์

และการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์ วิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการ แพรัลแลกซ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการ เกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบิรวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ ที่เกี่ยวข้องกับการ ดำรงชีวิต การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคเพลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก การระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้า และระบบศูนย์สูตร เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลา สุริยคติและการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลา บนโลก การสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

5.16 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนด ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้ หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

5.17 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจ ตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจ ตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวस्तุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

5.18 วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับ สมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจ ตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยี สารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

5.19 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผล และยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

5.20 แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็น โดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

คุณภาพของผู้เรียนที่เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สำหรับผู้เรียนทุกคน)

1. วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีที่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะ วิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ ทรัพยากรเพื่อออกแบบ สร้าง หรือพัฒนาผลงานสำหรับแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสังคม โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและนำเสนอ ผลงาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้ง คำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

2. ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร เพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่น มาประยุกต์ใช้ สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม วัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัย มีจริยธรรม

3. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนา เทคโนโลยี ประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

4. ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

5. แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชน ในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

6. ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชาชีววิทยาเป็นรายวิชาเพิ่มเติมที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้
ข้อที่ 1 2 3 4 และ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
(ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 135-139)
โดยผู้วิจัยเลือกในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 จะสอดคล้องกับมาตรฐาน
การเรียนรู้ข้อที่ 1 ดังนี้

สาระที่ 4 ชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทาง
วิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
กลไกจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์
การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์ รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม สาระที่ 4 ชีววิทยา

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4	1. อธิบายและสรุปสมบัติที่สำคัญ ของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้ สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้	– สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการสารอาหาร และพลังงาน มีการเจริญเติบโต มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า มีการรักษา ดุลยภาพของร่างกาย มีการสืบพันธุ์ มีการปรับตัวทางวิวัฒนาการ มีการ ทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ สิ่งเหล่านี้จัดเป็นสมบัติ ที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต – การจัดระบบในสิ่งมีชีวิตเริ่มจากหน่วย เล็กไปยังหน่วยใหญ่ ได้แก่ เซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะ และสิ่งมีชีวิต ตามลำดับ

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4	2. อภิปรายและบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน	- วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเริ่มจากการตั้งปัญหาหรือคำถาม ตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล - การศึกษาสิ่งมีชีวิตต้องอาศัยความรู้จากแขนงวิชาต่าง ๆ ของชีววิทยาและสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง และคำนึงถึงชีวจริยธรรมและจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง
	3. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต	- สิ่งมีชีวิต ประกอบด้วย ธาตุและสารประกอบ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด น้ำประกอบด้วย ธาตุไฮโดรเจน และออกซิเจน มีสมบัติในการเป็นตัวทำละลายที่ดี เก็บความร้อนได้ดี และมีความจุความร้อนสูง ซึ่งช่วยรักษาคุณภาพของเซลล์ได้ - ธาตุที่สิ่งมีชีวิตต้องการจะอยู่ในรูปของไอออน ในมนุษย์และสัตว์ ธาตุจะช่วยให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายดำเนินไปตามปกติ นอกจากนี้ในกระดูกฟัน และกล้ามเนื้อจะมีธาตุเป็นองค์ประกอบด้วย

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4	4. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งตามขนาดโมเลกุล ออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ มอนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์
	5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- โปรตีนมีกรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อย ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน บางชนิดอาจมี ธาตุฟอสฟอรัส เหล็ก และกำมะถัน เป็นองค์ประกอบ
	6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- ลิพิดประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ลิพิดกลุ่มสำคัญที่พบในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์
	7. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุนิคมของกรดนิวคลีอิกและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- กรดนิวคลีอิก ประกอบด้วย หน่วยย่อย เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ โมเลกุลของ นิวคลีโอไทด์ ประกอบด้วย หมู่ฟอสเฟต น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และเบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ - กรดนิวคลีอิกเป็นองค์ประกอบของ สารพันธุกรรมทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอด ข้อมูลทางพันธุกรรมมี 2 ชนิด คือ DNA และ RNA

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4	8. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต 9. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	- เมแทบอลิซึมเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีประกอบด้วย ปฏิกิริยาคายพลังงาน และปฏิกิริยาดูดพลังงาน ปฏิกิริยาเคมีเหล่านี้จะดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยา - เอนไซม์ส่วนใหญ่เป็นสารประเภทโปรตีนทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมี ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ สารตั้งต้นจะเข้าไปจับกับเอนไซม์ที่บริเวณจำเพาะของเอนไซม์ที่เรียกว่า บริเวณเร่ง ถ้าสารตั้งต้นมีโครงสร้างเข้ากับบริเวณเร่งได้ สารตั้งต้นนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสารผลิตภัณฑ์ - อุณหภูมิ สภาพความเป็นกรด-เบส และตัวยับยั้งเอนไซม์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
	10. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง	- กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าและรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์ - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโออาศัยเลนส์ในการทำให้เกิดภาพขยาย

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4		- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทำให้เกิดภาพขยายโดยอาศัยเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้ารวมลำอิเล็กตรอน ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ ชนิดส่องผ่าน และชนิดส่องกราด - ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงต้องมีวิธีการเตรียมที่ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการศึกษา - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเป็นเครื่องมือที่มีความละเอียด ซับซ้อน ราคาค่อนข้างสูง จึงควรใช้อย่างถูกวิธี มีการเก็บและดูแลรักษาที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถใช้งานได้นาน
	11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ 13. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส	- เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วย ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส - ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบในเซลล์ทุกชนิดคือ เยื่อหุ้มเซลล์ แต่ในแบคทีเรีย สาหร่าย พืช และพืช จะมีผนังเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์เพิ่มขึ้นไปอีก - โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ ประกอบด้วย โมเลกุลของฟอสโฟลิพิดเรียงเป็นสองชั้น และมีโปรตีนแทรกหรืออยู่ที่ผิวทั้งสองด้านของฟอสโฟลิพิด - ไซโทพลาซึมอยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ ประกอบด้วย ไซโทซอล และออร์แกเนลล์

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4		- นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์ยูคาริโอต ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม ซึ่งภายในมี DNA RNA และโปรตีนบางชนิด
	14. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต 15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส	- สารต่าง ๆ มีการเคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์อยู่ตลอดเวลา โดยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การแพร่ ออสโมซิส การแพร่-แบบฟาซิลิเทต แอกทีฟทรานสปอร์ตกระบวนการเอกไซโซโทซิส และเอนโดไซโทซิส - แก๊สต่าง ๆ เข้าหรือออกจากเซลล์โดยการแพร่ ส่วนน้ำเข้าหรือออกจากเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยออสโมซิส - ไอออนและสารบางอย่างที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงได้ จำเป็นต้องอาศัยโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวพาสารนั้นเข้าและออกจากเซลล์ เรียกว่า การแพร่แบบฟาซิลิเทต - แอกทีฟทรานสปอร์ต เป็นการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4		- สารบางอย่างที่ไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือลำเลียงผ่านโปรตีนที่เป็นตัวพาได้จะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการ เอกโซไซโทซิส - สารขนาดใหญ่ลำเลียงเข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส ซึ่งแบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่ พิโนไซโทซิส ฟาโกไซโทซิส และการอาศัยตัวรับ
	16. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส	- การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักร โดยวัฏจักรของเซลล์ประกอบด้วยอินเตอร์เฟส การแบ่งนิวเคลียส การแบ่ง ไซโทพลาซึม - การแบ่งนิวเคลียสมี 2 แบบ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส - การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ประกอบด้วย ระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส - การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส ประกอบด้วย ระยะโพรเฟส I เมทาเฟส I แอนาเฟส I เทโลเฟส I โพรเฟส II เมทาเฟส II แอนาเฟส II เทโลเฟส II - การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ทำให้เซลล์ร่างกายเพิ่มจำนวนเพื่อการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4		ส่วนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ - การแบ่งไซโทพลาซึมในเซลล์พืชจะมีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์ และเซลล์สัตว์จะมีการคอดเว้าเข้าหากันของเยื่อหุ้มเซลล์
	17. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอน การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ	- การหายใจระดับเซลล์เป็นการสลายสารอาหารที่มีพลังงานสูง โดยมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ไกลโคไลซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน - การหายใจระดับเซลล์ พลังงานส่วนใหญ่ได้จากขั้นตอนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน พลังงานนี้จะถูกเก็บไว้ในพันธะเคมีในโมเลกุลของ ATP - ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้การหายใจของเซลล์ไม่สมบูรณ์จึงเกิดได้เฉพาะไกลโคไลซิส ผลที่ได้จากการหายใจในสภาวะนี้ในสัตว์จะได้กรดแลคติก ในจุลินทรีย์และพืชอาจได้กรดแลคติกหรือเอทิลแอลกอฮอล์

จากตาราง 1 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม สาระที่ 4 ชีววิทยา สามารถนำไปเขียนคำอธิบายรายวิชาและกำหนดหน่วยการเรียนรู้ รายวิชา ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้

[illegible]

ตาราง 2 (ต่อ)

ที่	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จำนวน ชั่วโมง
			ซึ่งการศึกษาสิ่งมีชีวิตต้อง คำนึงถึงชีวจริยธรรม จรรยาบรรณในการใช้ สัตว์ทดลอง	
2	เคมีที่เป็น พื้นฐานของ สิ่งมีชีวิต	3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับสมบัติของน้ำ และ บอกความสำคัญของน้ำที่มี ต่อสิ่งมีชีวิต ยกตัวอย่างธาตุ ต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อ ร่างกายสิ่งมีชีวิต	- ร่างกายสิ่งมีชีวิต มีน้ำเป็น องค์ประกอบมากที่สุด ซึ่งน้ำ มีสมบัติช่วยรักษาดุลยภาพ ของเซลล์	3
		4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของ คาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของ คาร์โบไฮเดรตที่มี ต่อสิ่งมีชีวิต	- ร่างกายของสิ่งมีชีวิต ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ ทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด และกรดนิวคลีอิก	3
		5. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของโปรตีน และ ความสำคัญของโปรตีนที่มี ต่อสิ่งมีชีวิต		3
		6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของลิพิด และ ความสำคัญของลิพิดต่อ สิ่งมีชีวิต		3

ตาราง 2 (ต่อ)

ที่	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จำนวน ชั่วโมง
		7. อธิบายโครงสร้างของ กรดนิวคลีอิก และระบุ ชนิดของกรดนิวคลีอิก และความสำคัญของกรด นิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต		3
		8. สืบค้นข้อมูลและ อธิบายปฏิกิริยาเคมี ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต	- ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์สิ่งมีชีวิต จะดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องอาศัยเอนไซม์ช่วยเร่ง	1
		9. อธิบายการทำงานของ เอนไซม์ในการเร่ง ปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต และระบุปัจจัยที่มีผลต่อ การทำงานของเอนไซม์	ซึ่งอุณหภูมิ สภาพความเป็น กรด-เบส และตัวยับยั้งเอนไซม์ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของ เอนไซม์	2
3	เซลล์ของ สิ่งมีชีวิต	10. บอกวิธีการและเตรียม ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อ ศึกษาภายใต้กล้อง จุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาด โดยประมาณและวาดภาพ ที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้และการ ดูแลรักษากล้อง จุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง	- กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือ ที่ใช้ศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า	4

ตาราง 2 (ต่อ)

ที่	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จำนวน ชั่วโมง
		11. อธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของส่วนที่ ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืช และเซลล์สัตว์	- เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็ก ที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้าง พื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วย ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ไซโทพลาซึม	4
		12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ ของออร์แกเนลล์	และนิวเคลียส สารต่าง ๆ มีการ เคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์ โดยกระบวนการแพร่ การออสโมซิส	4
		13. อธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของนิวเคลียส	การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอกทีฟทรานสปอร์ต	4
		14. อธิบายและ เปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่ แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต	เอกไซโซโทซิส เอนไซโทซิส	4
		15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการ ลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ ออกจากเซลล์ด้วย กระบวนการเอกไซโซโทซิส และการลำเลียงสาร โมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ ด้วยกระบวนการเอนโด ไซโทซิส		4

ตาราง 2 (ต่อ)

ที่	ชื่อหน่วย การเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จำนวน ชั่วโมง
		16. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส	- การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักร ประกอบด้วยอินเตอร์เฟส การแบ่งนิวเคลียส และการแบ่งไซโทพลาสซึม	4
		17. อธิบาย เปรียบเทียบและสรุปขั้นตอน การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ	- การหายใจระดับเซลล์ พลังงานส่วนใหญ่ได้จากขั้นตอนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน พลังงานนี้จะถูกเก็บไว้ในพันธะเคมีในโมเลกุลของ ATP - ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้การหายใจของเซลล์ไม่สมบูรณ์จึงเกิดได้เฉพาะไกลโคลิซิส ผลที่ได้จากการหายใจในภาวะนี้ในสัตว์จะได้กรดแลกติก ส่วนในจุลินทรีย์และพืชอาจได้กรดแลกติกหรือเอทิลแอลกอฮอล์	4
รวมทั้งสิ้น				60

หมายเหตุ ผู้วิจัยได้ใช้หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตในการทำวิจัยในครั้งนี้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1. ความหมายของสะเต็มศึกษา

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2561, หน้า 13) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหา ในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่

1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้
2. มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด
3. มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอคทีฟ (Active learning) ของผู้เรียน
4. ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้
5. สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (2557, หน้า 4) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหา และการเกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

2. แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

2.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2561, หน้า 15-16) กล่าวอ้างถึงการนำแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาบูรณาการกับการเรียนรู้ศาสตร์อื่น ๆ อีก 4 ศาสตร์ นำมาสู่ความพยายามในการอธิบายความแตกต่างระหว่างศาสตร์ 4 ศาสตร์ที่มีความใกล้เคียงกันมาก ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ สภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Research Council: NRC) ได้ให้ความหมายของวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี พร้อมทั้งเปรียบเทียบทักษะของศาสตร์ทั้งสองกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์	วิศวกรรมศาสตร์	เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจ ธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพ ชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาท ของเทคโนโลยีต่อ สังคม	ตัดสินใจเลือกใช้ เทคโนโลยี โดยพิจารณา ถึงผลกระทบ ต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือ ทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	ออกแบบและลงมือ ทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งาน เทคโนโลยีใหม่ ๆ	ใช้เครื่องมือ ที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับ ความแม่นยำ
ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของ เทคโนโลยี ในการพัฒนา	ใช้ตัวเลขในการให้ ความหมายหรือ เหตุผล

ตาราง 3 (ต่อ)

วิทยาศาสตร์	วิศวกรรมศาสตร์	เทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
สร้างคำอธิบาย ใช้หลักฐานในการ ยืนยันแนวคิด	ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา ใช้หลักฐานในการ ยืนยันแนวคิด	ด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม ตัดสินใจเลือกใช้ เทคโนโลยี โดยพิจารณาถึง ผลกระทบต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม	พยายามหาวิธีการ และใช้โครงงาน ในการแก้ปัญหา สร้างข้อโต้แย้ง และสามารถ วิพากษ์การให้ เหตุผลของผู้อื่น

ที่มา: Vasquez, J.A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, p. 38.

จากตาราง 3 แนวปฏิบัติ (Practice) ทางวิทยาศาสตร์มีกระบวนการส่วนใหญ่เหมือนกับแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวคือ ทั้งสองศาสตร์มีการพัฒนาและใช้โมเดลในการดำเนินงาน มีการออกแบบและลงมือค้นคว้าวิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทั้งวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ต้องการความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ นอกจากนี้ทั้งนักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรมีการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด ซึ่งอาจเป็นคำตอบของข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติหรือปัญหา และสุดท้ายต้องมีการประเมินและสื่อสารแนวคิดดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม แนวปฏิบัติทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ 2 ประการ คือ

1. วิทยาศาสตร์พยายามตั้งคำถาม เพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์พยายามนิยามปัญหาซึ่งเกิดจากความไม่พอใจ และต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์
2. ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ คือ การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับธรรมชาติ ในขณะที่ผลลัพธ์ของการทำงานทางวิศวกรรมศาสตร์ คือวิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ และวิธีการดังกล่าวจะนำมา ซึ่งผลผลิตที่เป็นเทคโนโลยีใหม่หรือนวัตกรรม

กัญญา ศิลปกิจยาน (2560, อ้างถึงใน National Academy of Science, 2014, unpagged) ได้อธิบายองค์ประกอบของแนวคิดสะเต็มศึกษามีรายละเอียดดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง การเรียนรู้ธรรมชาติรอบตัวบนพื้นฐานความเป็นจริง วิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการ เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่
2. เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง กระบวนการของการความรู้ที่นำไปสู่เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์
3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างสรรค์ด้วยการผลิตของมนุษย์ รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดในสถานการณ์ต่าง ๆ
4. คณิตศาสตร์ (Mathematic) หมายถึง การศึกษารูปแบบและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ ตัวเลข และพื้นที่ คณิตศาสตร์ถือเป็นพื้นฐานที่นำมาใช้ในวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี

สรุปได้ว่า แนวคิดของสะเต็มศึกษา คือ เป็นการนำความรู้หรือจุดเน้นในแต่ละสาขาวิชาซึ่งได้แก่วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ มาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นกระบวนการ

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

กมลฉัตร กล่อมอิม, ชัยวัฒน์ นามนาค, วารินทร์ แก้วอุไร และวิเชียร อารังโสติสกุล (2557, หน้า 3) กล่าวว่า ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา คือทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เป็นทฤษฎีที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดของตนเองจนนำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ (2561, หน้า 6) กล่าวว่า การออกแบบเป็นบริบทในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้สรคณิยม นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมในการร่างและออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา และนำผลจากการสำรวจตรวจสอบมาปรับเปลี่ยนความรู้เดิมให้สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น การออกแบบต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จึงช่วยให้นักเรียนเห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันอย่างไร

สรุปได้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) และทฤษฎีการเรียนรู้สรคณิยม เป็นทฤษฎีที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้และเกิดประสบการณ์ด้วยตัวเอง นำความรู้เดิมมาใช้ในการออกแบบแก้ปัญหา

3. จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (นัสนรินทร์ ปือชา, 2558 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, หน้า 4) มีรายละเอียด ดังนี้

1. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหาในชีวิตจริง และสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะเต็มเป็นพื้นฐาน
2. ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุขและมองเห็นเส้นทางการประกอบอาชีพในอนาคต
3. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสูงขึ้น
4. ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างมั่นใจ
5. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เสนอรูปแบบการจัดการศึกษาสะเต็มที่เชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพิ่มพูนโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในบริบทที่หลากหลาย มีความหมาย และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

6. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) ที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้เพื่อตอบสนองความต้องการของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งถือเป็นทรัพยากรสำคัญของการยกระดับความสามารถของประเทศในการแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ยังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะทางด้านความรู้ควบคู่ไปกับทักษะในการดำรงชีวิตที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตและการทำงานในอนาคตต่อไป

4. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

กิจกรรมสะเต็มศึกษาที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พัฒนาขึ้นนี้เป็นตัวอย่างให้ผู้สอนได้เห็นแนวทาง โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากการกำหนดประเด็นในการศึกษาแล้วพิจารณาเลือกตัวชี้วัดของแต่ละกลุ่มรายวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ว่ามีตัวชี้วัดใดบ้างที่สามารถนำมาจัดกิจกรรมแบบบูรณาการร่วมกันได้ ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากนั้นใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

แบบสืบเสาะหาความรู้ในการดำเนินกิจกรรม ทั้งนี้ผู้สอนสามารถใช้แนวทางดังกล่าวนี้ไปพัฒนางิจกรรมสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการได้ด้วยตนเอง ซึ่งการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการอาจไม่จำเป็นต้องบูรณาการได้ครบทุกรายวิชาที่กล่าวมาแล้วก็ได้ แต่มีจุดเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยทักษะที่สำคัญที่จะต้องกล่าวถึงได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางคณิตศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร เป็นต้น (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2561, หน้า 20-21)

การนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ได้แก่

1. จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชา ภายในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่จะนำเข้าไปสอดแทรกในคาบเรียนนั้น มักจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมที่จะสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมก็ได้ว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จากนั้นเมื่อถึงคาบของการเรียนการสอนในเนื้อหานั้น ๆ ก็สามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2. จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ โดยการสอนในรูปแบบนี้อาจทำได้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงงาน เป็นต้น รูปแบบการสอนโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากหรือมีความซับซ้อนและยาก และมีข้อดีที่ทางผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่ผู้เรียนได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา หรือออกแบบ และสร้างชิ้นงานของผู้เรียนได้

3. จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่าง ๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้มักเป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีหัวข้อหรือหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลา และต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการนี้มุ่งหวังให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนผ่านการใช้ทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษา ค้นคว้า คิดค้น และแก้ปัญหาดด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษา และต้องอาศัยความร่วมมือ

จากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในการช่วยกันขับเคลื่อนให้การเรียน การสอน ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีก้าวไปข้างหน้าต่อไป

ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ (2561, หน้า 16–19 อ้างถึงใน National Research Council, 2012, unpaged) กล่าวว่า ลักษณะที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือการผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียน ต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้ เทคโนโลยีที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย องค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะบออาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหามustพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้น เพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาคำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหามักมีการดำเนินการ ดังนี้
 - 2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง
 - 2.2 การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหามustพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหามองอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่าง หรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหามองกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมาย และระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหามองนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

สรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นสามารถผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยมีการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา : <http://www.krusmart.com/stem-approach/>

ในการทำงานไม่จำเป็นต้องมีลำดับที่แน่นอน โดยขั้นตอนทั้งหมดสามารถสลับไปมาหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแสดงได้ดังภาพประกอบ 2 เพื่อให้เห็นรายละเอียดที่ชัดเจนขึ้นของแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาผนวกกับการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนนั้น ในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประมวลความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากการสืบค้นและรวบรวมข้อมูล ประเมิน ตัดสินใจเลือก และใช้ความรู้เหล่านั้นเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้จะช่วยกลั่นกรองแนวคิดเบื้องต้นของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมถึงความสามารถในการประยุกต์ความรู้ดังกล่าวของผู้เรียนได้ชัดเจนมากขึ้น อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานมักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ ได้

5. การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้เรียนและตัวผู้สอน ที่จะได้รับทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มีจุดเด่นใดที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรได้รับการแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัดและประเมินผลส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความถนัด และความสนใจของแต่ละบุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผล (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2561) มีดังนี้

5.1 การประเมินจากสภาพจริง

การประเมินจากสภาพจริง (Authentic assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

5.1.1 ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1) การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอน และต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2) สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิต และกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

3) เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐานความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัยทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

4) เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้าน และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้ส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพ ตามความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล

5) ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของผู้สอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ผู้สอนสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรม และตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

6) เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเอง และสามารถพัฒนาตนเองได้

7) เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

5.1.2 วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้

เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูล และวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
- 2) ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
- 3) การสัมภาษณ์
- 4) บันทึกของผู้เรียน
- 5) การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู
- 6) การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ
- 7) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ
- 8) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน
- 9) การทดสอบ

5.2 การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ

5.2.1 ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง หรือปฏิบัติงานได้จริงโดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

5.2.2 การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงานจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

5.2.3 ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียนดังตัวอย่างต่อไปนี้

1) การมอบหมายงาน งานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2) การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียน วิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความเข้าใจตกลงร่วมกันระหว่างผู้สอนและผู้เรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน และการติดตามความก้าวหน้าของผู้สอน

3) การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางานแล้วปฏิบัติตามขั้นตอน ให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ถาวรศึกษาเนื้อเยื่อพืช การทำ Herbarium การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น

4) การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

5) การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมิน

ตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังคงมีความจำเป็น เนื่องจากใช้วัดความสามารถทางด้าน ความรู้ความเข้าใจในหลักการต่าง ๆ ได้ ดังนั้นในกระบวนการประเมินจึงยังคงใช้แบบทดสอบ ข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ความจำ แต่จะมุ่งเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูง แบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียน ตอบ และสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน

สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ครูผู้สอน สามารถวัดและประเมินได้หลายด้าน ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการ และด้านคุณลักษณะ ในรูปแบบการประเมินยังคงสามารถใช้แบบทดสอบข้อเขียนได้

ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

1. ความหมายของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

“เศรษฐกิจพอเพียง” เป็นปรัชญาที่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช พระราชทานพระราชดำริชี้แนะแนวทางการดำเนินชีวิตแก่พสกนิกรชาวไทยมาโดยตลอดยาวนานกว่า 40 ปี (ตั้งแต่ปี 2517) ก่อนเกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ และเมื่อภายหลังได้ทรงเน้นย้ำแนวทางการแก้ไขเพื่อให้รอดพ้น และสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน ภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์ และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559, หน้า 6)

เศรษฐกิจพอเพียง หมายถึง เศรษฐกิจที่สามารถอยู่ได้ด้วยตัวเองได้ ให้มีความพอเพียงกับตนเอง (Self Sufficiency) อยู่ได้โดยไม่ต้องเดือดร้อน โดยต้องสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจของตนเองให้ดีเสียก่อน คือตั้งตัวให้มีความพอกินพอใช้ ไม่ใช่มุ่งหวังแต่จะทุ่มเทสร้างความเจริญยกเศรษฐกิจให้รวดเร็วแต่เพียงอย่างเดียว เพราะผู้ที่มีอาชีพและฐานะพอเพียงที่จะพึ่งตนเองย่อมสามารถสร้างความเจริญก้าวหน้า และฐานะทางเศรษฐกิจขั้นที่สูงขึ้นไป (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2561)

ความพอเพียง หมายถึง ความพอประมาณ ความมีเหตุผล รวมถึงความจำเป็น ที่จะต้องมีระบบภูมิคุ้มกันในตัวที่ดีพอสมควรต่อการมีผลกระทบใด ๆ อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งภายนอกและภายใน ทั้งนี้ต้องอาศัยความรอบรู้ ความรอบคอบ และความ

ระมัดระวังอย่างยิ่งในการนำวิชาการต่าง ๆ มาใช้ในการวางแผนและดำเนินการทุกขั้นตอน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550, หน้า 7-8)

ปรียานุช ธรรมปิยา (2559, หน้า 8) กล่าวว่า เมื่อเราขับเคลื่อนความพอเพียงจะได้เกิดดี เมื่อดีแล้ว เราจะมีความสุข และความเก่งตามมา ซึ่งผลสอบโอเน็ตโรงเรียนพอเพียงมีคะแนนที่ดี เพราะฉะนั้นพิสูจน์แล้วว่า หลักพอเพียง ทำแล้วได้ผลจริง

เวิน ริทส์โนส (2559, หน้า 53) กล่าวว่า ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นปรัชญาที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริชี้แนะแนวทาง การดำเนินชีวิตแก่พสกนิกรชาวไทยเพื่อให้สามารถดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์และความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในที่นี้คือความประพัตติที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนในทางที่เจริญงอกงาม บนหลัก 3 ห่วง 2 เงื่อนไข ซึ่งประกอบด้วย ความพอประมาณ ความมีเหตุผล มีภูมิคุ้มกัน โดยปฏิบัติบนเงื่อนไขความรู้ และคุณธรรม

สรุปได้ว่า ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นแนวทางการดำรงชีวิต โดยยึดหลักสายกลาง พึ่งพาตนเองได้ มีความพอประมาณ ความมีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกันในการดำเนินชีวิต บนพื้นฐานของคุณธรรมนำความรู้

2. หลักการของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนับเป็นแนวทางปฏิบัติเพื่อให้ชีวิตดำเนินไปในทางสายกลาง ที่เหมาะสมสอดคล้องกับวิถีความเป็นอยู่ดั้งเดิมของสังคมไทย ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ได้กับประชาชนทุกระดับ โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ 3 ห่วง 2 เงื่อนไข โดย 3 ห่วง มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ความพอประมาณ หมายถึง ความพอดีต่อความจำเป็นและเหมาะสมกับฐานะของตนเอง สังคม สิ่งแวดล้อม รวมทั้งวัฒนธรรมในแต่ละท้องถิ่น ไม่เบียดเบียนตนเองและผู้อื่น

2.2 ความมีเหตุผล หมายถึง การตัดสินใจดำเนินการเรื่องต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยพิจารณาจากเหตุปัจจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจนคำนึงถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกระทำนั้น ๆ อย่างรอบคอบ

2.3 การมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี หมายถึง การเตรียมตัวให้พร้อมรับผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นโดยคำนึงถึงความเป็นไปของสถานการณ์นั้น ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตทั้งใกล้และไกล

ส่วน 2 เงื่อนไข คือ การตัดสินใจและการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับพอเพียงต้องอาศัยทั้งด้านความรู้และคุณธรรมเป็นพื้นฐาน ประกอบไปด้วย 2 เงื่อนไข เงื่อนไขแรก คือ ความรู้ หมายถึง ความรอบรู้เกี่ยวกับวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน ความรอบคอบที่จะนำความรู้เหล่านั้นมาพิจารณาให้เชื่อมโยงกัน เพื่อประกอบการวางแผน และความระมัดระวังในขั้นตอนปฏิบัติ เงื่อนไขที่สอง คือ คุณธรรม จะต้องตระหนักถึง คุณธรรม มีความซื่อสัตย์สุจริต และมีความอดทน มีความเพียรใช้สติปัญญาในการดำเนินชีวิต รู้จักแบ่งปัน ช่วยเหลือ และมีความเมตตาต่อผู้อื่น

3. การประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงนั้นสามารถประยุกต์ใช้ได้ในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550, หน้า 22-24)

3.1 ด้านเศรษฐกิจ คือ การลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ ใช้ชีวิตอย่างพอควร คิดวางแผนอย่างรอบคอบ มีภูมิคุ้มกัน และไม่เสี่ยงเกินไป

3.2 ด้านจิตใจ มีจิตใจเข้มแข็งพึ่งพาตนเองได้ มีจิตสำนึกที่ดี เอื้ออาทร และเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตัว

3.3 ด้านสังคม ช่วยเหลือเกื้อกูล รู้จักสามัคคี สร้างความแข็งแรงให้ครอบครัวและชุมชน

3.4 ด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม รู้จักใช้และจัดการอย่างฉลาด รอบคอบ ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ฟื้นฟูทรัพยากรเพื่อให้เกิดความยั่งยืนและคงอยู่

3.5 ด้านเทคโนโลยี รู้จักใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการและสภาพแวดล้อม พัฒนาเทคโนโลยีจากภูมิปัญญาชาวบ้าน

สรุปได้ว่า การน้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์ใช้นั้นจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาไปอย่างสมดุล มั่นคง และยั่งยืน พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงในทุกด้าน ทั้งในการดำเนินชีวิต เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีต่าง ๆ อันจะนำไปสู่ความอยู่เย็นเป็นสุขร่วมกันในสังคมไทย

ความคิดสร้างสรรค์

1. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ จะกล่าวถึง กระบวนการของสมองที่มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ คือ จากนักวิชาการศึกษาและรายงานวิจัยส่วนใหญ่ ดังนี้

อารี พันธมณี (2557, หน้า 3 อ้างถึงใน Baron & May, 1960, unpagged) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของมนุษย์ที่จะนำไปสู่สิ่งใหม่ ๆ เกิดผลผลิตใหม่ ๆ ทางเทคโนโลยี รวมทั้งความสามารถในการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลกใหม่

อารี พันธมณี (2557, หน้า 4 อ้างถึงใน Guilford, 1950, unpagged) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดแบบอเนกนัย คือ ความคิด หลายทิศทาง หลายแง่มุม คิดได้กว้างไกล ลักษณะความคิดเช่นนี้ จะนำไปสู่ การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมทั้งการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาให้สำเร็จด้วย การคิดแบบอเนกนัย

อารี พันธมณี (2557, หน้า 5 อ้างถึงใน Wallach & Kogan, 1957, unpagged) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ หมายถึงความคิดโดยสัมพันธ (Association) คนที่มีความคิดสร้างสรรค์ คือ คนที่สามารถจะคิดอะไรได้อย่างสัมพันธ์เป็นลูกโซ่

อารี พันธมณี (2537, หน้า 25) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการ ทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัย อันนำไปสู่การคิดพบสิ่งแปลกใหม่ การคิดดัดแปลง ประยุกต์จากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎีหลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้มิใช่เพียงแต่ คิดในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่เห็นเหตุผล เพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่คิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่ แต่ต้องควบคู่กันไปกับความพยายามที่จะสร้างความคิดค้นหรือจินตนาการให้เป็นไปได้หรือเรียกว่าเป็นจินตนาการประยุกต์นั่นเอง จึงจะทำให้เกิดผลงาน

สมศักดิ์ ภูวิภาดาบรรณ (2537, หน้า 56) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 2 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน ยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอนตายตัว
2. ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน ผลงานนั้นต้องแปลกใหม่และมีคุณค่า

กล่าวคือ ใช้ได้โดยมีคนยอมรับ ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงกระบวนการคือการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งของหรือความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์เชิงบุคคล บุคคลนั้นต้องเป็นคนที่มีความแปลกเป็นตัวของตัวเอง เป็นผู้ที่มีความคิดคล่อง มีความยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้น ๆ ได้

รุ่งทิวา จักรกร (2528, หน้า 96) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิด การกระทำให้เกิดผลงานใหม่ ๆ ที่มนุษย์คิดและประดิษฐ์ขึ้นเป็นความสามารถในการคิด การทำผลงานสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เป็นประโยชน์อย่างใหม่ และแปลกไปจากความคิดหรือการกระทำของคนอื่นอย่างไม่มีใครนึกถึงมาก่อน

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถทางสมองของบุคคลที่จะคิดได้หลายทิศหลายทาง และความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ โดยมีสิ่งเร้าเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดความคิดใหม่ เกิดผลงานใหม่ ๆ ความคิดสร้างสรรค์นี้อาจเป็นความคิดใหม่ผสมผสานกับประสบการณ์ก็ได้ มีลักษณะที่เป็น อเนกนัย คือ ความคล่องแคล่วในการคิด (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

2. แนวคิดและทฤษฎีของความคิดสร้างสรรค์

อาร์ พันธ์ณี (2557, หน้า 30 อ้างถึงใน Guilford, 1960, unpagged) ได้แบ่งทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา สมรรถภาพสมองออกเป็น 3 มิติ คือ

มิติที่ 1 ด้านเนื้อหา (Content) หมายถึง วัตถุ หรือ ข้อมูลต่าง ๆ ที่รับรู้ใช้เป็นสื่อก่อให้เกิดความคิด เนื้อหาแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

1.1 เนื้อหาที่เป็นรูปภาพ (Figural Content: F) ได้แก่ วัตถุที่เป็นรูปธรรมต่าง ๆ ซึ่งสามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1.1.1 การเห็น (Visual)

1.1.2 การได้ยิน (Auditory)

1.1.3 สัญลักษณ์ (Symbolic)

1.2 เนื้อหาที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic content: S) ได้แก่ ตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ที่สร้างขึ้น เช่น พยัญชนะ ระบบจำนวน ซึ่งตามปกติเมื่ออยู่ตามลำพังจะปราศจากความหมาย แต่เนื่องจากเรารับรู้ความหมายขึ้นจึงใช้สื่อความหมายได้

1.3 เนื้อหาที่เป็นภาษา (Semantic Content: M) ได้แก่ ข้อมูลข่าวสาร
ที่มักจะอยู่ในรูปความหมายซึ่งแทนด้วยถ้อยคำหรือรูปภาพที่มีความหมาย

1.4 เนื้อหาที่เป็นพฤติกรรม (Behavior content: B) ได้แก่
สิ่งที่ไม่ใช่ถ้อยคำเป็นการแสดงออกของมนุษย์ เจตคติ ความต้องการ รวมถึงปฏิสัมพันธ์
ระหว่างบุคคล บางครั้งเรียกว่า สติปัญญาทางสังคม (Social intelligence)

มิติที่ 2 ด้านวิธีการคิด (Operation) หมายถึง กระบวนการคิดต่าง ๆ
ที่สร้างขึ้นมา ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ 5 ชนิด ดังนี้

2.1 การรับรู้และการเข้าใจ (Cognition: C) เป็นความสามารถทาง
สติปัญญาของมนุษย์ในการรับรู้และทำความเข้าใจ กับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัว

2.2 การจำ (Memory: M) เป็นความสามารถทางสติปัญญา
ของมนุษย์ในการสะสมเรื่องราว หรือข่าวสาร และสามารถระลึกได้เมื่อเวลาผ่านไป
ปี ค.ศ.1988 กิลฟอร์ดได้แบ่งความจำเป็น 2 ชนิด คือ ความจำที่บันทึกไว้ (Recording)
และความจำที่เก็บไว้ในความจำระยะยาว (Retention)

2.3 การคิดนอกเนกนัย หรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking: D)
เป็นความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า และแสดงออกมาได้หลาย ๆ แบบ หลายวิธี
ความคิดประเภทนี้มีความสำคัญต่อความคิดสร้างสรรค์

2.4 การคิดเอกนัย หรือการคิดแบบรวม (Convergent thinking: N)
เป็นความสามารถที่เน้นเรื่องความถูกต้องของคำตอบที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าเป็น
คำตอบที่ดีที่สุด

2.5 การประเมินค่า (Evaluation: E) เป็นความสามารถในการตัดสิน
สิ่งที่รับรู้ จำได้ หรือ กระบวนการคิดนั้นมีคุณค่า ความถูกต้อง ความเหมาะสม
หรือมีความเพียงพอหรือไม่อย่างไร

มิติที่ 3 ด้านผลผลิตของความคิด (Product) หมายถึง ความสามารถที่
เกิดขึ้นจากการผสมผสานมิติด้านเนื้อหา และด้านปฏิบัติการเข้าด้วยกันเป็นผลผลิต
เมื่อสมองรับรู้วัตถุ/ข้อมูล ทำให้เกิดความคิดในรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถให้ผลออก
ต่างกัน 6 ชนิด ดังนี้

3.1 แบบหน่วย (Unit: U) เป็นสิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว
และมีความแตกต่างจากสิ่งอื่นที่เป็นลักษณะเฉพาะ

3.2 แบบกลุ่ม (Classes: C) เป็นกลุ่มของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติบางประการร่วมกัน

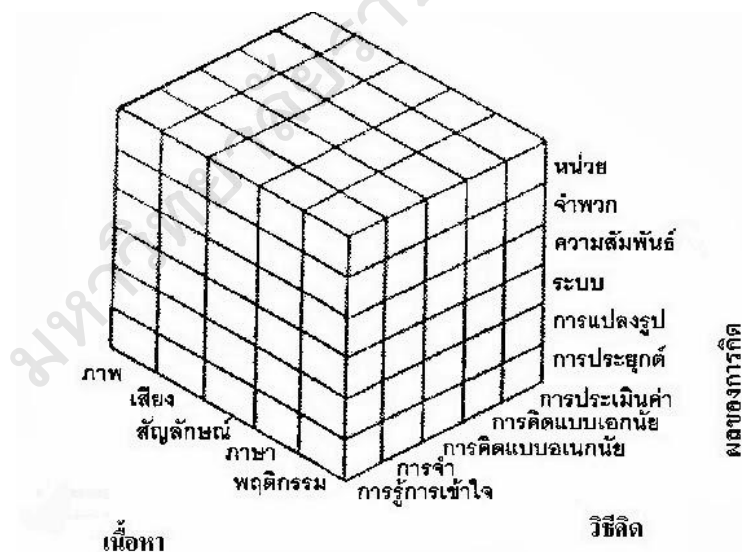
3.3 แบบความสัมพันธ์ (Relation: R) เป็นการเชื่อมโยง 2 สิ่งเข้าด้วยกัน เช่น เชื่อมโยงลูกโซ่ เชื่อมโยงคำ เชื่อมโยงความหมาย

3.4 ระบบ (System: S) เป็นแบบแผน หรือการรวมหน่วยจำพวกของข้อมูลข่าวสารหรือการแสดงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของส่วนประกอบ ซึ่งอาจเป็นทฤษฎีหลักการ

3.5 การแปลงรูป (Transformation: T) เป็นการเปลี่ยนแปลงการหมุนกลับ การขยายความข้อมูลจากสภาพหนึ่งไปยังอีกสภาพหนึ่ง เป็นต้นว่าการให้คำจำกัดความใหม่หรือการคิดแปลงข้อมูลข่าวสารที่มีอยู่แล้วเสียใหม่

3.6 การประยุต์ (Implication: I) เป็นผลการคิดที่คาดหวัง หรือการทำนายจากข้อมูลที่กำหนดให้

โครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง 3 มิตินี้ รวมกันแล้วได้ความสามารถของสติปัญญา 120 แบบ หรือ 120 เซลล์ ดังภาพประกอบ 3

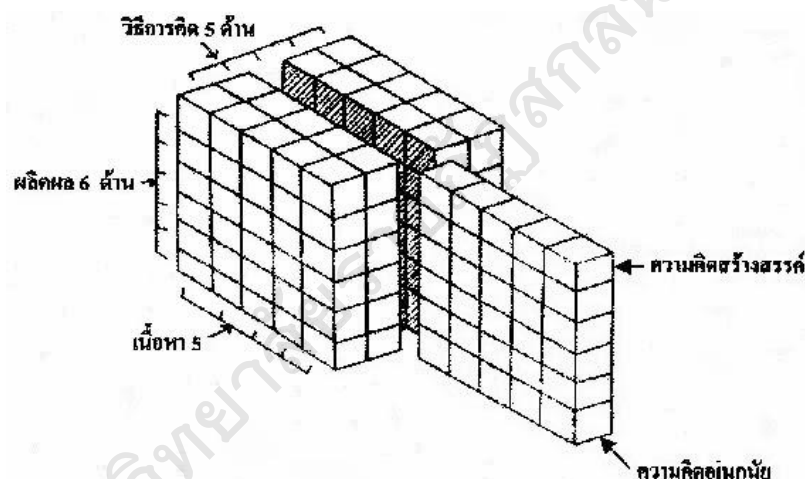


ภาพประกอบ 3 โครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง

ที่มา : <http://mathsfree4u.blogspot.com/2013/10/02-2.html>

จากภาพประกอบ 3 จะเห็นได้ว่า โครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองหรือโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford แบ่งออกเป็น 120 เซลล์ ($4 \times 5 \times 6$) หรือ 120 องค์ประกอบ โดยในแต่ละองค์ประกอบจะประกอบด้วยหน่วยย่อยของ 3 มิติ เรียงจาก ด้านเนื้อหา ด้านวิธีการคิด และด้านผลผลิตของความคิด

โครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford จะเน้นเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ แบบการคิดนอกเนกนัย หรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking: D) และเมื่อนำการคิดแบบนอกเนกนัยไปสัมพันธ์กับมิติ ด้านเนื้อหา ซึ่งจะมีองค์ประกอบย่อย ๆ 4 ประการคือ ภาพ สัญลักษณ์ ภาษา และพฤติกรรม และมิติด้านผลผลิตของความคิด มีองค์ประกอบย่อย ๆ 6 ประการ คือ แบบหน่วย แบบกลุ่ม ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูป และการประยุกต์ จะได้ความสามารถ 24 แบบ หรือ 24 เซลล์ ($1 \times 4 \times 6$) ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 สมรรถภาพด้านความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด

ที่มา : <http://mathsfree4u.blogspot.com/2013/10/02-2.html>

จากภาพประกอบ 4 จะเห็นได้ว่าแบบทดสอบของ Guilford จะเป็น การวัดการคิดนอกเนกนัย หรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking: D) โดยมุ่งวัด ตัวประกอบในแต่ละเซลล์ตามโครงสร้างสมรรถภาพสมองซึ่งมี 3 มิติ แบ่งได้เป็น 24 รูปแบบ ได้แก่ DFU, DFC, DFR, DFS, DFT, DFI, DSU, DSC, DSR, DSS, DST, DSI, DMU, DMC, DMR, DMS, DMT, DMI, DBU, DBC, DBR, DBS, DBT, DBI

การทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford ซึ่งเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดแบบนอกเนกนัย

ซึ่งประกอบด้วย ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว และความคิดละเอียดลออ โดยทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาแบ่ง สมรรถภาพสมองออกเป็น 3 มิติ คือ มิติด้านเนื้อหา มิติด้านวิธีการคิด และมิติด้านผลผลิตของความคิด

3. องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์นี้ได้รับอิทธิพลมาจากทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของ Guilford (1960) ซึ่งเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้อย่างซับซ้อน กว้างไกล หลายทิศทาง หรือที่เรียกว่า คิดนอกเนกนัย ซึ่งประกอบด้วย ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดย Guilford ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1.1 ความคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

1.2 ความคล่องแคล่วทางการโยนสัมพันธ์ เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

1.3 ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก เป็นความสามารถในการใช้สีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

1.4 ความคล่องแคล่วในการคิด เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ใช้คิดหาประโยชน์ของก้อนอิฐให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดซึ่งอาจเป็น 5 นาที หรือ 10 นาที

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ประเภทหรือแบบของการคิด แบ่งออกเป็น

2.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างของคนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้ว่าประโยชน์ของหนังสือพิมพ์มีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่ยืดหยุ่นสามารถจัดกลุ่มได้หลายทิศทางหรือหลายด้าน เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้า เพื่อธุรกิจ ฯลฯ ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดสร้างสรรค์จะคิดได้เพียงทิศทางเดียว คือ เพื่อรู้ข่าวสาร เท่านั้น

2.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความยืดหยุ่นจะคิดดัดแปลงได้ไม่ซ้ำกัน

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่มมีหลายระดับซึ่งอาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครสอน แม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม

4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่ง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นการคิดนอกนัยที่ประกอบด้วยความคล่องแคล่วในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

อารี รังสินนท์ (2527, หน้า 24-34) อธิบายองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้โดยสรุปดังนี้

1. ความคล่องตัว หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันเมื่อตอบปัญหาเรื่องเดียวกันความคล่องในการคิดนี้มีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธี และต้องการนำวิธีการเหล่านั้นมาทดลองจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้อง

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ประเภท หรือแบบของความคิด แบ่งออกเป็น

2.1 ความคิดยืดหยุ่น ที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถในการคิดอย่างอิสระให้ได้คำตอบหลายแนวทางในขณะที่คนทั่วไปจะคิดได้แนวทางเดียว

2.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง เป็นความสามารถในการดัดแปลง ของสิ่งเดียวให้เกิดประโยชน์หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่มที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก เป็นความคิดที่จำเป็นต้องอาศัยจินตนาการผสมกับเหตุผลแล้วหาทางทำให้เกิดผลงาน ผู้ที่มีความคิดริเริ่มเป็นคนกล้าคิด กล้าแสดงออก พร้อมทั้งกับทดลอง ทดสอบความคิดนั้นอยู่เสมอ

4. ความคิดละเอียดลออ เป็นลักษณะของความพยายามในการใช้ความคิด และประสานความคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดความสำเร็จ

4. วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์

เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Guilford
เกณฑ์พิจารณาคำตอบในลักษณะที่เป็นการคิดหลายทาง คิดนอกกรอบ หรือการคิดแบบ
กระจาย (Divergent thinking: D) มีเกณฑ์ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง คะแนนที่ได้จากการนับจำนวนคำตอบทั้งหมดที่แตกต่างกัน ให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน และไม่คำนึงถึงว่าคำตอบเหล่านี้จะไปซ้ำกับคำตอบของคนอื่นหรือไม่
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง คะแนนที่ได้จากการนับจำนวนคำตอบที่ไม่อยู่ในทิศทางเดียวกัน หรือคำตอบที่อยู่ในประเภทที่แตกต่างกัน โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน และไม่คำนึงว่าคำตอบเหล่านี้จะไปซ้ำกับคนอื่นหรือไม่
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) ให้คะแนนตามสัดส่วนของความถี่ของคำตอบ คำตอบใดที่กลุ่มตัวอย่างตอบซ้ำกันมาก ๆ ก็ให้คะแนนน้อยหรือไม่ได้คะแนนเลย ถ้าคำตอบซ้ำกับคนอื่นน้อย หรือไม่ซ้ำเลยก็จะได้คะแนนมากขึ้น เกณฑ์การให้คะแนนยึดหลักดังนี้

คำตอบซ้ำ	ร้อยละ 12 ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน
คำตอบซ้ำ	ร้อยละ 6-12	ให้ 1 คะแนน
คำตอบซ้ำ	ร้อยละ 3-5	ให้ 2 คะแนน
คำตอบซ้ำ	ร้อยละ 2	ให้ 3 คะแนน
คำตอบซ้ำ	ไม่เกินร้อยละ 1	ให้ 4 คะแนน

ฉะนั้นถ้าจะให้คะแนนความคิดริเริ่มก็ต้องใช้วิธีนับความถี่ของคำตอบของกลุ่มโดยขีดเป็นรอยความถี่จนครบทุก ๆ คน จึงตรวจสอบความถี่นั้นเทียบกับเกณฑ์ข้างต้น แล้วให้คะแนน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) ให้คะแนนจากการพิจารณาคำตอบที่บอกรายละเอียดเพิ่มเติมจากแนวคิดเริ่มแรก ถ้าคำตอบไม่แตกต่างจากคำตอบพื้นฐานจะไม่ได้รับคะแนนใด ๆ แต่ถ้าตอบโดยบอกรายละเอียดเพิ่มขึ้นจะได้ 2 คะแนน

5. ความสัมพันธ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สนธิ พลชัยยา (2557, หน้า 7-8) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มว่าเป็นวิธีที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสะเต็มศึกษามีเป้าหมายสำคัญเพื่อนำนักเรียนไปสู่การคิดแก้ปัญหา และสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังช่วยเชื่อมโยงบทเรียนในห้องเรียน กับการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้จริง การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการหลักสะเต็มศึกษาเข้าไปในหลักสูตร หรือนำมาใช้เพียงบางส่วนเนื้อหาของเนื้อหาวิชา ก็นับได้ว่าเป็นการผสมผสานการเรียนรู้แบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพราะผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูง (Higher-Ordered Thinking) ได้แก่ กระบวนการคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งกระบวนการคิดขั้นสูงนี้ยังเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

จากข้อความข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะช่วยให้นักเรียนจะได้ฝึกการออกแบบ หรือการสร้างนวัตกรรม ที่จำเป็นต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดขั้นสูง ทั้งนี้จากการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford และความคิดสร้างสรรค์ในศตวรรษที่ 21 พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของ Guilford นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในศตวรรษที่ 21

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement) เป็นผลที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในการจัดการศึกษา นักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน จึงได้ให้ความสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นดัชนีประการหนึ่งที่สามารถบอกถึงคุณภาพการศึกษา ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

ศิริพร สอาดล้วน (2551, หน้า 28) กล่าวว่า ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลรวมของมวลประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ในด้านของทักษะความรู้ และความสามารถ ซึ่งผลการเรียนรู้นั้นสามารถแสดงออกมาได้และสามารถที่จะวัดได้

สุพัตรา เกษมเรืองกิจ (2551, หน้า 32) กล่าวว่า ความหมาย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความเข้าใจความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะทางวิชาการรวมทั้งสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ ที่ได้จากการอบรมสั่งสอน และวัดได้โดยอาศัยเครื่องมือ และวิธีการที่หลากหลาย

รสริน พันธุ์ (2550, หน้า 37) กล่าวว่า ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ผลของการเรียนการสอนหรือความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการได้รับการฝึกฝน สั่งสอนในด้านความรู้ และทักษะที่ได้พัฒนาขึ้นตามลำดับชั้นในวิชาต่าง ๆ

ศิริชัย นามบุรี (2550, หน้า 31) กล่าวว่า ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากการอบรม สั่งสอน การค้นคว้า ประสบการณ์ต่าง ๆ หรือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถของบุคคลซึ่งวัดได้โดยใช้แบบทดสอบต่าง ๆ

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความสำเร็จความสามารถของบุคคลในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านความรู้ และทักษะกระบวนการ ตลอดจนค่านิยมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการเรียนการสอนการฝึกฝนอบรมมาแล้ว

2. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบแตกต่างกันไป จะใช้รูปแบบใดก็ควรพิจารณาถึงจุดประสงค์ในการวัดเป็นสำคัญ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้ (สุทธิวรรณ พันธ์ศิริโสภณ, 2561, หน้า 2)

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ครูสร้างขึ้นเอง

2.2 แบบทดสอบมาตรฐาน

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครูสร้างขึ้นเอง เพื่อใช้วัดความรู้ความสามารถของนักเรียน จำแนกออกได้ ดังนี้

1. ชนิดที่ผู้สอบเป็นผู้ให้คำตอบ ได้แก่

1.1 แบบทดสอบแบบอัตนัย หรือความเรียง (Subjective Test or Essay Test) จำแนกออกเป็น

1.1.1 แบบจำกัดคำตอบ (Restricted-Response Type)

1.1.2 แบบไม่จำกัดคำตอบ (Unrestricted-Response Type)

1.2 แบบทดสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้น (Completion or Short-Answer Test)

2. แบบทดสอบชนิดที่ให้ผู้สอบเลือกคำตอบ ได้แก่

2.1 แบบทดสอบแบบถูกผิด (True-False Test)

2.2 แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching Test)

2.3 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test)

3. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เนื่องจากแบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอันจะทำให้ครูได้ทราบถึงพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน และทราบถึงประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน การสร้างแบบทดสอบที่ดีมีคุณภาพจึงไม่ใช่ของง่ายสำหรับครูผู้ออกข้อสอบ ดังนั้นจึงควรมีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ ดังนี้ (สุทธิวรณ ไพร์คคติโสภณ, 2561, หน้า 2-3)

3.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้แน่ชัดว่าจะสอบเพื่ออะไร
สอบกับใคร ในระดับชั้นใด

3.2 กำหนดลักษณะของสิ่งที่วัด ในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้วัดต้องรู้ว่าสิ่งที่ต้องการจะวัดนั้นคืออะไร เช่น ต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วัดจะต้องรู้ว่าในสาระของกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์นี้มีจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนอย่างไร ประกอบด้วยเนื้อหาใดบ้าง ต้องการให้ผู้เรียนบรรลุพฤติกรรมใดบ้าง พฤติกรรมเหล่านั้นเป็นอย่างไร ต้องกำหนดให้ชัดเจน ซึ่งอาจศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และทฤษฎีต่าง ๆ ได้

ในขั้นตอนนี้เราอาจพิจารณาจากตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ได้ทำไว้แล้ว

3.3 กำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด

ในการกำหนดชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดนั้นพิจารณาจากคุณลักษณะของสิ่งที่เราจะวัดว่าคืออะไร ซึ่งดูได้จากตารางวิเคราะห์หลักสูตร และต้องดูด้วยว่าวัดพฤติกรรมใด จะวัดกับใคร ที่ไหน เมื่อไร อย่างไรด้วย เพราะเครื่องมือที่ใช้วัดมีหลายชนิด แต่ละชนิดก็เหมาะกับคุณลักษณะที่จะวัดต่างกัน ดังนั้นผู้สร้างต้องรู้ลักษณะของเครื่องมือแต่ละชนิดด้วย

3.4 เขียนข้อสอบ

เมื่อกำหนดได้แล้วถึงชนิดของเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ ก็เริ่มลงมือเขียนข้อสอบ โดยเขียนให้สอดคล้องกับคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด และให้ถูกต้องตามหลักวิชาของการเขียนข้อสอบแต่ละชนิดด้วย

3.5 ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไข

เมื่อเขียนข้อสอบเสร็จแล้ว ควรให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญควรประกอบด้วยบุคคล 2 ฝ่าย คือ ผู้เชี่ยวชาญ ในเนื้อหาสาระวิชาและ ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ทางด้านวัดผลเป็นผู้พิจารณาคำถามและคำตอบว่าถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่ ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ อีกทั้งภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบ ถูกต้องตามหลักวิชาหรือไม่

3.6 การทดลองใช้ข้อสอบ

หลังจากที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไขแล้ว ก็นำแบบทดสอบไปทดลองใช้แล้วนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพ และพัฒนาแบบทดสอบต่อไป ในการทดลองใช้อาจต้องทำหลาย ๆ ครั้งจนสามารถพัฒนาแบบทดสอบได้มีคุณภาพเป็นที่พอใจจึงนำไปใช้จริงในการสอบต่อไป

3.7 สร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนน

การสร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนนก็เพื่อต้องการบอกให้ทราบว่า ถ้าบุคคลใดสอบได้คะแนนเท่าไร เขาจะเป็นผู้ที่มีความสามารถหรือมีลักษณะพฤติกรรมอย่างไร

3.8 การเขียนรายงานและคู่มือการใช้

การเขียนรายงานและคู่มือการใช้ จะทำให้ผู้นำไปใช้ได้รู้ถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบนั้น และรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการสอบว่าจะปฏิบัติอย่างไร คะแนนที่แต่ละคนสอบได้จะแปลความหมายอย่างไร ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้เลือกใช้แบบทดสอบได้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายในการสอบด้วย

4. ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

แบบทดสอบที่ดีมีคุณภาพย่อมทำให้ผลการวัดที่ได้มีความถูกต้อง แต่ถ้าแบบทดสอบมีคุณภาพไม่ดีย่อมทำให้ผลการวัดมีความผิดพลาด ดังนั้นในการวัดผลการศึกษาคุณภาพของเครื่องมือ ย่อมเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ ลักษณะของเครื่องมือวัดผลที่ดีมีหลายประการ ดังนี้ (สุทธิวรรณ พิศักดิโสภณ, 2561, หน้า 1)

4.1 ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง การวัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดได้อย่างถูกต้อง

4.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง การวัดที่ให้ผลแน่นอน สม่ำเสมอ คงเส้นคงวา (Consistency) เป็นที่มั่นใจหรือเชื่อถือในผลที่วัดได้จริง ถึงแม้จะมีการวัดซ้ำอีก ผลที่ได้ก็ย่อมแน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

4.3 ความเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง ความแจ่มชัดของคำถามที่ทำให้ผู้ตอบเข้าใจความหมายได้ถูกต้องตรงกัน ข้อคำถามที่มีความเป็นปรนัยต้องมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

4.3.1 ข้อคำถามมีความชัดเจนว่าต้องการถามอะไร

4.3.2 การตรวจให้คะแนนได้ตรงกันไม่ว่าจะให้ใครตรวจก็ตาม

4.3.3 คะแนนที่ได้สามารถแปลความหมายได้ตรงกัน

4.4 อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นความสามารถในการแยกหรือจำแนกบุคคลที่มีคุณลักษณะหรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้

4.5 ความยากพอเหมาะ (Difficulty) เป็นคุณลักษณะของข้อสอบที่ไม่ยากเกินไปหรือง่ายเกินไป

4.6 วัดอย่างลึกซึ้ง (Searching) หมายความว่า ลักษณะของคำถามวัดได้ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการวัด และไม่เป็นคำถามที่วัดแต่เพียงความรู้ความจำอย่างเดียว

4.7 ยุติธรรม (Fair) เป็นลักษณะของคำถามที่ไม่ถาม เพื่อเปิดโอกาสให้คนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือบุคคลใดบุคคลหนึ่งได้เปรียบในการตอบมากกว่าคนในกลุ่มหนึ่งหรือบุคคลหนึ่ง

4.8 มีความจำเพาะเจาะจง (Definite) ไม่ถามหลายแง่หลายมุมในข้อเดียวกัน และควรถามคำถามเดียวในแต่ละข้อ

5. การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนหนึ่งวัดได้โดยการใช้แบบทดสอบ ซึ่งเรียกว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

รัฐพล ประดับเวทย์ (2560, หน้า 1052 อ้างถึงใน Bloom, et al., 1956, unpagged) กล่าวว่า สิ่งใดก็ตามที่มีปริมาณอยู่จริงนั้นสามารถวัดได้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก็อยู่ภายใต้กรอบแนวคิดดังกล่าว ซึ่งการวัดจะเป็นประโยชน์ที่ทำให้ทราบถึงระดับความรู้ ทักษะ และเจตคติของนักเรียน ระดับความรู้ความสามารถตามแนวคิดของ Bloom มี 6 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ความจำ คือ ความสามารถในการรับรู้และระลึกถึงความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้

2. ความเข้าใจ คือ ความสามารถในการจับใจความสำคัญของสื่อ และสามารถแสดงออกมาในรูปของการแปลความ ตีความ คาดคะเน ขยายความ หรือการกระทำอื่น ๆ

3. การนำไปใช้ คือ ความสามารถในการนำความรู้ หลักการ หรือทฤษฎี ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ จึงจะสามารถนำไปใช้ได้

4. การคิดวิเคราะห์ คือ สามารถคิด หรือแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน

5. การสังเคราะห์ คือ ความสามารถในการที่ผสมผสานส่วนย่อย ๆ เข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันอย่างมีระบบ เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่สมบูรณ์และดีกว่าเดิม อาจเป็นการถ่ายทอดความคิดออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย การกำหนดวางแผนวิธีการดำเนินงาน ขึ้นใหม่ หรืออาจจะเกิดความคิดในอันที่จะสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นนามธรรมขึ้นมาในรูปแบบ หรือแนวคิดใหม่

6. การประเมินค่า คือ ความสามารถในการตัดสินใจ ตีราคา หรือสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ออกมาในรูปของคุณธรรมอย่างมีกฎเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นไปตามเนื้อหาสาระในเรื่องนั้น ๆ หรืออาจเป็นกฎเกณฑ์ที่สังคมยอมรับก็ได้

ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

1. ความหมายของประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

ความหมายของคำว่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) ได้มีผู้ให้คำนิยามความหมายไว้หลากหลายดังนี้

สวัสดิ์ กาญจนสุวรรณ (2542, หน้า 4) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง การใช้ทรัพยากรและเวลาน้อย แต่งานบรรลุเป้าประสงค์และมีคุณภาพมาก

กฤษฎ์ อุทัยรัตน์ (2545, หน้า 350) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ที่บรรลุแล้วโดยการเปรียบเทียบกับทรัพยากรที่ใช้ไป

ราชบัณฑิตยสถาน (2546, หน้า 667) ได้ให้ความหมายของคำว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เกิดผลในการทำงาน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, หน้า 7) กล่าวว่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงาน เพื่อให้งานเกิดความสำเร็จ บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยใช้เวลา ความพยายามและค่าใช้จ่ายค่าน้อยที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนหรือร้อยละ

จากการศึกษาความหมายข้างต้นประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ให้สำเร็จลุล่วงตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย หมายถึง คุณภาพของสื่อที่สร้างขึ้น เพื่อเอื้ออำนวยเงื่อนไขให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ถูกต้องถึงระดับเกณฑ์ที่คาดหวัง

2. การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

เฟิชญู กิจระการ (2544, หน้า 30-36) วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนเป้าหมายการหาประสิทธิภาพของสื่อ ประสิทธิภาพที่วัดส่วนใหญ่จะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การทำแบบฝึกหัด หรือกระบวนการเรียนระหว่างเรียน หรือแบบทดสอบย่อย โดยแสดงค่าเป็นตัวเลข 2 ตัว เช่น $E_1/E_2 = 75/75$ เป็นต้น

2.1 เกณฑ์ 75/75 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 75 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 75 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ถือว่าเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

2.2 เกณฑ์ 75/75 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 75 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนร้อยละ 75 ทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 75 ทุกคน ส่วนตัวเลข 75 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้นได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75

2.3 เกณฑ์ 75/75 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 75 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ส่วนตัวเลข 75 ตัวหลัง (E_2) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ที่นักเรียนทำเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียนโดยเทียบกับคะแนนที่ทำได้ก่อนการเรียน

2.4 เกณฑ์ 75/75 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 75 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ส่วนตัวเลข 75 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนร้อยละ 75 (ถ้านักเรียนทำ

ข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนไม่ถึงร้อยละ 75 แสดงว่าสื่อไม่มีประสิทธิภาพและชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีข้อบกพร่อง)

การวิจัยในครั้งนี้ได้ตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ 75/75 โดยใช้ตามความหมายในลักษณะที่ 1 คือ ตัวเลข 75 ตัวแรก (E_1) คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบย่อยระหว่างเรียน ส่วน 75 ตัวหลัง (E_2) คือ ร้อยละของคะแนนที่เฉลี่ยได้ จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post-Test) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทุกคน

ความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของความพึงพอใจ

การจัดการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จนั้นผู้สอนต้องคำนึงถึงความพึงพอใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ เพราะหากผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้แล้ว ย่อมส่งผลในการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งนักวิชาการหลายท่านได้ศึกษาและให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ดังนี้

ทวีพงษ์ หินคำ (2541, หน้า 8) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจว่าเป็นความชอบของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ซึ่งสามารถลดความตึงเครียดและตอบสนองความต้องการของบุคคลได้ ทำให้เกิดความพึงพอใจต่อสิ่งนั้น

ฉนิยา บุญญาแก้ว (2541, หน้า 12) ได้ให้ความหมายว่า สิ่งที่ทำให้เกิดความพึงพอใจที่เกี่ยวกับลักษณะของงาน ปัจจัยเหล่านี้นำไปสู่ความพอใจในงานที่ทำ ได้แก่ ความสำเร็จ การยกย่อง ลักษณะงาน ความรับผิดชอบ และความก้าวหน้า เมื่อปัจจัยเหล่านี้อยู่ต่ำกว่า จะทำให้เกิดความไม่พอใจงานที่ทำ ถ้าหากงานให้ความก้าวหน้า ความท้าทาย ความรับผิดชอบ ความสำเร็จ และการยกย่องแก่ผู้ปฏิบัติงานแล้ว พวกเขาจะพอใจและมีแรงจูงใจในการทำงานเป็นอย่างมาก

วิทย์ เทียงบุญธรรม (2541, หน้า 754) ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า หมายถึง ความพอใจ การทำให้พอใจ ความสนใจ ความสนใจ ความสนใจ ความสนใจ การชดเชย และการไถ่บาปการแก้แค้นสิ่งที่ชดเชย

วิรุฬห์ พรหมเทวี (2542, หน้า 11) ให้ความหมายไว้ว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกภายในจิตใจของมนุษย์ที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งเป็นอยู่กับแต่ละบุคคลว่าจะคาดหวังกับสิ่งหนึ่ง สิ่งใดอย่างไร ถ้าคาดหวังหรือมีความตั้งใจมากและได้รับการตอบสนองด้วยดี

จะมีความพึงพอใจมากแต่ในทางตรงกันข้ามอาจผิดหวังหรือไม่พึงพอใจเป็นอย่างยิ่ง เมื่อไม่ได้รับการตอบสนองตามที่คาดหวังไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนตั้งใจไว้ว่าจะมีมากหรือน้อย

กาญจนา อรุณสุขขุจิ (2546, หน้า 5) กล่าวว่า ความพึงพอใจของมนุษย์ เป็นการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่า บุคคลมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน และต้องมีสิ่งที่ตรงต่อความต้องการของบุคคล จึงจะทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจ ดังนั้นการสร้างสิ่งเร้าจึงเป็นแรงจูงใจของบุคคลนั้นให้เกิดความพึงพอใจในงานนั้น

สรุปความหมายของความพึงพอใจได้ว่า เป็นความรู้สึกของบุคคลในทางบวก ความชอบ ความสบายใจ ความสุขใจต่อสภาพแวดล้อมในด้านต่าง ๆ หรือเป็นความรู้สึกที่พอใจต่อสิ่งทำให้เกิดความชอบ ความสบายใจ และเป็นความรู้สึกที่บรรลุถึงความต้องการ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้สอนควรจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนนั้นเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ

2. การวัดระดับความพึงพอใจ

รัศมี พรหมไพสณฑ์ (2559, หน้า 68 อ้างถึงใน บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 68-85) กล่าวว่า ความสัมพันธ์มาตรการการวัดอาจทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. ใช้แบบสอบถาม เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยให้ผู้ที่ต้องการให้แสดงความคิดเห็นตอบลงในแบบฟอร์มที่สร้างขึ้น
2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจทางตรงได้ทางหนึ่ง เหมาะสำหรับกลุ่มตัวอย่าง สามารถใช้ได้ทั้งเด็กจนถึงวัยชรา แต่ต้องอาศัยเทคนิคและความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ที่จะจูงใจให้ผู้ตอบคำถามตอบตามข้อเท็จจริง
3. การสังเกตการณ์ เป็นการสังเกตพฤติกรรมทั้งก่อนและหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ การวัดโดยวิธีนี้จะต้องกระทำอย่างจริงจัง และมีแบบแผนที่แน่นอน จะเห็นได้ว่าการวัดความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้นั้นสามารถกระทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความสะดวก เหมาะสม ตลอดจนจุดมุ่งหมายของการวัดด้วย จึงจะส่งผลให้การวัดนั้นมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือได้

จากข้อความดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจนั้นผู้วัดสามารถเลือกวิธีการวัดรูปแบบใดก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้วัด

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามวัดความพึงพอใจชนิดปลายปิด แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ เพื่อวัดความรู้สึกชื่นชอบ พอใจ ของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวัดความพึงพอใจ 4 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

พรสวรรค์ วงศ์ดารธรรม (2558, บทคัดย่อ) การพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 มีความแตกต่างจากศตวรรษที่ผ่านมาเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ อย่างมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านเทคโนโลยี ซึ่งเป็นโลกแห่งนวัตกรรมที่มุ่งเน้น ความสร้างสรรค์ แปลกใหม่ ไม่ซ้ำเดิม ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ต้องเน้นทักษะกระบวนการ คิดที่สามารถเน้นให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์เพื่อตอบโจทย์ของการ เปลี่ยนแปลงของยุคสมัยในขณะนี้ ซึ่งทักษะการคิดที่กล่าวถึงคือ การคิดแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์ ที่เป็น กระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ที่มาจากแนวคิดใหม่ ๆ อย่างหลากหลาย ประกอบด้วยการคิดเอกลัทธิที่อาศัยความรู้และ ประสบการณ์เดิม และความคิดนอกกรอบจากความคิดสร้างสรรค์ทั้งในด้านการคิดคล่อง ริเริ่ม ยืดหยุ่น และละเอียดลออ ที่ส่งเสริมกันอย่างเหมาะสม เพื่อนำไปปรับใช้ในการ แก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ในยุคสมัยแห่งศตวรรษที่ 21

ภัสสร ติตมา (2558, หน้า 92-96) ได้ทำการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้โดยได้คะแนน ความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป และนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง อวัยวะโดยบอกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล จินตนาการแบบร่างแบบจำลองอวัยวะ วางแผนการทำงาน คำนึงถึงราคา คุณสมบัติของวัสดุ สร้างและปรับปรุงแบบจำลอง อวัยวะให้สมบูรณ์ได้ ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมากขึ้นได้

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559, หน้า 128-129) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิด สร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การ

จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงการเป็นฐาน ผลปรากฏว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.93/44.55 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 98.14/80.00 ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และ 2 มีพัฒนาการที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียนด้วยกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน และนักเรียนมีเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 อยู่ในระดับมากและวงรอบปฏิบัติการที่ 2 อยู่ในระดับมากที่สุด

เวิน ริทศน์โส, ถาดทอง ปานศุภวัชร และสำราญ กำจัดภัย (2559, หน้า 147-159) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่องสารในชีวิตประจำวัน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลปรากฏว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.99/77.32 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จิตวิทยาาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำเพชร กะการดี (2560, หน้า 57) ได้ทำการวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ลัดดาวลย์ นงประโคน (2560, หน้า 71) ได้ทำการวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้านความคิดริเริ่ม และความคิดคล่องแคล่ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนด้านความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิชชุตา สารกรณ์ (2560, หน้า 78-80) ได้ทำการติดตามและประเมินผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และเจตคติของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในชั้นเรียนฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่นมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดละเอียดลออ และด้านความคิดคล่องแคล่ว ตามลำดับ โดยภาพรวมระดับความคิดอยู่ในระดับมาก

อดิศร บรรหาร (2560, หน้า 89-97) ได้ทำการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนวิชาฟิสิกส์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ มีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนและเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ชนกานต์ โหมงาม และคณะ (2561, หน้า 33-55) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีมผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนห้องเรียนวิศวกรรมศาสตร์-วิทย์ (โครงการ รวมว.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มคือการผนวกหรือบูรณาการแนวความคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน นอกจากนั้นสำหรับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 กิจกรรมช่วยพัฒนาทักษะการคิด (soft skills) เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนคิด จินตนาการ เป็นโจทย์เปิดที่กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Tawfik, A., Trueman, R. J., & Lorz, M. M. (2014, pp. 75–84) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) และการเรียนรู้ผ่านการให้บริการ (Service Learning) ในวิชาชีววิทยา ให้กับนักเรียนไม่ได้เรียนสาขาวิทยาศาสตร์ โดยต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางชีววิทยาโดยที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในโครงการทำความสะอาดทะเลสาบ ภายในมหานครชิคาโก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนสอบปลายภาค ผลจากการศึกษาปรากฏว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) และการเรียนรู้ผ่านการให้บริการ (Service Learning) ทำให้ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้น จากคะแนนก่อนเรียน 34.5% และหลังเรียน 56.7% และผล t-test ยังแสดงว่า การบูรณาการระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) และการเรียนรู้ผ่านการให้บริการ (Service Learning) ทำให้ผลคะแนนของนักเรียนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ดีขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา

Lyn, D. & Donna, T. (2015, pp. 1–18) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อพัฒนาระบบการสืบเสาะของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ วิชาอวกาศ โดยวิธีการจัดการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน คือ 1) นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถดำเนินการออกแบบเครื่องบินเบื้องต้นได้และมีการออกแบบเครื่องบินในรูปแบบที่แตกต่างกัน 2) นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถเลือกวัสดุนำมาสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม 3) นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถแก้ปัญหาและคิดคำนวณการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง และสิ่งที่น่าสนใจ คือนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ในการออกแบบชิ้นงานและแก้ไขปัญหาได้ ผลจากการศึกษาปรากฏว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถพัฒนาศักยภาพนักเรียนให้มีความพร้อมก่อนที่จะเป็นนักวิศวกร ซึ่งนักเรียนได้ฝึกการออกแบบและสร้างชิ้นงาน สามารถสร้างองค์ความรู้และลงมือแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง และสามารถบูรณาการความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ความรู้ทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ได้

Hiong, L. C., & Osman, K. (2015, pp. 137–147) ได้ศึกษาการสอนแบบบูรณาการวิชาชีววิทยาเข้ากับเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ หรือ BTEM เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 พบว่า นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิชาชีววิทยา นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งนักเรียนต้องมีการค้นหาแนวทางในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น การใช้เทคโนโลยีจะช่วยให้นักเรียนได้ข้อมูลตามที่ต้องการ และคณิตศาสตร์ใช้ในการคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้

Erdogan, N., Navruz, B., Younes, R. & Capraro, R. M. (2016, pp. 2139–2157) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ว่าส่งผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างไร กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจำนวน 565 คน จากโรงเรียนมัธยม 3 โรงเรียนในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐ โดยโรงเรียนแรกมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษาอย่างเข้มข้นโรงเรียนที่สองมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง และโรงเรียนที่สามแทบจะไม่มีกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษาเลย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนแรกแตกต่างจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนที่สองและสามอย่างมีนัยสำคัญ

Barak, M. (2018, pp. 121–144) ได้ศึกษารูปแบบของการออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียนในหลักสูตรหุ่นยนต์ วิชาสะเต็มศึกษา (STEM) และศึกษาการส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน ผลจากการศึกษาปรากฏว่า ในการทดสอบความรู้เกี่ยวกับรูปแบบของการออกแบบการแก้ปัญหา มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มีรูปแบบการคิดที่ซับซ้อน จากการสังเกต การสัมภาษณ์ และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนทุกคนมีแรงจูงใจสูงในการทำกิจกรรม อย่างไรก็ตามในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลักสูตรนี้ควรตระหนักถึงศักยภาพของนักเรียนในการออกแบบอย่างรอบคอบ และควรตระหนักถึงนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนรู้ต่างกัน นักเรียนเหล่านี้ยังต้องได้รับความรู้เพิ่มเติมและทักษะก่อนที่จะทำกิจกรรมที่ซับซ้อนขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ปัญหาจากการลงมือปฏิบัติจริง เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ มีความคล่องแคล่วในการคิด มีความยืดหยุ่นในการคิด เกิดความคิดริเริ่ม และมีความคิดละเอียดลออ สามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบเชิงวิศวกรรม และความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ไขปัญหาได้สร้างสรรค์ อีกทั้งความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกันตนเอง จะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน อย่างไรก็ตามการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ท้าทาย เหมาะสมกับวัย และคำนึงถึงความพร้อมของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 4 ห้องเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 30 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 30 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 34 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 32 คน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 126 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling Technique) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pre-test and Post-test Design) (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2551, หน้า 133) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัย ดังตาราง 4

ตาราง 4 แบบแผนของการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง
(One Group Pre-test and Post-test Design)

กลุ่ม	การทดสอบ ก่อนการทดลอง	ตัวแปรทดลอง	การทดสอบ หลังการทดลอง
กลุ่มการทดลอง	T ₁	X	T ₂

T₁ แทน การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test)

T₂ แทน การทดสอบหลังการทดลอง (Post-test)

X แทน การจัดการกระทำ (Treatment) การเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน 18 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วัดความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่

- 1) ความคิดคล่องแคล่ว
- 2) ความคิดยืดหยุ่น

3) ความคิดริเริ่ม

4) ความคิดละเอียดลออ

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามมาตรารัดแบบลิเคิร์ต (Likert) โดยวัดความพึงพอใจ 4 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งดำเนินการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพของเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา ดังนี้

1.1.1 การศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.1.2 ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้แกนกลาง จุดประสงค์การเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะสำคัญ ความคิดสร้างสรรค์ วิิธีสอน/กิจกรรมการสอน ภาระงาน/ชิ้นงาน และเครื่องมือวัดประเมินผล ดังตาราง 5

ตาราง 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้แกนกลาง จุดประสงค์การเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
สมรรถนะสำคัญ ความคิดสร้างสรรค์ วิิธีสอน/กิจกรรมการสอน ภาระงาน/ชิ้นงาน และเครื่องมือวัดประเมินผล

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะสำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
ว 4.1 ม.4/3 สืบค้น ข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับ สมบัติของน้ำ และบอก ความสำคัญ ของน้ำที่มีต่อ สิ่งมีชีวิต และ ยกตัวอย่าง ธาตุต่าง ๆ	- สมบัติ ของน้ำและ ความสำคัญ ของน้ำที่มี ผลต่อ สิ่งมีชีวิต - ธาตุ ต่าง ๆ ที่มี ความสำคัญ ต่อร่างกาย สิ่งมีชีวิต	1. อธิบาย เกี่ยวกับ สมบัติของ น้ำ และบอก ความสำคัญ ของน้ำที่มี ต่อสิ่งมีชีวิต และ ยกตัวอย่าง ธาตุชนิด ต่าง ๆ ที่มี ความสำคัญ	1. ทักษะการ สังเกต 2. ทักษะการ ตั้งสมมติฐาน 3. ทักษะการ กำหนดและ ควบคุม ตัวแปร 4. ทักษะการ ทดลอง 5. ทักษะการ สรุปผล ความเห็น	1. ความ สามารถ ในการสื่อสาร 2. ความ สามารถ ในการคิด 3. ความ สามารถใน การแก้ปัญหา 4. ความ สามารถใน การใช้ทักษะ ชีวิต	1. ความคิด คล่องแคล่ว 2. ความคิด ยืดหยุ่น 3. ความคิด ริเริ่ม 4. ความคิด ละเอียดลออ	การจัดการ เรียนรู้ตาม แนวคิดสะ เต็มศึกษา ร่วมกับ ปรัชญา เศรษฐกิจ พอเพียง	1. กิจกรรม เรื่อง น้ำและ แร่ธาตุ 2. เครื่อง กรองน้ำ	1. แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน 2. แบบทดสอบ ความคิด สร้างสรรค์ 3. แบบบันทึก กิจกรรม 4. แบบ สอบถาม ความพึงพอใจ

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต		ต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต (K) 2. สืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับความสำคัญของสารอินทรีย์ต่อร่างกายสิ่งมีชีวิตได้ (P)		5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี				

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
		3. สนใจใฝ่รู้ในการศึกษา และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ (A)						

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
ว 4.1 ม.4/4 สืบค้น ข้อมูล อธิบาย โครงสร้าง ของ คาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของ คาร์โบไฮเดรต รวมทั้ง ความสำคัญ ของ คาร์โบไฮเดรต ที่มีต่อ สิ่งมีชีวิต	- คาร์โบไฮ เดรต ประกอบ ด้วย ธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน แบ่งตาม ขนาด โมเลกุล ออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ	1. อธิบาย โครงสร้าง ความสำคัญ และชนิดของ คาร์โบไฮเดรต ได้ (K) 2. สืบค้น ข้อมูล ทดลองและ อภิปราย ความสำคัญ ของคาร์โบ- ไฮเดรตต่อ	1. ทักษะการ สังเกต 2. ทักษะการ ตั้งสมมติฐาน 3. ทักษะการ กำหนดและ ควบคุม ตัวแปร 4. ทักษะการ ทดลอง 5. ทักษะการ สรุปผล ความเห็น	1. ความ สามารถ ในการ สื่อสาร 2. ความ สามารถ ในการคิด 3. ความ สามารถใน การ แก้ปัญหา	1. ความคิด คล่องแคล่ว 2. ความคิด ยืดหยุ่น 3. ความคิด ริเริ่ม 4. ความคิด ละเอียดลออ	การจัดการ เรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็ม ศึกษาร่วมกับ ปรัชญา เศรษฐกิจ พอเพียง	1. กิจกรรม เรื่องคาร์โบ- ไฮเดรตใน ชีวิตประจำวัน 2. ขนมห่วงฟู เพื่อสุขภาพ	1. แบบ ทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียน 2. แบบ ทดสอบ ความคิด สร้างสรรค์ 3. แบบ บันทึก กิจกรรม

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
	มอโนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์	สิ่งมีชีวิตได้ (P) 3. สนใจใฝ่รู้ และมีความ รับผิดชอบ (A)		4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี				4. แบบสอบถาม ความพึงพอใจ

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
ว 4.1 ม.4/5 สืบค้นข้อมูลอธิบายโครงสร้างของโปรตีน และ ความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- โปรตีนมีกรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อย ประกอบด้วยธาตุ C H O และ N บางชนิดอาจมี ธาตุ P Fe และ S เป็นองค์ประกอบ	1. อธิบายโครงสร้าง ความสำคัญ และชนิดของโปรตีนได้ (K) 2. สืบค้นข้อมูลและอธิบาย ความสำคัญของโปรตีนต่อสิ่งมีชีวิตได้ (P)	1. ทักษะการสังเกต 2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน 3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 4. ทักษะการทดลอง 5. ทักษะการสรุปผล ความเห็น	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. ความคิดสร้างสรรค์ 2. ความคิดยืดหยุ่น 3. ความคิดริเริ่ม 4. ความคิดละเอียดลออ	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับ ปรัชญา เศรษฐกิจพอเพียง	1. กิจกรรมเรื่อง การทดสอบโปรตีน 2. เตาหอยฟรุ๊ตสลัด	1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ 3. แบบบันทึกกิจกรรม 4. แบบสอบถามความพึงพอใจ

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
		3. สนใจใฝ่รู้ และมีความ รับผิดชอบ (A)		5. ความ สามารถในการ ใช้เทคโนโลยี				

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
ว 4.1 ม.4/6 สืบค้น ข้อมูล อธิบาย โครงสร้าง ของลิพิด และ ความสำคัญ ของลิพิดที่มี ต่อสิ่งมีชีวิต	- ลิพิด ประกอบด้วย ธาตุ C H O เป็น สารประกอบ ที่ละลายได้ดี ในตัวทำ ละลายที่เป็น สารอินทรีย์ - ลิพิดกลุ่ม สำคัญ ที่พบ ในสิ่งมีชีวิต	1. อธิบาย โครงสร้าง ความสำคัญ และชนิดของ ลิพิด (K) 2. สืบค้น ข้อมูลและ อธิบาย ความสำคัญ ของลิพิดต่อ สิ่งมีชีวิตได้ (P)	1. ทักษะการ สังเกต 2. ทักษะการ ตั้งสมมติฐาน 3. ทักษะการ กำหนดและ ควบคุมตัว แปร 4. ทักษะการ ทดลอง 5. ทักษะการ สรุปผล ความเห็น	1. ความ สามารถ ในการสื่อสาร 2. ความ สามารถ ในการคิด 3. ความ สามารถในการ แก้ปัญหา 4. ความ สามารถในการ ใช้ทักษะชีวิต	1. ความคิด คล่องแคล่ว 2. ความคิด ยืดหยุ่น 3. ความคิด ริเริ่ม 4. ความคิด ละเอียดลออ	การจัด กระบวนการ เรียนรู้ตาม แนวคิดสะ เต็มศึกษา ร่วมกับ ปรัชญา เศรษฐกิจ พอเพียง	1. กิจกรรม เรื่อง การ ทดสอบลิพิด และกรด ไขมัน 2. สบู่ แอมโมเนียม	1. แบบ ทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน 2. แบบ ทดสอบ ความคิด สร้างสรรค์ 3. แบบบันทึก กิจกรรม 4. แบบ สอบถาม ความพึงพอใจ

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระ การเรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	ทักษะ/ กระบวนการ	สมรรถนะ ที่สำคัญ	ความคิด สร้างสรรค์	วิธีสอน/ กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/ การวัดผล
		3. สนใจใฝ่รู้ และมีความ รับผิดชอบ (A)		5. ความ สามารถในการ ใช้เทคโนโลยี				

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
ว 4.1 ม.4/7 อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิกและระบุชนิดของกรดนิวคลีอิกและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	- องค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก - กรดนิวคลีอิกเป็นองค์ประกอบของสารพันธุกรรม	1. อธิบายโครงสร้างและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกได้ (K) 2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสำคัญของกรดนิวคลีอิกต่อ	1. ทักษะการสังเกต 2. ทักษะการสรุปผล 3. ความเห็น	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. ความคิดสร้างสรรค์ 2. ความคิดยืดหยุ่น 3. ความคิดริเริ่ม 4. ความคิดละเอียดลออ	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	1. กิจกรรมเรื่อง กรดนิวคลีอิก 2. แบบจำลองโครงสร้าง DNA	1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ 3. แบบบันทึกกิจกรรม 4. แบบสอบถามความพึงพอใจ

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
		สิ่งมีชีวิตได้ (P) 3. สนใจใฝ่รู้ และมีความรับผิดชอบ (A)		5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี				

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
ว 4.1 ม.4/8 สืบค้นข้อมูลและอธิบาย ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ม.4/9 อธิบายการทำงานของเอนไซม์ การทำงานของเอนไซม์ในการเร่ง ปฏิกริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต	- ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต - การทำงานของเอนไซม์ - ปัจจัยที่มีผลต่อการ ทำงานของเอนไซม์	1. อธิบายการเกิดปฏิกริยาดูดพลังงานและปฏิกริยาคายพลังงานได้ (K) 2. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ตัวยังยั้งเอนไซม์ และปัจจัยที่มีผลต่อการ	1. ทักษะการสังเกต 2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน 3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 4. ทักษะการทดลอง 5. ทักษะการสรุปผล ความเห็น	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	1. ความคิดคล่องแคล่ว 2. ความคิดยืดหยุ่น 3. ความคิดริเริ่ม 4. ความคิดละเอียดลออ	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	1. ใบงาน เรื่อง ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต 2. แหนมเห็ดสมุนไพร	1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ 3. แบบบันทึกกิจกรรม 4. แบบสอบถามความพึงพอใจ

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะ/กระบวนการ	สมรรถนะที่สำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์	วิธีสอน/กิจกรรม	ภาระ/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/การวัดผล
และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์		ทำงานของเอนไซม์ได้ (K) 3. ทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของเอนไซม์จากเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ (P) 4. สนใจใฝ่รู้ในการศึกษา (A)		5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี				

1.1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

1.1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน จำนวน 18 ชั่วโมง และทำการทดสอบก่อนและหลังเรียน 2 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเรื่องของแผนการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ดังรายละเอียดแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
	ทดสอบก่อนเรียน	1
1	น้ำและแร่ธาตุ	3
2	คาร์โบไฮเดรต	3
3	โปรตีน	3
4	ลิพิด	3
5	กรดนิวคลีอิก	3
6	ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์	3
	ทดสอบหลังเรียน	1
รวม		20

ในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ ความรู้ (Knowledge) กระบวนการ (Process) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้ ชิ้นงาน/ภาระงาน การวัดและการประเมินผล และเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน

1.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อ

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ด้านเนื้อหา ภาษา และรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อว่าสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้

ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง หรือไม่ เพียงใด จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธราเทพ เตมีรักษ์ อาจารย์สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
2. นางสาวสุภาณี วรรณฤ ครุชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสนธิราษฎร์วิทยา
3. นางสาวศิริพร เอกสะพัง ครุชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชา-อนุเคราะห์”

เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เทียบตรง เหมาะสม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (IOC: Index of Item–Objective Congruence) เนื้อหากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 64–65)

ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อเห็นว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง

นำผลคะแนนมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้อง โดยแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1 ทุกแผน

1.1.7 ปรับแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในด้านความชัดเจนของข้อความถาม และเวลาที่กำหนดให้นักเรียนทำกิจกรรมในแต่ละชั่วโมง

1.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ยของคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 69–71) ซึ่งมีคุณภาพเป็น 5 ระดับ ดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ได้ 5 คะแนน
เหมาะสมมาก	ได้ 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ได้ 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	ได้ 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ได้ 1 คะแนน

เกณฑ์และการแปลความหมาย

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00	หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50	หมายถึง เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50	หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50	หมายถึง เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50	หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ย 4.88 ที่ระดับความเหมาะสมมากที่สุด

1.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญประเมินและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง โดยสุ่มแผนจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 แผน ไปทดลองใช้สอน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้สมบูรณ์

1.1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ปีการศึกษา 2562 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 30 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์

ผู้วิจัยศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ และสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยกำหนดไว้ 4 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่องแคล่ว ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความชัดเจนของภาษาและความสอดคล้องระหว่างข้อความกับเนื้อหา

2.1.1 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.1.2 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา วิเคราะห์ความสอดคล้องในด้านความสัมพันธ์ ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน และภาษาที่ใช้

2.1.3 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ความสอดคล้อง

โดยดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อเห็นว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมกับสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง

2.1.4 คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่

0.50–1.00 จากพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 3 คน

2.1.5 วิเคราะห์หาค่าดัชนีมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ คัดเลือก

ข้อที่มีค่า 0.50–1.00 เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.1.6 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

2.1.7 นำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์

ไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

2.1.8 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบ คู่มือการวัดและประเมินผล

วิทยาศาสตร์ ศึกษาขอบข่าย เนื้อหา วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและเนื้อหา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

2.2.2 กำหนดสัดส่วนเนื้อหาและสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน แบบปรนัย เลือกตอบ 4 เลือก ให้มีเนื้อหาครอบคลุมจุดมุ่งหมาย จำนวน 40 ข้อ

2.2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ซึ่งเป็นชุดเดิม วิเคราะห์ข้อมูลความสอดคล้องในด้านความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเนื้อหาความเหมาะสมของตัวเลือกและภาษาที่ใช้ โดยใช้แบบตรวจสอบคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญการหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อเห็นว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง

2.2.4 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

2.2.5 นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อ มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ แล้วพิจารณาคัดเลือกคะแนนความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50–1.00 มาจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบ

2.2.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ปีการศึกษา 2562 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ

2.2.7 นำผลการทดสอบของนักเรียนมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่า (p) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ นำข้อสอบที่คัดเลือก 30 ข้อ ไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.85 ซึ่งผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.27–0.63 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.27–0.60

2.2.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ จำนวน 30 ข้อ นำไปใช้ในการศึกษาวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง

2.2.9 ผลการเปรียบเทียบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ดังตาราง 7

ตาราง 7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวชี้วัดกับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

แผนการจัดการเรียนรู้	พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (ขอ)						รวม (ขอ)
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
1. น้ำและแร่ธาตุ	1	3	1	-	-	1	6
2. คาร์โบไฮเดรต	1	3	-	1	2	-	7
3. โปรตีน	3	-	1	-	-	-	4
4. ลิพิด	2	1	-	1	-	1	5
5. กรดนิวคลีอิก	1	-	1	2	-	-	4
6. ปฏิกริยาเคมีและเอนไซม์	-	-	1	-	2	1	4
รวม	8	7	4	4	4	3	30

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ

2.3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

และสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert) เป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง พึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

โดยผู้วิจัยกำหนดไว้ 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ และด้านการวัดผลและประเมินผล ตรวจสอบ คุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจเพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความชัดเจนของภาษา และความสอดคล้องระหว่างข้อความกับเนื้อหา

2.3.2 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อ

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.3.3 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา วิเคราะห์ความสอดคล้องในด้านความสัมพันธ์ ความเหมาะสมของตัวเลือก และภาษาที่ใช้

2.3.4 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ความสอดคล้องโดยค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อเห็นว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมกับสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง

2.3.5 คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ตั้งแต่ 0.50–1.00 จากพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 3 คน

2.3.6 วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์คัดเลือกข้อที่มีค่า 0.50–1.00 จำนวน 20 ข้อ

2.3.7 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่วิเคราะห์หาคุณภาพแล้ว จัดพิมพ์เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาใน ปีการศึกษา 2562 ภาคเรียนที่ 1 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” จำนวน 30 คน ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ไปยังโรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ซึ่งเป็นโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง ประสานงานกับผู้บริหารโรงเรียน เพื่อกำหนด วัน เวลา ในการทดลอง

1.2 ครูชี้แจงอธิบายวิธีการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้นักเรียนเข้าใจ

1.3 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 4 ฉบับ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นก่อนที่จะดำเนินการสอน

1.4 ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง

1.5 เมื่อสิ้นสุดการสอนครบทุกแผนแล้ว จึงทำการสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับเดียวกันกับการวัดผลก่อนเรียน (Pre-test)

1.6 เมื่อสิ้นสุดการสอนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จึงทำการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

1.7 ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และอภิปรายผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระหว่างเรียน แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ตามเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

3. การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติในการทดสอบค่า t (Dependent Sample t -test)

4. การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติในการทดสอบค่า t (Dependent Sample t-test)

5. การวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบสอบถามชนิดแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีสถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 15)

1.1 ค่าร้อยละ (Percentage) หาได้จากการเทียบความถี่หรือจำนวนที่ต้องการกับความถี่หรือจำนวนทั้งหมดที่เทียบเป็น 100 ดังนี้

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ **P** แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) หรือตัวกลางเลขคณิตหรือคะแนนเฉลี่ย จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\Sigma x}{N}$$

เมื่อ **$\bar{X}$** แทน ค่าเฉลี่ย

Σx แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

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

เมื่อ **S.D.** แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหา (IOC) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2540, หน้า 183-185) ดังนี้

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

เมื่อ **IOC** แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ
วัตถุประสงค์กับเนื้อหาหรือระหว่างข้อสอบกับ
วัตถุประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 วิเคราะห์หาค่าระดับความยาก (p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 81)

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

เมื่อ **p** แทน ระดับความยาก

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกทั้งหมด

N แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

2.3 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 87-89)

$$r = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบ
	n₁	แทน	จำนวนคนรอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์
	n₂	แทน	จำนวนคนไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์
	U	แทน	จำนวนคนรอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก
	L	แทน	จำนวนคนไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก

2.4 หาค่าความเที่ยงตรง หรือค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตร KR20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) (บุญชม ศรีสะอาด, 2537, หน้า 85)

$$\text{KR20 หรือ } r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ (R / N)
	R	แทน	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้น
	N	แทน	จำนวนผู้สอบ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = 1-p
	s²	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2.5 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 99)

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

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	$\sum S_i^2$	แทน	ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนในแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ
	n	แทน	จำนวนข้อของแบบวัด

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้สูตรในการคำนวณ E_1/E_2 (เผชญ์ กิจระการ, 2544, หน้า 49-51) ดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum x}{N} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่าง
ของนักเรียนทุกคน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

$$E_2 = \frac{\sum Y}{N} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum Y$ แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน
ของนักเรียนทุกคน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 และ 3 ในการเปรียบเทียบแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ (t-test Dependent sample) (บุญชม ศรีสะอาด, 2546, หน้า 109) ดังนี้

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ
เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 โดยหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของกลุ่มเป้าหมายครบทุกหน่วย แล้วนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51–5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51–4.50	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51–3.50	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51–2.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00–1.50	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์
ข้อมูลตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความชัดเจนและเกิดความเข้าใจ
ตรงกันในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N แทน จำนวนนักเรียน

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

P แทน ร้อยละ (Percentage)

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด
สะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

E_2 แทน ประสิทธิภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากแผนการจัดการเรียนรู้
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

D	แทน ผลต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
$\sum D^2$	แทน ผลรวมของผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ยกกำลังสอง
t	แทน สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าวิกฤต เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ (t-distribution)
**	แทน ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75
2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
4. ผลความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธีการอย่างหลากหลาย ได้แก่

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ติดตามดูพฤติกรรมเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจของนักเรียน

2. การสัมภาษณ์และซักถามนักเรียนในระหว่างเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

3. ตรวจสอบงาน ชิ้นงาน ที่ได้รับมอบหมายในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4. การนำเสนอผลงาน ชิ้นงาน ที่ได้จากการทำกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และสรุปข้อมูลเชิงคุณภาพ แยกเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75

ผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) โดยหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 6 แผน และหาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) โดยหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
แผนที่ 1 น้ำและแร่ธาตุ	20	17.23	0.94	86.17
แผนที่ 2 คาร์โบไฮเดรต	20	17.30	0.88	86.5
แผนที่ 3 โปรตีน	20	17.00	0.74	85
แผนที่ 4 ลิพิด	20	17.40	0.97	87
แผนที่ 5 กรดนิวคลีอิก	20	17.00	0.98	85
แผนที่ 6 ปฏิกริยาเคมีและเอนไซม์	20	17.10	0.92	85.5
แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน หลังเรียน	120	95.83	3.73	79.86
รวม	240	198.86		

จากตาราง 8 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 6 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 198.87

ตาราง 9 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้
โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์	100	80.40	5.96	80.40
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	24.20	2.01	80.67
รวม	130	104.60		

จากตาราง 9 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)
ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์
และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการทดสอบเสร็จสิ้นลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ
104.60

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน (N)	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
ระหว่างเรียน	30	240	198.87	4.73	82.86
หลังเรียน	30	130	104.60	6.17	80.46

จากตาราง 10 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้
โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์ 75/75
พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) คิดเป็นร้อยละ 82.86 และประสิทธิภาพผลลัพธ์
(E_2) คิดเป็นร้อยละ 80.46 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ
82.86/80.46 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

2. การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่องเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สถิติ t-test (Dependent Sample) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ความคิดสร้างสรรค์	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	30	100	49.57	7.95	40.50**
หลังเรียน	30	100	80.40	5.96	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับ .01; $df = 29$ $t_{29} = 2.46$)

จากตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.57 และ 80.40 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ผลการวิเคราะห์ค่า t ปรากฏว่าค่า t จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 40.50 เมื่อพิจารณาค่า t จากตาราง (n เท่ากับ 30, df เท่ากับ 29) มีค่า t เท่ากับ 2.46 แสดงว่า นักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

**3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง**

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังเรียน
ของนักเรียน ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจ
พอเพียง เรื่องเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สถิติ
t-test (Dependent Sample) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	30	30	13.90	2.07	33.90**
หลังเรียน	30	30	24.20	2.01	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับ .01; df = 29 $t_{29} = 2.46$)

จากตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน
และหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.90 และ 24.20 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน
ผลการวิเคราะห์ค่า t ปรากฏว่า ค่า t จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 33.90 แสดงว่า
นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตหลังเรียนสูงกว่า
ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ผลความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

ผลของความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 13

ตาราง 13 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้			
1. เนื้อหาสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์อย่างน้อยเพียงใด	4.53	0.68	มากที่สุด
2. เนื้อหาเป็นประโยชน์และนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน	4.70	0.47	มากที่สุด
3. เนื้อหาสาระมีความน่าสนใจทันสมัย เหมาะสมกับการศึกษาในปัจจุบัน	4.53	0.68	มากที่สุด
4. เนื้อหาส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4.77	0.43	มากที่สุด
5. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปแก้ปัญหาและเชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ ได้อย่างน้อยเพียงใด	4.63	0.67	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.63	0.59	มากที่สุด

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความพึงพอใจ
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
6. นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรม และสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง	4.90	0.31	มากที่สุด
7. นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าจากแหล่ง ความรู้ต่าง ๆ ทั้งเอกสาร หรือสื่ออินเทอร์เน็ต	4.77	0.43	มากที่สุด
8. กิจกรรมการเรียนรู้มีการระบุ คำชี้แจงและขั้นตอนการปฏิบัติอย่างชัดเจน	4.73	0.45	มากที่สุด
9. กิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติสอดคล้อง กับเนื้อหาที่นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหา	4.60	0.72	มากที่สุด
10. นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ สามารถใช้ความคิด สร้างสรรค์ได้อย่างเต็มศักยภาพ	4.87	0.35	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.77	0.45	มากที่สุด
ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้			
11. สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ความ เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
12. สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้เพียงพอ ต่อการจัดกิจกรรมและการลงมือปฏิบัติจริง	4.47	0.78	มาก
13. สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยกระตุ้นให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ ด้วยตนเอง	4.67	0.55	มากที่สุด
14. สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ช่วยให้ เข้าใจเนื้อหา สามารถบูรณาการความรู้ ในวิชาอื่น ๆ ได้	4.43	0.77	มาก
เฉลี่ย	4.65	0.57	มากที่สุด

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความพึงพอใจ
15. สื่อที่ใช้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์	4.87	0.35	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผล			
16. การวัดผลสอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้	4.77	0.43	มากที่สุด
17. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงออกและแสดงความคิดเห็นในแต่ละกิจกรรม	4.80	0.41	มากที่สุด
18. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้แต่ละกิจกรรมมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และตรวจสอบได้	4.73	0.45	มากที่สุด
19. มีการวัดผลและประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียน	4.87	0.35	มากที่สุด
20. มีการวัดและการประเมินผลด้วยรูปแบบที่หลากหลาย ได้แก่ การประเมินตนเอง การประเมินโดยเพื่อน การประเมินโดยครูผู้สอน	4.47	0.78	มาก
เฉลี่ย	4.73	0.48	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.70	0.52	มากที่สุด

จากตาราง 13 ผลของความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 ความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ความพึงพอใจในแต่ละด้าน เรียงจากลำดับมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

คือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 ด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ซึ่งความพึงพอใจของนักเรียนในแต่ละด้านอยู่ในระดับมากที่สุด

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกต พฤติกรรมการทำงานของนักเรียน ชักถามและสัมภาษณ์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และตรวจผลงาน ชิ้นงาน พบว่า ในช่วงแรกนักเรียนไม่เข้าใจคำถามในการวัดความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เป็นข้อสอบเปิดกว้างให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้หลายแง่มุม นักเรียนไม่กล้าตอบคำถามแบบเปิดกว้างเนื่องจากกลัวตอบผิด หลังจากนั้นนักเรียนได้ปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 6 แผน นักเรียนสามารถตอบได้หลายแง่มุมมากขึ้น สามารถคิดได้รอบด้าน รวมถึงการคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาผลงาน ชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น การแสดงออกทางความคิดที่ไม่มีขีดจำกัด ดังคำตอบจากการสัมภาษณ์นักเรียน ดังนี้

“ชอบกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้ค่ะ ทำให้เรียนสนุก ได้ระดมความคิด ในการพัฒนาชิ้นงาน ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ไขปัญหา”

“ได้ช่วยกันคิดออกแบบชิ้นงานที่แปลกใหม่ สามารถแสดงความคิดสร้างสรรค์ได้เต็มที่ ตื่นเต้นทุกครั้งที่ได้นำเสนอชิ้นงาน และได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ”

“สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้หลากหลายค่ะ สามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพได้”

“กิจกรรมสนุกมาก ๆ ชอบการวาดภาพออกแบบตามจินตนาการ ได้ลงมือปฏิบัติจริง”



ภาพประกอบ 5 นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมขนมถ้วยฟูภายในกลุ่ม



ภาพประกอบ 6 ผลงานนักเรียนในกิจกรรมขนมถ้วยฟู



ภาพประกอบ 7 นักเรียนร่วมกันระดมสมองในกิจกรรมภารกิจพิชิตน้ำเสีย



ภาพประกอบ 8 นักเรียนนำเสนอผลงานในกิจกรรมภารกิจพิชิตน้ำเสีย



ภาพประกอบ 9 ผลงานความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน
ในกิจกรรมกรณีศึกษา



ภาพประกอบ 10 ผลงานนักเรียนในกิจกรรมเต้าฮวยฟรุ๊ตสลัด

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยผู้วิจัยได้สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะตามหัวข้อ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สมมติฐานของการวิจัย
3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สรุปผลการวิจัย
8. อภิปรายผลการวิจัย
9. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดความมุ่งหมายของการวิจัย ไว้ดังนี้

1. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

สมมติฐานของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัย ไว้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต อยู่ในระดับมาก

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 4 ห้องเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 30 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 30 คน นักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 34 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 32 คน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 126 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling Technique) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน 18 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบอัตนัย ซึ่งแบบทดสอบมี 4 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 วัดความคิดคล่องแคล่ว แบบหน่วย (DFU)

ฉบับที่ 2 วัดความคิดยืดหยุ่น แบบกลุ่ม (DMC)

ฉบับที่ 3 วัดความคิดริเริ่ม แบบการประยุกต์ (DFI)

ฉบับที่ 4 วัดความคิดละเอียดลออ แบบระบบ (DMS)

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2.3 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 30 คนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ไปยังโรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์” ประสานงานกับผู้อำนวยการโรงเรียนเพื่อกำหนด วัน เวลา ในการทดลอง
2. ครูชี้แจงอธิบายวิธีการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตให้นักเรียนเข้าใจ
3. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน จำนวน 4 ฉบับ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
4. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเรื่องเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเอง ทั้งหมด 6 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 18 ชั่วโมง
5. เมื่อสอนครบทุกแผนแล้วทำการสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ
6. ตรวจสอบแบบทดสอบ และแบบสอบถามความพึงพอใจ แล้วนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐาน
7. ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล ทำการสรุปผลและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาประสิทธิภาพของกระบวนการ E_1 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E_2 ตามเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ และทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 โดยหาค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2
2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) และทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยใช้สถิติในการทดสอบหาค่า t (Dependent Sample t -test)
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) วิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) ของข้อสอบ และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) และทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยใช้สถิติในการทดสอบหาค่า t (Dependent Sample t -test)
4. แบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นการตรวจสอบคุณภาพแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.86/80.46 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้
2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจเฉลี่ย 4.70 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ผู้วิจัยนำเสนอผลการอภิปรายดังนี้

1. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.86/80.46 สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีการพัฒนาให้เหมาะสมเพื่อส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทำให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษาอย่างเป็นระบบ สามารถแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ และเกิดแนวคิดใหม่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่นำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาบูรณาการเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ไปยังประสบการณ์ในการดำเนินชีวิต คำนึงถึงคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ รอบตัว ฝึกให้นักเรียนได้นำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปปรับใช้ในการเรียนตามจุดเน้นด้านความมีเหตุผล ความพอประมาณ และการมีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อความยั่งยืนและสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตได้ ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงทำให้ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน (E_1) และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน (E₂) มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัศมีพรหมโพสนท์ (2559, หน้า 122) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.88/78.19 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ และปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559, หน้า 129-130) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.93/44.55 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 98.14/80.00 ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 49.57 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 80.40 แสดงว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์อย่างเต็มความสามารถ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ และให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเปิดเผย ส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนกานต์ โฉมงาม และคณะ (2561, หน้า 52) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีมผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนห้องเรียนวิศวกรรมศาสตร์-วิทย์ (โครงการ รวม.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม คือการผนวกหรือบูรณาการแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหา

ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน นอกจากนั้นสำหรับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 กิจกรรมช่วยพัฒนาทักษะการคิด (soft skills) เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์เป็น การกระตุ้นให้นักเรียนคิด จินตนาการ เป็นโจทย์เปิดที่กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ได้เป็น อย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัสสร ดิตมา (2558, หน้า 92-96) ได้ศึกษาการพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของ นักเรียนได้ โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใหม่ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรมะศรั วรงค์ชาชม (2559, หน้า 133-134) ได้ศึกษาการ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน ผลปรากฏว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพัฒนาการที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ ก่อนเรียน

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 13.90 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 24.20 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษา ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เน้นการเรียนรู้ที่เป็นกระบวนการ ตั้งแต่ขั้นการระบุ ปัญหา เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความใคร่รู้ ขั้รวบรวมข้อมูลที่จะช่วยในการแก้ไข ปัญหา ขึ้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา อย่างมีเหตุผล รอบคอบ คำนึงถึงข้อจำกัด และเงื่อนไขในสถานการณ์ต่าง ๆ ขึ้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียน จะได้เรียนรู้จากการสร้างชิ้นงาน การวางแผนอย่างเป็นระบบ ขั้นทดสอบ ประเมินผล

และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน ผู้เรียนจะต้องพัฒนาหรือปรับปรุงชิ้นงานให้มีความสร้างสรรค์มากขึ้น ภายใต้จุดเน้นด้านความมีเหตุผลตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีความกล้าแสดงออกทางความคิด พร้อมเสนอแนวทางในการพัฒนาชิ้นงานให้นำไปต่อยอด ใช้งานได้อย่างยั่งยืน จากกิจกรรมสะเต็มศึกษานักเรียนได้ลงมือแก้ไขปัญหาด้วยตนเองอย่างสร้างสรรค์ ได้พัฒนาความรู้ความสามารถอย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ญัฐพงษ์ ฉายแสงประทีป (2559, หน้า 99) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ด้วยวิธีการสอนแบบลงมือปฏิบัติ พบว่าการเรียนแบบลงมือปฏิบัติเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้วิเคราะห์ ค้นคว้าหาความรู้ในการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดที่ 70 คะแนน สอดคล้องกับงานวิจัยของ นายอาทิตย์ ฉิมกุล (2559, หน้า 79-80) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, หน้า 73-77) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากันแบบปกติ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษารวมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามแนวคิดสะเต็มศึกษารวมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต พบว่า ความพอใจของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 อยู่ในระดับมากที่สุด เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพราะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษารวมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองและรวมกิจกรรมกลุ่ม คิดแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ได้พัฒนา

ความคิดสร้างสรรค์ ตอบคำถาม อภิปรายอย่างมีเหตุผล ทั้งนี้ความพอใจของนักเรียนในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากนักเรียนทุกคนมีส่วนในการทำกิจกรรม มีความสนุกสนานในการสร้างผลงาน เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการแข่งขันในชั้นเรียน เกิดการแก้ปัญหา พัฒนาผลงานในกลุ่ม ภูมิใจในผลงาน ตลอดจนการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออก ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, หน้า 73-77) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นัสรินทร์ ปือชา (2558, หน้า 66-69) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปฎิมาภรณ์ ไสรส (2560, หน้า 86-87) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.56)

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำวิจัยไปใช้

1.1 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ผู้สอนควรอธิบายการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้น การทำกิจกรรมในกลุ่ม เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละกิจกรรม รวมถึงอธิบายวิธีการนำจุดเน้นตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ในการเรียน

1.2 ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมโดยการจัดเตรียมสภาพแวดล้อม การเตรียมสื่อ เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เพื่อให้กิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนมีความน่าสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเต็มศักยภาพ

1.3 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ในแต่ละขั้นตอนจะมีกิจกรรมที่ต้องใช้เวลามาก ผู้สอนอาจจะต้องยืดหยุ่นตามความเหมาะสมและให้สอดคล้องกับเวลาตามแผนที่กำหนด

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ หรือหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ หรือใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์

2.2 ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้ในภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชน

2.3 ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการพัฒนาทักษะด้านอื่น ๆ ในศตวรรษที่ 21 เช่น การแก้ปัญหา ทักษะอาชีพ เป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ก้าวทันโลกแห่งการศึกษา

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บรรณานุกรม

- กมลฉัตร กล่อมอิม, ชัยวัฒน์ นามนาค, วาริรัตน์ แก้วอุไร และวิเชียร อ่างใสตติสกุล.
(2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 16(2), 129-139.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- _____. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤษฎี อุทัยรัตน์. (2545). *คัมภีร์หวับริหาร ยอดคน ยอดบริหาร*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย ญี่ปุ่น).
- กัญญา ศิลปกิจยาน. (2560). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและการสอนภาษาเพื่อการสื่อสารเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารของเด็กอนุบาล*. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กาญจนา อรุณสุขจุ. (2546). *ความพึงพอใจของสมาชิกสหกรณ์ต่อการดำเนินงานของสหกรณ์การเกษตรไชยปราการจำกัด อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชนกานต์ โหมงาม, รุณกานต์ ณ พัทลุง, จินตนา วงศ์ตะ, สุกัญญาพัฒน์ ดอกกุหลาบ, นิอร วินารักษ์วงศ์ และวิฑูร บุญโพธิ์. (2561). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีม ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนห้องเรียนวิศวะ-วิทย์ (โครงการ รวม.)*. *วารสารศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 2(1), 33-55.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). *การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน*. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 7-20.

- ณัฐพงษ์ ฉายแสงประทีป. (2559). การศึกษาการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ ในรายวิชา TMT423 ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับอุตสาหกรรมท่องเที่ยว. *วารสารวิจัยและพัฒนา* วิทยาลัยการณในพระบรมราชูปถัมภ์, 11(2), 93-102.
- ทวีพงษ์ หินคำ. (2541). ความพึงพอใจของประชาชนต่อการบริหารงานสุขาภิบาลริมใต้. วิทยานิพนธ์ ร.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธนิยา ปัญญาแก้ว. (2541). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในงานของข้าราชการครู ในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ ร.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นัสรินทร์ ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีผลต่อการจัดการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจ ต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- น้ำเพชร กะการดี. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). การพัฒนาหลักสูตรและการสอน. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม.
- _____. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- _____. (2546). การพัฒนาหลักสูตรและการวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตร. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ปฎิมาภรณ์ โสรัส. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมทักษะ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม.
- ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม. (2559). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปริญญ์ ธรรมปิยา. (2559). *ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและการประยุกต์ใช้*. เข้าถึงได้จาก <https://www.ocsc.go.th/sites/default/files/document/ocsc-2017-eb15.pdf>. 10 มิถุนายน 2561.

- เฟชันญ์ กิจระการ. (2544). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา (E₁/E₂). วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 8(1), 30-36.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักษิณ, 33(2), 49-56.
- พรสวรรค์ วงศ์ตาธรรม. (2558). การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2(38), 111-121.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ภัสสร ดิตมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- รัฐพล ประดับเวทย์. (2560). แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีตามแนวคิดอนุกรมวิธานของบลูม. วารสารวิชาการ Veridian E – Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ, 10(3), 1051-1065.
- รัศมี พรหมโพธิ์. (2559). การพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่องสารในชีวิตประจำวัน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- รุ่งทิวา จักรกร. (2528). วิธีสอนทั่วไป. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสารมิตร.
- โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม "ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์". (2561). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET). นครพนม: โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม "ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์".

- รสริน พันธุ์. (2550). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนตามหลักการเรียนเพื่อรอบรู้โดยใช้ของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ลัดดาวัลย์ นงประโคน. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ลีอชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. (2561). จากการรู้วิทยาศาสตร์และการสืบเสาะสู่สะเต็มศึกษาและการออกแบบ. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(1), 246-260.
- วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2551). วิธีวิทยาการวิจัย. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิษชุดา สารกรณ์. (2560). การติดตามและประเมินผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และเจตคติของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในชั้นเรียนฟิสิกส์. วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วิทย์ เทียงบุญธรรม. (2541). พจนานุกรมอังกฤษ-ไทย. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- วิรุฬห์ พรรณเทวี. (2542). ความพึงพอใจของประชาชนต่อการให้บริการของหน่วยงานกระทรวงมหาดไทยในอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วิทยานิพนธ์ ร.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เวิน ริทัศน์โส. (2559). การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- เวิน ริทัศน์โส, ถาดทอง ปานศุภวัชร และสำราญ กำจัดภัย. (2559). การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 8(22), 147-159.

- ศิริชัย นามบุรี. (2550). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้กิจกรรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์และบทเรียนสำเร็จรูปอิเล็กทรอนิกส์ในสภาพแวดล้อมแบบอีเลิร์นนิ่งผ่านโปรแกรม Moodle. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ศิริพร สอาดล้วน. (2551). ความสัมพันธ์ระหว่างความมีวินัยในตนเองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2561). เศรษฐกิจพอเพียง. เข้าถึงได้จาก https://www.fisheries.go.th/cf-kung_krabaen/kkb5.html. 10 กรกฎาคม 2561.
- ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ. (2561). คู่มือหลักสูตรอบรมครูส่งเสริมศึกษา. เข้าถึงได้จาก <http://sk.nfe.go.th/msk/UserFiles/File/stem.pdf>. 4 มิถุนายน 2561.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือหลักสูตรอบรมครูส่งเสริมศึกษา. เข้าถึงได้จาก <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf.pdf>. 18 พฤษภาคม 2561.
- _____. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท., 42(186), 3-4.
- สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท., 42(189), 7-8.
- สมศักดิ์ ภู่วิภาดาบรรณ. (2537). เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สวัสดิ์ กาญจนสุวรรณ. (2542). หลักการบริการการศึกษาโครงการตำราวิชาการสถาบันราชภัฏเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในวโรกาสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเฉลิมพระชนมพรรษา 6 รอบ. สงขลา: สถาบันราชภัฏสงขลา.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2550). ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง. นนทบุรี: โรงพิมพ์ 21 เซ็นจูรี.
- _____. (2559). ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. เข้าถึงได้จาก <http://www.ocsc.go.th/sites/default/files/document/ocsc-2017-eb15.pdf>. 10 มิถุนายน 2561.

สำนักแผนและประกันคุณภาพการศึกษา. (2561). *แนวทางการดำเนินงานด้านการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21*. เข้าถึงได้จาก

<http://www.ptu.ac.th/quality/data/levyp1.pdf>. 18 กรกฎาคม 2561.

สุทธิวรรณ ฟิรค์ติโสภณ. (2561). *การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. เข้าถึงได้จาก <http://www.mathayom9.go.th/nitad/analyze/achiev-1.pdf>.

13 มิถุนายน 2561.

สุพัตรา เกษมเรืองกิจ. (2551). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง นพบุรีศรีนครพิงค์ การค้นคว้าแบบอิสระ ศษ.ม เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*.

อดิศร บรรหาร. (2560). *การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนวิชาฟิสิกส์*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

อับดุลยามีน หะยีซาเดร์. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อาทิตย์ นิมกุล. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารี พันธุ์ณี. (2537). *คิดอย่างสร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: บริษัททันอ้อ 1999 จำกัด.

_____. (2557). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารี รังสินนท์. (2527). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ธนกิจการพิมพ์.

อารีรัตน์ ใจซื่อ และสุนนชาติ เจริญครบุรี. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงกับงานประดิษฐ์จากวัสดุในท้องถิ่น กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. *วารสารวิจัย มข.* (ฉบับบัณฑิตศึกษา) สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 3(3), 25-34.

- Barak, M. (2018). Robotics and STEM learning: students' achievements in assignments according to the P3 Task Taxonomy practice, problem solving, and projects. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(1), 121–144.
- Erdogan, N., Navruz, B., Younes, R. & Capraro, R. M. (2016). Viewing How STEM Project–Based Learning Influences Students' Science Achievement Through the Implementation Lens: A Latent Growth Modeling. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(8), 2139–2154.
- Hiong, L. C., & Osman, K. (2015). An Interdisciplinary Approach for Biology, Technology, Engineering and Mathematics (BTEM) to Enhance 21st Century Skills in Malaysia. *K–12 STEM Education*, 1(3), 137–147.
- Lyn, D. & Donna, T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth–grade students' investigations in aerospace. *English and King International Journal of STEM Education*, 2(14), 1–18.
- Tawfik, A., Trueman, R. J., & Lorz, M. M. (2014). Engaging Non–Scientists in STEM Through Problem–Based Learning and Service Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem–Based Learning*, 8(2), 75–84.
- Vasquez, J.A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ภาคผนวก ก

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย
2. หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย
3. หนังสือขอความอนุเคราะห์ทดลองเครื่องมือการวิจัย
4. หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
5. รายชื่อนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

1. ผศ.ธราเทพ เตมีรักษ์ อาจารย์สาขาวิชาการศึกษาระดับมัธยมศึกษา
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์
2. นางสาวสุภาณี วรรณฤ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์
โรงเรียนสนธิราษฎร์วิทยา
3. นางสาวศิริพร เอกสะพัง ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์
โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม
“ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์”



ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/ว ๒๖๖

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๒๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๒

เรื่อง ขออนุมัติคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายธราเทพ เตมีรักษ์

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ จำนวน ๑ ชุด
๒. เครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด
๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวสิริยาพร พลเล็ก รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๐๔๒๑๒๓๘๑๑๓ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง เคมิตที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.กฤษดี สุวรรณไตรย์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ และเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขออนุมัติคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อให้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรธัญญกรณ์)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการและวิจัย รักษาการแทน

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙

โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวสิริยาพร พลเล็ก โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๘ ๘๒๓๖ ๘๒๖๙

ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/ว ๒๖๖



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๒๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางสาวสุภาณี วรรณธู

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ จำนวน ๑ ชุด

๒. เครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวสิริยาพร พลเล็ก รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๐๔๒๑๒๓๘๑๑๓ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.กฤษดี สุวรรณไตรย์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ และเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรธัญญกรณ์)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการและวิจัย รักษาการแทน

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๔๗ ๐๒๒๔

โทรสาร ๐ ๔๒๔๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวสิริยาพร พลเล็ก โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๘ ๘๒๓๖ ๘๒๖๔



ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/ว ๒๖๖

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๒๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๒

เรื่อง ขออนุมัติครุภัณฑ์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางสาวศิริพร เอกสะพัง

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ จำนวน ๑ ชุด
๒. เครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด
๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวสิริยาพร พลเล็ก รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๐๔๒๑๒๓๘๑๑๓ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.กฤษดี สุวรรณไตรย์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ และเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขออนุมัติครุภัณฑ์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรธัญญกรณ์)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการและวิจัย รักษาการแทน

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๔๗ ๐๒๒๔

โทรสาร ๐ ๔๒๔๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวสิริยาพร พลเล็ก โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๘ ๘๒๓๖ ๘๒๖๔

ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/๔๐๓



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถนนิตโย ต.ธาตุเชิงชุม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๑๐ เมษายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขออนุญาตยืมเครื่องมือทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์”

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวสิริยาพร พลเล็ก รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๐๔๒๑๒๓๘๑๑๓ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ทั้งนี้ นักศึกษามีความประสงค์ขอยืมทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย เพื่อหาความเชื่อมั่นในการศึกษาวิจัยประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ดังนั้น บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จึงขออนุญาตยืมท่านในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยดังกล่าวแก่นักศึกษาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

U. anur

(รองศาสตราจารย์ ดร.หาญชัย อัมภผล)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๔๗ ๐๒๒๔

โทรสาร ๐ ๔๒๔๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวสิริยาพร พลเล็ก โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๘ ๘๒๓๖ ๘๒๖๙

“อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร”



ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/๔๑๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๒๐ เมษายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์”

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวสิริยาพร พลเล็ก รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๐๔๒๑๒๓๘๑๑๓ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง เคมิตที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การศึกษารั้วนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านให้นักศึกษารายดังกล่าวได้เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ประกอบการศึกษาวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

N. annu

(รองศาสตราจารย์ ดร.หาญชัย อัมภผล)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙

โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวสิริยาพร พลเล็ก โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๘ ๘๒๓๖ ๘๖๖๙

“อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร”

รายชื่อนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1
โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์”

1. นายกัมพล สวัสดิ์
2. นายรัชชานนท์ เวเศษสร้อย
3. นายศิริโชค สิทธิ
4. นายอนันต์สิทธิ์ จักรบุตร
5. นายอคมทรัพย์ วัชรุม
6. นางสาวชัชฎาภรณ์ พรหมแพงดี
7. นางสาวปรางวลัย นาโควงศ์
8. นางสาวพรรชชา ไชยบิน
9. นางสาวฟาติมา ศรีสุทัศน์
10. นางสาวรุ่งนภา เห่งน้อย
11. นางสาวละอองดาว ประกิจ
12. นางสาวศศิกันต์ พรหมขาว
13. นางสาวศิริลักษณ์ โกษาแสง
14. นางสาวศุภมาศ ชัยบิน
15. นางสาวศุภาสัย อมุลราชฤทธิ์
16. นางสาวสิริยา สุขสายไทยชนะ
17. นางสาวสุภารัตน์ ไหลอุดี
18. นางสาวสุทธิชา ประกิจ
19. นางสาวเสาวภาคย์ บัวแก้ว
20. นางสาวอัยลดา อุบัวบล
21. นางสาวกมลชนก บัวนา
22. นางสาวทิพย์ทยาภรณ์ พอกกา
23. นางสาวพัชริญา อุสาพรหม
24. นางสาวกนกอร อินอุเทน
25. นางสาวพัชรภา แมดมิ่งเหง้า

26. นางสาวรัตติกาล เกิดคำ
27. นางสาวเมขลา เนินทราย
28. นางสาวกชกร ประกิจ
29. นางสาวพรนภา ชื่นยัง
30. นางสาวนฤมล มุมทอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ภาคผนวก ข

ผลการประเมินและวิเคราะห์เครื่องมือวิจัย

1. การประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. การประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้ เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
3. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
4. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
5. การประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจกับผลการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
6. ผลการวิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้จากการทดลองใช้ (Try-out) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ
7. ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 14 ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ
ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับ ความเหมาะสม
	1	2	3		
ด้านที่ 1 สารการเรียนรู้					
1. กำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ถูกต้องและครบถ้วน	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. สารการเรียนรู้ครบถ้วน สัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความสมบูรณ์ถูกต้อง ได้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน	5	4	5	4.67	เหมาะสมมาก
5. เรียงลำดับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมเข้าใจง่าย	5	5	4	4.67	เหมาะสมมาก
เฉลี่ย				4.80	เหมาะสมมาก
ด้านที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละแผนสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของหลักสูตร	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ครบทุกด้าน	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนและบ่งบอกสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3		
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุพฤติกรรมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ชัดเจน	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5. จุดประสงค์การเรียนรู้บ่งบอกถึงสิ่งสำคัญของเรื่องที่จะสอนได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				5.00	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้					
1. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการฝึกความคิดสร้างสรรค์	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. จัดลำดับขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสม	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
4. ระยะเวลาเหมาะสมกับรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมาก
5. นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				4.80	เหมาะสมมาก
ด้านที่ 4 สื่อ/อุปกรณ์ แหล่งเรียนรู้					
1. มีสื่อประกอบที่หลากหลายน่าสนใจ ทันสมัย จัดเตรียมได้ง่ายและสะดวก	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3		
2. จัดสื่อการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. สื่อการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5. สื่อการเรียนรู้เหมาะสม ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				5.00	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านที่ 5 การวัดและประเมินผล					
1. วิธีการวัดผล ประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. กำหนดวิธีการวัดผล ประเมินผลได้เหมาะสมกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	4	4.67	เหมาะสมมาก
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวัด ประเมินผลมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	เหมาะสมมาก
4. วัดและประเมินผลได้ครอบคลุมพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5. มีการวัดผลประเมินผลที่หลากหลายตามสภาพจริง	5	5	5	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				4.87	เหมาะสมมากที่สุด
รวมเฉลี่ย				4.88	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 15 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้
 เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
 เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด
 สะเต็มศึกษา ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยผู้เชี่ยวชาญ

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	ตัวชี้วัด	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3			
แผนที่ 1 เรื่อง น้ำและแร่ธาตุ	1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับสมบัติของน้ำ และ บอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อ สิ่งมีชีวิต ยกตัวอย่างธาตุต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกาย สิ่งมีชีวิต	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
แผนที่ 2 เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มคาร์โบไฮเดรต รวมทั้ง ความสำคัญของคาร์โบไฮเดรต ที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
แผนที่ 3 เรื่อง โปรตีน	3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีน ที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
แผนที่ 4 เรื่อง ลิพิด	4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิด ต่อสิ่งมีชีวิต	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 15 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	ตัวชี้วัด	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3			
แผนที่ 5 เรื่อง กรดนิวคลีอิก	5. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลีอิกและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
แผนที่ 6 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี และเอนไซม์	6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต 7. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ

วัดความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยผู้เชี่ยวชาญ

ฉบับที่	ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	2	0	+1	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
2	1	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
	2	+1	0	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
3	1	0	+1	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
	2	-1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
	3	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
	4	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ
ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
8	0	+1	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
16	0	0	+1	1	0.33	ใช้ไม่ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
19	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
21	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้

ตาราง 17 (ต่อ)

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	0	0	+1	1	0.33	ใช้ไม่ได้
26	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
36	0	+1	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
37	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
39	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 18 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ
กับผลการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ
ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ผลการเรียนรู้	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC
		1	2	3		
1. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับ สมบัติของน้ำ และบอก ความสำคัญ ของน้ำที่มีต่อ สิ่งมีชีวิต ยกตัวอย่างธาตุ ต่าง ๆ ที่มีความสำคัญ ต่อร่างกาย สิ่งมีชีวิต	ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ 1. เนื้อหาสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์	+1	+1	+1	3	1.00
	2. เนื้อหาเป็นประโยชน์และนำไป ประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน	+1	+1	+1	3	1.00
	3. เนื้อหาสาระมีความน่าสนใจ เหมาะสมกับการศึกษาในศตวรรษที่ 21	+1	+1	+1	3	1.00
	4. เนื้อหาส่งเสริมให้เกิดความคิด สร้างสรรค์และทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	3	1.00
	5. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไป แก้ปัญหาและเชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี	+1	+1	+1	3	1.00
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของ คาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่ม คาร์โบไฮเดรต รวมทั้ง ความสำคัญ ของ คาร์โบไฮเดรต ที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1. นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมและสืบ เสาะหาความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3	1.00
	2. นักเรียนได้ศึกษาคนควาจากแหล่ง ความรู้ต่าง ๆ ทั้งเอกสาร หรือสื่อ อินเทอร์เน็ต	+1	+1	+1	3	1.00
	3. กิจกรรมการเรียนรู้มีการระบุคำ ชี้แจงและขั้นตอนการปฏิบัติอย่าง ชัดเจน	+1	+1	+1	3	1.00

ตาราง 18 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC
		1	2	3		
3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของ โปรตีน และ ความสำคัญของ โปรตีนที่มีต่อ สิ่งมีชีวิต	4. กิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติทดลอง กับเนื้อหานักเรียนได้ฝึกการ แก้ปัญหา	+1	+1	+1	3	1.00
	5. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมใน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถ ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็ม ศักยภาพ	+1	+1	+1	3	1.00
4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของ ลิพิด และความสำคัญ ของลิพิดต่อ สิ่งมีชีวิต	ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ 1. สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ความ เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรม การเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00
	2. สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ เพียงพอต่อการจัดกิจกรรม และการลงมือปฏิบัติจริง	+1	+1	+1	3	1.00
5. อธิบาย โครงสร้างของ กรดนิวคลีอิก และระบุนิต ของกรด นิวคลีอิก และความสำคัญ ของกรด นิวคลีอิกที่มีต่อ สิ่งมีชีวิต	3. สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยกระตุ้นให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ ความรู้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3	1.00
	4. สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ช่วยให้ เข้าใจในเนื้อหา สามารถบูรณาการ ความรู้ในวิชาอื่น ๆ ได้	+1	+1	+1	3	1.00
	5. สื่อที่ใช้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1.00

ตาราง 18 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม
		1	2	3	
6. สืบคนข้อมูล และอธิบาย ปฏิกิริยาเคมี ที่เกิดขึ้นใน สิ่งมีชีวิต 7. อธิบายการ ทำงานของ เอนไซม์ในการเร่ง ปฏิกิริยาเคมีใน สิ่งมีชีวิต และระบุ ปัจจัยที่มีผล ต่อการทำงานของ เอนไซม์	ด้านการวัดและประเมินผล 1. การวัดผลสอดคล้องเหมาะสมกับ เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3
	2. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมใน การแสดงออกและแสดงความคิดเห็นใน แต่ละกิจกรรม	+1	+1	+1	3
	3. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้แต่ ละกิจกรรมมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และตรวจสอบได้	+1	+1	+1	3
	4. มีการวัดผลและประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน เพื่อพัฒนา ความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3
	5. มีการวัดและการประเมินผลด้วย รูปแบบที่หลากหลาย ได้แก่ การประเมิน ตนเอง การประเมินโดยเพื่อน การประเมินโดยครูผู้สอน	+1	+1	+1	3

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์
ที่ได้จากการทดลองใช้ (Try-out) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ

นักเรียน คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์				คะแนนรวม (100 คะแนน) (X)	χ^2
	ฉบับที่ 1 (25 คะแนน)	ฉบับที่ 2 (25 คะแนน)	ฉบับที่ 3 (25 คะแนน)	ฉบับที่ 4 (25 คะแนน)		
1	15	15	10	15	55	3025
2	12	10	10	5	37	1369
3	15	15	10	15	55	3025
4	10	5	10	10	35	1225
5	10	10	10	15	45	2025
6	15	20	20	20	75	5625
7	15	15	15	15	60	3600
8	18	15	15	15	63	3969
9	15	15	20	15	65	4225
10	15	15	20	15	65	4225
11	12	10	10	5	37	1369
12	18	10	10	10	48	2304
13	10	10	10	5	35	1225
14	15	20	15	15	65	4225
15	15	20	15	15	65	4225
16	15	20	20	15	70	4900
17	15	15	15	20	65	4225
18	20	15	20	15	70	4900
19	15	20	15	15	65	4225
20	10	10	10	10	40	1600
21	10	10	10	10	40	1600
22	20	20	20	15	75	5625

ตาราง 19 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์				คะแนนรวม (100 คะแนน) (X)	χ^2
	ฉบับที่ 1 (25 คะแนน)	ฉบับที่ 2 (25 คะแนน)	ฉบับที่ 3 (25 คะแนน)	ฉบับที่ 4 (25 คะแนน)		
23	19	20	15	20	74	5476
24	15	10	5	10	40	1600
25	10	10	10	10	40	1600
26	18	15	20	15	68	4624
27	18	15	15	20	68	4624
28	10	10	10	10	40	1600
29	15	15	20	15	65	4225
30	10	10	10	10	40	1600
ค่าเฉลี่ย	14.33	14.00	13.83	13.33	1665.00	98085
S.D.	3.25	4.23	4.49	4.22		
S^2	10.57	17.93	20.14	17.82		

จากตาราง 19 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เท่ากับ 0.85

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา	
	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผลค่า p	แปลผลค่า r
1	0.77	0.47	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
2	0.53	0.53	ปานกลาง	ปานกลาง
3	0.63	0.47	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
4	0.60	0.40	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
5	0.63	0.33	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
6	0.53	0.40	ปานกลาง	ปานกลาง
7	0.43	0.47	ปานกลาง	ปานกลาง
8	0.27	0.00	ยากพอใช้ได้	ใช้ไม่ได้
9	0.60	0.53	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
10	0.63	0.47	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
11	0.53	0.53	ปานกลาง	ปานกลาง
12	0.47	0.40	ปานกลาง	ปานกลาง
13	0.53	0.40	ปานกลาง	ปานกลาง
14	0.43	0.47	ปานกลาง	ปานกลาง
15	0.73	0.40	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
16	0.83	0.07	ง่ายมาก	ใช้ไม่ได้
17	0.60	0.40	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
18	0.57	0.47	ปานกลาง	ปานกลาง
19	0.30	0.47	ยากพอใช้ได้	ปานกลาง
20	0.40	0.40	ปานกลาง	ปานกลาง
21	0.20	0.00	ยากพอใช้ได้	ใช้ไม่ได้
22	0.10	0.07	ยากมาก	ใช้ไม่ได้
23	0.33	0.53	ยากพอใช้ได้	ปานกลาง

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา	
	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผลค่า p	แปลผลค่า r
24	0.83	-0.07	ง่ายมาก	ใช้ไม่ได้
25	0.17	-0.07	ยากพอใช้ได้	ใช้ไม่ได้
26	0.50	0.60	ปานกลาง	ดี
27	0.50	0.47	ปานกลาง	ปานกลาง
28	0.60	0.40	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
29	0.27	0.53	ยากพอใช้ได้	ปานกลาง
30	0.13	0.00	ยากมาก	ใช้ไม่ได้
31	0.70	0.33	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
32	0.37	0.47	ยากพอใช้ได้	ปานกลาง
33	0.40	0.40	ปานกลาง	ปานกลาง
34	0.33	0.27	ยากพอใช้ได้	พอใช้
35	0.47	0.40	ปานกลาง	ปานกลาง
36	0.83	-0.33	ง่ายมาก	ใช้ไม่ได้
37	0.50	0.33	ปานกลาง	ปานกลาง
38	0.40	0.40	ปานกลาง	ปานกลาง
39	0.30	0.47	ยากพอใช้ได้	ปานกลาง
40	0.63	0.33	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้

จากตาราง 20 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร KR20 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 0.85

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน (แผนการจัดการเรียนรู้ที่/คะแนน)						แบบ ทดสอบท้าย แผน	รวมคะแนน ระหว่างเรียน	คะแนน หลังเรียน
	1	2	3	4	5	6			
	20	20	20	20	20	20			
1	17	17	16	18	17	16	96	197	111
2	17	18	17	16	17	18	95	198	103
3	16	17	18	17	16	17	96	197	100
4	18	17	16	18	16	18	95	198	108
5	16	17	17	18	18	17	88	191	100
6	17	17	18	17	18	19	98	204	109
7	17	18	17	18	17	18	99	204	106
8	18	17	17	17	16	18	95	198	108
9	16	17	18	16	16	17	101	201	121
10	16	17	17	16	17	16	93	192	101
11	17	16	18	17	17	16	89	190	104
12	17	18	17	18	16	16	97	199	97
13	16	17	16	17	17	18	96	197	110
14	18	16	17	18	16	17	100	202	96
15	16	18	17	17	19	16	95	198	102
16	18	17	16	16	17	17	97	198	96
17	17	18	16	17	18	16	98	200	104
18	20	18	17	19	17	18	98	207	111
19	18	17	17	18	20	18	95	203	97
20	18	17	16	17	17	16	101	202	111

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน (แผนการจัดการเรียนรู้ที่/คะแนน)						แบบ ทดสอบ	รวมคะแนน	คะแนนหลังเรียน
	1	2	3	4	5	6	ท้ายแผน	ระหว่าง เรียน	
	20	20	20	20	20	20	120	240	130
21	18	17	18	17	16	17	94	197	99
22	17	19	17	18	16	18	99	204	102
23	18	17	18	19	18	17	88	195	105
24	16	16	18	17	17	18	96	198	96
25	18	17	16	17	18	16	97	199	117
26	17	16	17	18	17	16	87	188	101
27	17	18	16	17	16	18	95	197	108
28	18	20	18	20	17	18	98	209	102
29	18	17	17	18	17	16	99	202	108
30	17	18	17	16	16	17	100	201	105
รวม								5966	3138
เฉลี่ย								198.87	104.60
S.D.								4.73	6.17
ร้อยละ								82.86	80.46

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน
ก่อนเรียนและหลังเรียน

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²	t-test
	100 คะแนน	100 คะแนน			
1	51	85	34	1156	t = 40.50
2	48	78	30	900	
3	51	78	27	729	
4	56	85	29	841	
5	51	75	24	576	
6	52	85	33	1089	
7	53	78	25	625	
8	56	85	29	841	
9	69	95	26	676	
10	47	75	28	784	
11	51	83	32	1024	
12	41	75	34	1156	
13	52	85	33	1089	
14	42	75	33	1089	
15	46	80	34	1156	
16	43	75	32	1024	
17	53	80	27	729	
18	54	83	29	841	
19	37	70	33	1089	
20	55	85	30	900	
21	41	73	32	1024	
22	50	78	28	784	
23	52	80	28	784	

ตาราง 22 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²	t-test
	100 คะแนน	100 คะแนน			
24	35	73	38	1444	t = 40.50
25	68	95	27	729	
26	48	75	27	729	
27	55	85	30	900	
28	40	78	38	1444	
29	53	85	32	1024	
30	37	80	33	1849	
รวม	1487	2412	925	29025	
เฉลี่ย	49.57	80.40			
S.D.	7.95	5.96			
ร้อยละ	49.57	80.40			

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
ก่อนเรียนและหลังเรียน

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²	t-test
	30 คะแนน	30 คะแนน			
1	13	26	13	169	t = 33.90
2	14	25	11	121	
3	13	22	9	81	
4	14	23	9	81	
5	14	25	11	121	
6	14	24	10	100	
7	19	28	9	81	
8	11	23	12	144	
9	16	26	10	100	
10	16	26	10	100	
11	13	21	8	64	
12	13	22	9	81	
13	15	25	10	100	
14	11	21	10	100	
15	11	22	11	121	
16	11	21	10	100	
17	12	24	12	144	
18	17	28	11	121	
19	15	27	12	144	
20	17	26	9	81	
21	13	26	13	169	
22	12	24	12	144	
23	14	25	11	121	

ตาราง 23 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²	t-test
	30 คะแนน	30 คะแนน			
24	14	23	9	81	t = 33.90
25	15	22	7	49	
26	16	26	10	100	
27	12	23	11	121	
28	16	24	8	64	
29	15	23	8	64	
30	11	25	14	196	
รวม	417	726	309	3263	
เฉลี่ย	13.90	24.20			
S.D.	2.07	2.01			
ร้อยละ	46.33	80.67			

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

เลขที่	ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้					ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้					ด้านการวัดและประเมินผล				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	5	5	3	4	5	5	4	5	3	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5
2	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	3	5	5	4	5	5	5	4
3	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3
4	5	5	4	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	4
6	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	3	5	4	5	5	5	5
8	3	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	3	5	5	4	5	4	4	5	5
9	4	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4
10	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	3
12	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
13	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	5	5	5	5	5	4

ตาราง 24 (ต่อ)

เลขที่	ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้					ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้					ด้านการวัดและประเมินผล				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
14	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
15	4	5	4	5	3	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5
16	5	5	3	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	3
17	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5
18	3	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5
19	5	4	5	5	5	5	5	5	3	5	5	4	5	3	5	5	5	5	5	4
20	4	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5
21	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
22	4	5	3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
23	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	5	4	5	5	5	5	5	4
24	5	5	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	3
25	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3	5	4	5	5	4	5
26	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5

ตาราง 24 (ต่อ)

เลขที่	ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้					ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้					ด้านการวัดและประเมินผล				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
27	5	5	4	5	5	5	5	5	3	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5
28	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	3	5	5	5	4	5	5	5	3
29	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5
30	5	4	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	5	4	5	5	5
รวม	136	141	136	143	139	147	143	142	138	146	144	134	140	133	146	143	144	142	146	134
เฉลี่ย	4.53	4.70	4.53	4.77	4.63	4.90	4.77	4.73	4.60	4.87	4.80	4.47	4.67	4.43	4.87	4.77	4.80	4.73	4.87	4.47
S.D.	0.68	0.47	0.68	0.43	0.67	0.31	0.43	0.45	0.72	0.35	0.41	0.78	0.55	0.77	0.35	0.43	0.41	0.45	0.35	0.78

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

เวลา 18 ชั่วโมง

เรื่อง น้ำและแร่ธาตุ

เวลา 3 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวสิริยาพร พลเล็ก

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

1. สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม/ผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

ผลการเรียนรู้

ข้อ 3 สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกาย

คณิตศาสตร์เพิ่มเติม สาระจำนวนและพีชคณิต

1. เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้น จากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้

ข้อ 2 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์เบื้องต้นในการสื่อสารสื่อความหมาย และอ้างเหตุผล

เทคโนโลยี สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิตสังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

ม.4/1 วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษยสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี

ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

2. สารการเรียนรู้

น้ำและแร่ธาตุ

ตารางการบูรณาการความรู้เรื่องน้ำและแร่ธาตุ

Science (S)	Technology (T)	Engineering (E)	Mathematics (M)
• น้ำ • แร่ธาตุ • ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	• สร้างชิ้นงานหรือวิธีการอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เพื่อใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน • เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม	• เข้าใจและระบุปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์นั้นๆ • ใช้ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน • ออกแบบเครื่องกรองน้ำ	• ใช้ความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์เบื้องต้นในการสื่อสารสื่อความหมายและอ้างเหตุผล • การชั่งปริมาณ

3. สำคัญ

ร่างกายสิ่งมีชีวิตมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด ซึ่งน้ำมีสมบัติช่วยรักษาคุณภาพของเซลล์ แร่ธาตุที่สิ่งมีชีวิตต้องการจะอยู่ในรูปของไอออน ในมนุษย์และสัตว์ ธาตุจะช่วยให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายดำเนินไปตามปกติ

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนมีความรู้ ความสามารถในการในแต่ละด้าน ดังนี้

ความรู้ (เงื่อนไขความรู้) (Knowledge)

1. อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำ และบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิตได้
2. ยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิตได้

ทักษะ/กระบวนการ (Process)

1. ออกแบบเครื่องกรองน้ำในกิจกรรมการระกักพิชิตน้ำเสียได้อย่างสร้างสรรค์
2. ความคิดสร้างสรรค์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (เงื่อนไขคุณธรรม) (Attitude)

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. อยู่อย่างพอเพียง
4. มุ่งมั่นในการทำงาน
5. มีจิตสาธารณะ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (15 นาที)

1. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการให้นักเรียนดูวิดีโอเกี่ยวกับน้ำเสีย และร่วมกันอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้
 - ปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากอะไรบ้าง
(แนวคำตอบ การทิ้งขยะลงในแม่น้ำ การปล่อยน้ำเสียหรือสารเคมีลงในแม่น้ำ เป็นต้น)
 - การขาดแคลนน้ำจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
(แนวคำตอบ น้ำเป็นแหล่งกำเนิดชีวิตของสัตว์และพืช คนเรามีชีวิตอยู่โดยขาดน้ำได้ไม่เกิน 3 วัน น้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่เราใช้สำหรับการดื่มกิน การประกอบอาหาร ชำระร่างกาย ฯลฯ)
 - ถ้าน้ำมีปริมาณจำกัดไม่เพียงพอต่อการใช้อุปโภคและบริโภค เรามีวิธีการอนุรักษ์น้ำในชีวิตประจำวันได้อย่างไร (ความพอประมาณ)
(แนวคำตอบ ใช้น้ำอย่างประหยัด ไม่เปิดน้ำทิ้งไว้)
 - แร่ธาตุคืออะไร และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร
(แนวคำตอบ แร่ธาตุเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ให้พลังงาน แต่ร่างกายต้องการและขาดไม่ได้ เป็นส่วนประกอบของสารหลายชนิดที่มีความสำคัญต่อการทำหน้าที่ของเซลล์และอวัยวะ)
2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 6-7 คน
3. ครูให้สถานการณ์ว่า “เมื่อน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคในบ้านของนักเรียนไม่สะอาด น้ำขุ่นและมีกลิ่น นักเรียนจะมีวิธีการแก้ไขปัญหาและทำให้น้ำสะอาดขึ้นได้อย่างไร”
4. ในการแก้ไขสถานการณ์ที่กำหนด ครูวางเงื่อนไข คือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองน้ำต้องเป็นวัสดุที่หาง่ายตามธรรมชาติ ต้องใช้เวลาในการกรองน้ำให้เร็วและสะอาดที่สุด

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (30 นาที)

1. แต่ละกลุ่มระดมความคิดและรวบรวมข้อมูลในการสร้างอุปกรณ์ที่จะช่วยกรองน้ำ เพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค จากหนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 และใบความรู้ต่อไปนี

1.1 ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

1.2 ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องกรองน้ำแบบฉุกเฉินจากวัสดุธรรมชาติ

2. นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับน้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

3. ทำใบกิจกรรม เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยมีจุดเน้นตามปรัชญาเศรษฐกิจ

พอเพียง (ความพอประมาณ) (45 นาที)

1. นักเรียนร่วมกันวางแผนแก้ปัญหาในกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ภาวะกิจพิชิตน้ำเสีย

2. นักเรียนร่วมกันออกแบบ พร้อมวาดภาพเครื่องกรองน้ำลงในแบบบันทึกกิจกรรม

3. นักเรียนร่วมกันเลือกใช้วัสดุอย่างสร้างสรรค์ ภายใต้เงื่อนไข คือ ต้องใช้เวลาในการกรองน้ำให้เร็ว และสะอาดที่สุด (ความพอประมาณ)

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (45 นาที)

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบชิ้นงาน

2. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันลงมือทำกิจกรรมออกแบบเครื่องกรองน้ำตามที่ออกแบบไว้ในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน โดยมีจุดเน้นตาม

ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (ความมีเหตุผล) (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มขึ้นมานำเสนอชิ้นงาน อธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ พร้อมให้เหตุผลประกอบ (ความมีเหตุผล)

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันสะท้อนผลของชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มขึ้นมานำเสนอ เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงชิ้นงานต่อไป

3. นักเรียนลงมือปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน

**ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา โดยมีจุดเน้นตาม
ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง คือ มีภูมิคุ้มกันในตนเอง (15 นาที)**

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มขึ้นมานำเสนอชิ้นงานที่ได้ปรับปรุงแล้ว และร่วมกัน
ประเมินชิ้นงานของเพื่อนแต่ละกลุ่ม โดยใช้แบบประเมินผลงานและการนำเสนอ

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจากประเด็นต่อไปนี้ (มีภูมิคุ้มกันใน
ตนเอง)

- นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในอนาคตให้ยั่งยืนได้อย่างไร

(แนวคำตอบ นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ในครอบครัวของตนเอง ขยายผล
ต่อชุมชน หมู่บ้าน เพื่อเป็นการร่วมกันแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืนต่อไป)

8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. วีดิทัศน์ เรื่อง การเกิดอุทกภัยในจังหวัดสกลนคร
2. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต
3. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง เครื่องกรองน้ำแบบจุลินทรีย์จากวัสดุธรรมชาติ
4. ใบกิจกรรม เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต
5. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ภาวะกิจพิชิตน้ำเสีย
6. แหล่งเรียนรู้
 - 6.1 ห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 6.2 อินเทอร์เน็ตและเว็บไซต์ในการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้	- ตรวจ แบบทดสอบ ก่อนเรียน-หลังเรียน - ตรวจใบกิจกรรม	- แบบทดสอบ ก่อนเรียน-หลังเรียน - ใบกิจกรรม	- ก่อนเรียนประเมิน ตามสภาพจริง - หลังเรียนผ่าน เกณฑ์ร้อยละ 75 - ร้อยละ 75 ผ่านเกณฑ์
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	- ตรวจ แบบทดสอบ ความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียน-หลังเรียน - ตรวจชิ้นงาน	- แบบทดสอบ ความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียน-หลังเรียน - แบบประเมิน ความคิดสร้างสรรค์ ของชิ้นงาน	- ก่อนเรียนประเมิน ตามสภาพจริง - หลังเรียน ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 75 ขึ้นไป - ผ่านเกณฑ์อยู่ใน ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะ อันพึงประสงค์และ สมรรถนะสำคัญของ ผู้เรียน	- สังเกตความมี วินัย ใฝ่เรียนรู้ อยู่อย่างพอเพียง มุ่งมั่นในการทำงาน และมีจิตสาธารณะ และสมรรถนะที่ สำคัญ 5 ประการ	- แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์ และสมรรถนะ สำคัญของผู้เรียน	- ผ่านเกณฑ์อยู่ใน ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้

.....

.....

ด้านความคิดสร้างสรรค์

.....

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

แนวทางการแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวสิริยาพร พลเล็ก)

ขอเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระฯ

.....

.....

.....

ขอเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวศิริพร เอกสะพัง)

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

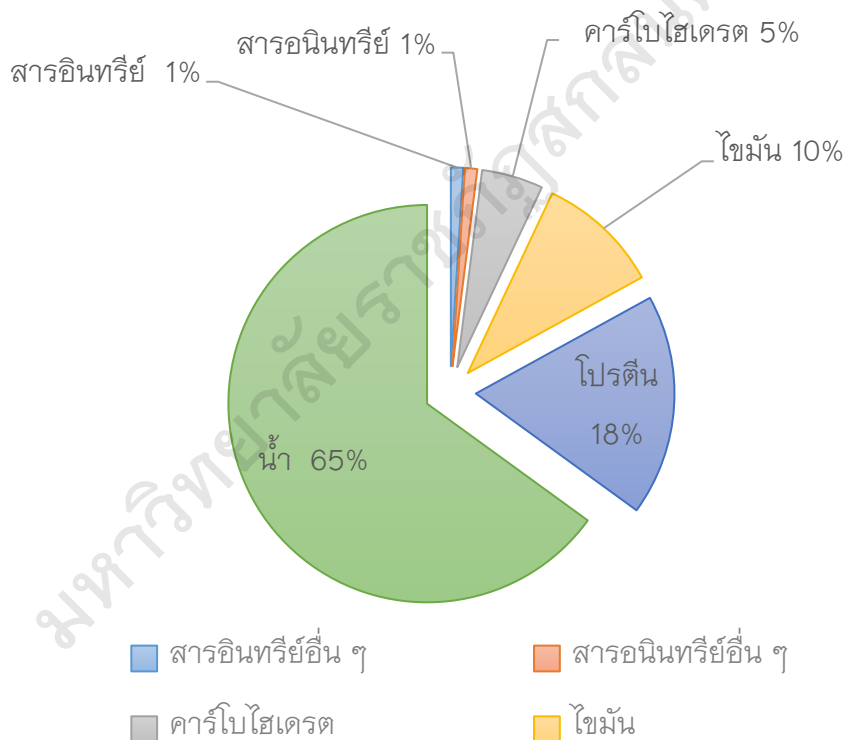
(นายอร่าม คุณกุลรัตน์)

วันที่...../...../.....

ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด สารบางอย่างมีปริมาณมาก เช่น น้ำบางอย่างมีปริมาณน้อยแต่ล้วนมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของเซลล์ นักเรียนจะได้ศึกษาต่อไป

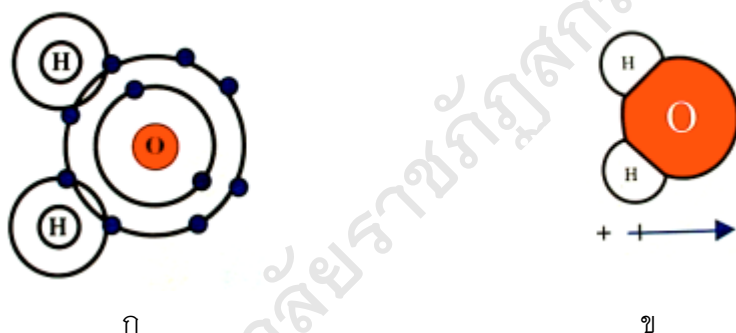


ภาพ 1 แผนภูมิแสดงปริมาณสารเคมีในร่างกายของมนุษย์

1. น้ำ

น้ำเป็นสารประกอบที่พบมากในสิ่งมีชีวิต ดังนั้นน้ำน่าจะมี ความสำคัญอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิต

นักเรียนได้ทราบมาแล้วว่า น้ำประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนมีสูตร H_2O อะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน อิเล็กตรอนวงนอกของอะตอมออกซิเจนยังมีเหลืออีก 4 อิเล็กตรอน ที่ยังไม่มีพันธะโคเวเลนต์ จึงทำให้อะตอมของออกซิเจนแสดงประจุลบและอะตอมของไฮโดรเจนทั้ง 2 อะตอมแสดงประจุบวก ทำให้โมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว (Polar) ดังภาพ ข.



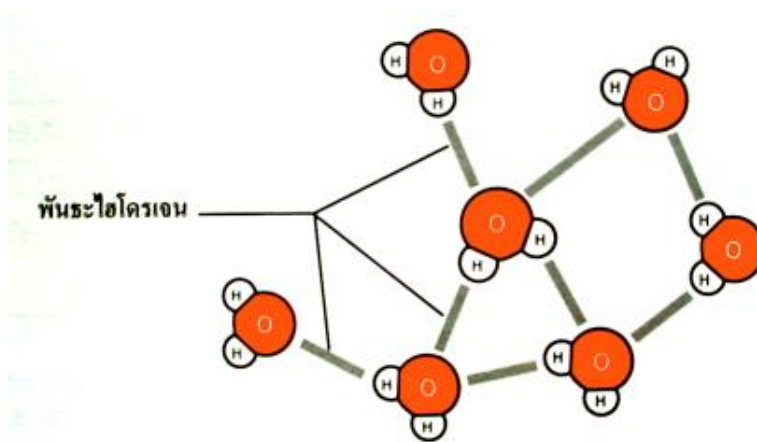
ภาพ 1 โมเลกุลของน้ำ

ภาพ ก. การรวมตัวของออกซิเจนและไฮโดรเจนเป็นโมเลกุลของน้ำ

ภาพ ข. สัญลักษณ์ของโมเลกุลที่มีขั้วของน้ำ อะตอมของออกซิเจนแสดงขั้วลบ อะตอมของไฮโดรเจนแสดงขั้วบวก

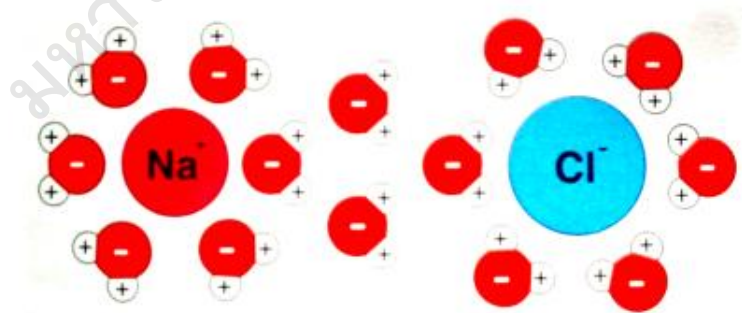
ที่มา : หนังสือเรียนชีววิทยา เล่ม 1 สสวท. หน้า 33

นอกจากน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้วแล้ว น้ำยังมีสมบัติเป็นของเหลว ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเกิดจากการยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ระหว่างอะตอมของออกซิเจนกับอะตอมของไฮโดรเจนของน้ำแต่ละโมเลกุล พันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะที่ไม่แข็งแรงเท่าพันธะโคเวเลนต์ แต่ก็เพียงพอที่จะยึดเหนี่ยวโมเลกุลน้ำไว้ด้วยกัน จึงทำให้น้ำมีสภาพเป็นของเหลว ดังภาพ 2



ภาพ 2 พันธะไฮโดรเจนที่ยึดระหว่างโมเลกุลของน้ำ
ที่มา : หนังสือเรียนชีววิทยา เล่ม 1 สสวท. หน้า 34

สมบัติการมีขั้วของโมเลกุลน้ำและการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของสารต่าง ๆ ได้ทำให้สารต่าง ๆ ที่มีขั้วสามารถละลายน้ำได้ดี การที่น้ำแสดงทั้งประจุบวกและประจุลบอยู่ในโมเลกุลเดียวกันน้ำจึงเป็นตัวทำละลายที่ดี สำหรับโมเลกุลที่แตกตัวเป็นไอออนได้ เช่น โซเดียมคลอไรด์ละลายได้ในน้ำ เพราะโซเดียมไอออน (Na^+) เกาะกับอะตอมของออกซิเจนซึ่งเป็นขั้วลบ ส่วนคลอไรด์ไอออน (Cl^-) เกาะอยู่กับอะตอมไฮโดรเจนซึ่งเป็นขั้วบวก ดังภาพ 3



ภาพ 3 การแตกตัวของตั้ละลาย NaCl เป็น Na^+ และ Cl^- โดยมีโมเลกุลของน้ำที่เป็นตัวทำละลายมาล้อมรอบ

ที่มา : หนังสือเรียนชีววิทยา เล่ม 1 สสวท. หน้า 34

สารที่มีสมบัติละลายน้ำได้ดี เรียกว่า **ไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic)** ซึ่งหมายถึง ชอบน้ำ และเรียกสารที่มีสมบัติไม่ละลายในน้ำว่า **ไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic)** ซึ่งหมายถึง ไม่ชอบน้ำ ทั้งนี้เป็นเพราะสารเหล่านี้ไม่สามารถแตกตัวให้อิออนได้เหมือนโซเดียมคลอไรด์ หรือเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจึงไม่สามารถยึดติดกับโมเลกุลของน้ำได้

สมบัติในการเป็นตัวทำละลายที่ดีของน้ำ ทำให้สามารถใช้น้ำเป็นตัวลำเลียง และนำสารต่าง ๆ มาเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ตามที่ต้องการ โมเลกุลของน้ำยังสามารถแตกตัวให้อิออนได้เป็นไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) ทำให้เกิดสมบัติในการเป็นกรดและเบส น้ำยังสามารถแตกตัวได้รวดเร็วอีกด้วยน้ำ 1 แก้ว สามารถแตกตัวได้ไฮโดรเจนไอออนประมาณ 10^{15} ไอออน นอกจากนี้ น้ำยังมีสมบัติเก็บความร้อนได้ดี จึงมีความจุความร้อนสูงทำให้สามารถช่วย รักษาสมดุลของอุณหภูมิในร่างกายได้ดี

สรุปเกี่ยวกับน้ำ

น้ำ ร่างกายของคนเราประกอบด้วยน้ำประมาณ 75% ในสมองมีน้ำอยู่ถึง 80% แต่ในกระดูกมีน้ำเพียง 25% เท่านั้น ร่างกายต้องการน้ำวันละประมาณ 3 ลิตร ร่างกายได้น้ำในรูปของน้ำดื่ม น้ำในผักผลไม้ และอาหารอื่น ๆ ที่กินเข้าไป ความสำคัญของน้ำ คือ

1. น้ำ เป็นส่วนประกอบของเซลล์และโปรโทพลาสซึม ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของสารภายในเซลล์ และเกิดการผสมกัน
2. น้ำช่วยในการลำเลียง คือ ลำเลียงสารอาหารต่าง ๆ ก๊าซ ฮอร์โมน และของเสียต่าง ๆ ซึ่งลำเลียงมาตามหลอดเลือดของระบบไหลเวียน
3. น้ำเป็นตัวกลางให้สารทำปฏิกิริยาทางเคมีและเป็นตัวร่วมในปฏิกิริยาด้วย เช่น ปฏิกิริยาการย่อยสลาย ได้แก่ การย่อยอาหารต่าง ๆ
4. น้ำช่วยควบคุมอุณหภูมิ โดยน้ำมีความจุความร้อนสูง ในการระเหยของเหงื่อออกจากร่างกายจะมีการนำความร้อนซึ่งเกินจากร่างกายออกไปทำให้อุณหภูมิของร่างกาย คงที่ได้อยู่ได้
5. น้ำช่วยในการขับถ่ายกากอาหาร และของเสีย เช่น ช่วยในการขับถ่าย ปัสสาวะ และอุจจาระ

แร่ธาตุ

แร่ธาตุ (Mineral) เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์หลายชนิดในร่างกายสิ่งมีชีวิต ซึ่งสิ่งมีชีวิตต้องการแร่ธาตุต่าง ๆ ในปริมาณแตกต่างกัน

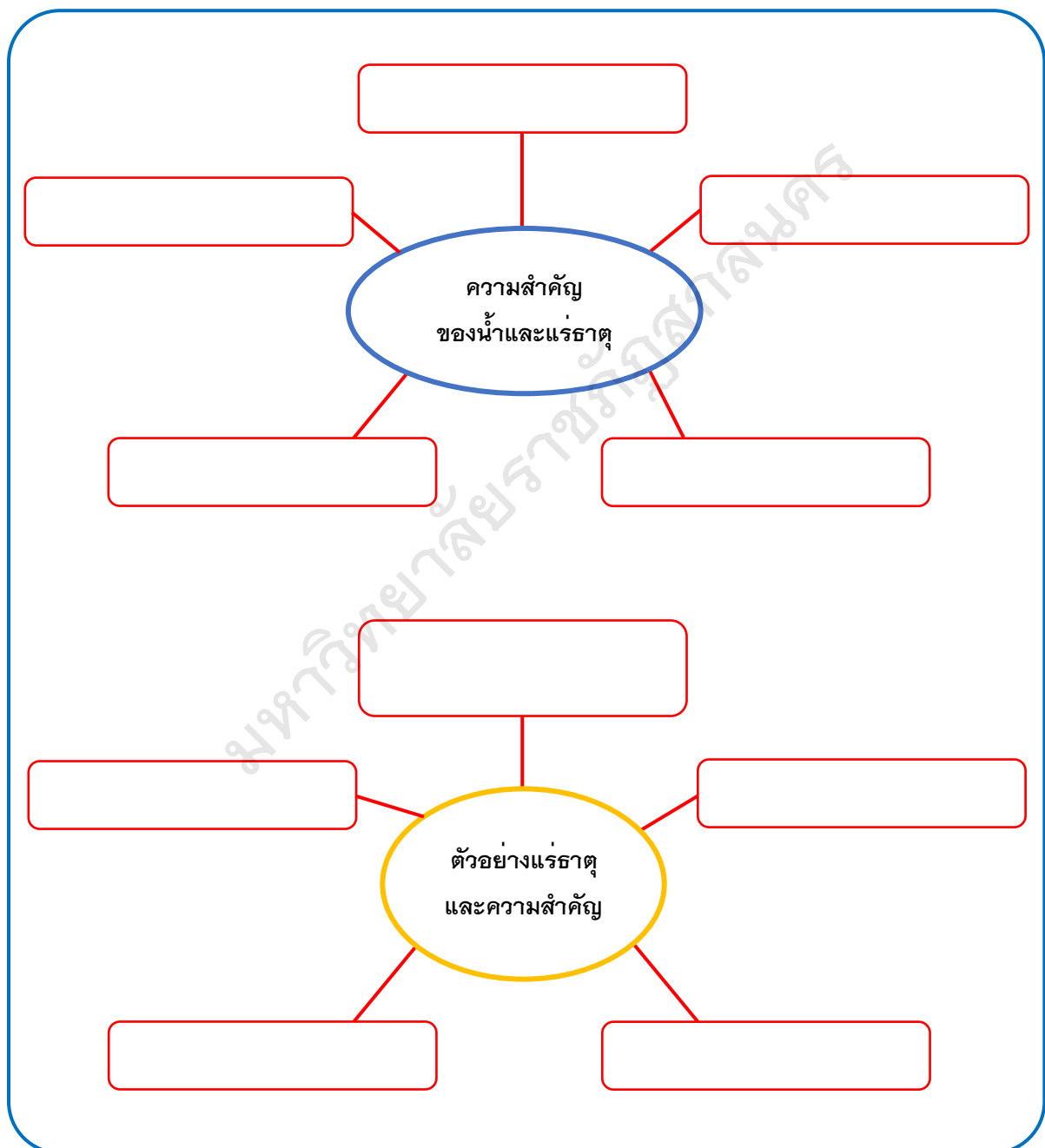
ตารางแสดงความสำคัญและผลจากการขาดแร่ธาตุบางชนิด

แร่ธาตุ	ในพืช		ในมนุษย์	
	ความสำคัญ	ผลจากการขาด	ความสำคัญ	ผลจากการขาด
แคลเซียม	เป็นองค์ประกอบในการสร้างแผ่นกั้นเซลล์ การสร้างเยื่อหุ้มเซลล์	ตายอดชะงักการเจริญเติบโต เส้นใบบิดเบี้ยวและใบมีจุดแห้ง	เป็นองค์ประกอบของกระดูกและฟัน ช่วยในการแข็งตัวของเลือด	โรคกระดูกอ่อน ฟันไม่แข็งแรง เลือดออกง่าย และแข็งตัวช้า
โซเดียม	-	-	รักษาดุลยภาพของน้ำ กรด-เบสในร่างกาย ช่วยในการถ่ายทอดกระแสประสาท	คลื่นไส้ อาเจียน เบื่ออาหาร และความดันโลหิตต่ำ
โพแทสเซียม	เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ ช่วยปิด-เปิดปากใบ ช่วยให้พืชดูดน้ำได้มีประสิทธิภาพ	ใบแก่มีสีซีด พบจุดสีเข้มที่เนื้อใบ	รักษาสมดุลออสโมซิส ช่วยในการถ่ายทอดกระแสประสาท การหดตัวของกล้ามเนื้อ	คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร
แมกนีเซียม	เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมของแป้ง	เนื้อใบมีสีซีดในขณะที่ยังเขียวอยู่ โดยเริ่มที่บริเวณใกล้เส้นใบ	เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ ช่วยในการทำงานของเซลล์ประสาท	เกิดความผิดปกติของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ

แร่ธาตุ	ในพืช		ในมนุษย์	
	ความสำคัญ	ผลจากการขาด	ความสำคัญ	ผลจากการขาด
ฟอสฟอรัส	เป็นองค์ประกอบของนิว คลีโอโปรตีนและฟอสโฟลิพิด	ลำต้นแคระแกร็น ใบมีสีเขียวเข้ม	เกี่ยวข้องกับการเจริญของกระดูกและกระบวนการเมแทบอลิซึม	อ่อนเพลีย กระดูกเปราะ และแตกง่าย
ไนโตรเจน	เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โคเอนไซม์ กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์	การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ใบแก่ มีสีเหลืองซีด	–	–
เหล็ก	–	–	เป็นองค์ประกอบของ เฮโมโกลบิน ในเม็ดเลือดแดง	โลหิตจาง อ่อนเพลีย ร่างกายขาดแก๊สออกซิเจน
ไอโอดีน	–	–	เป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนไทรอกซิน จากต่อมไทรอยด์	เด็กจะมีพัฒนาการด้านสติปัญญาช้า ผู้ใหญ่เป็นโรคคอพอก

ใบกิจกรรมที่ 1
เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

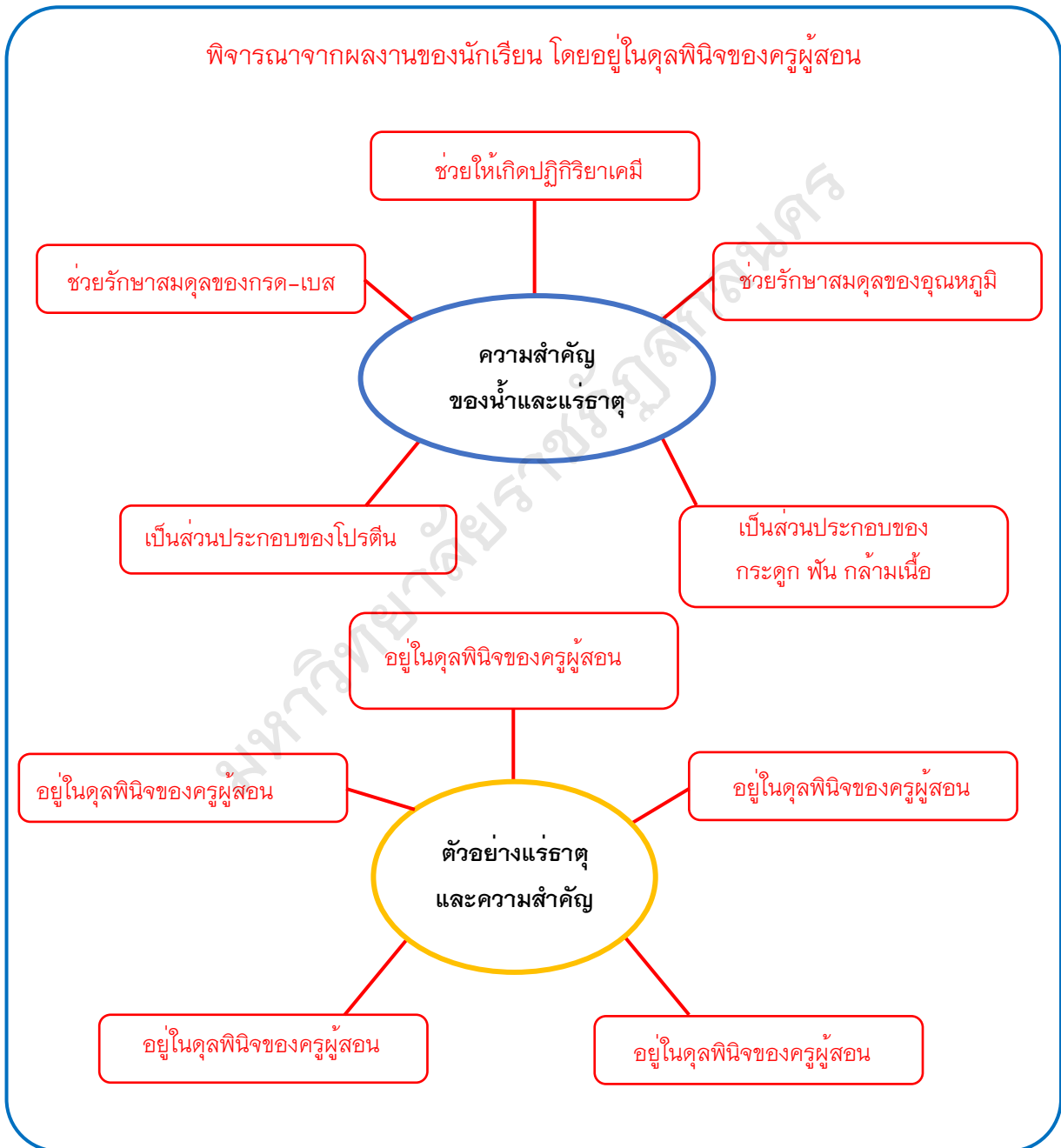


เฉลยใบกิจกรรม ที่ 1

เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์เรื่อง น้ำและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

พิจารณาจากผลงานของนักเรียน โดยอยู่ในดุลพินิจของครูผู้สอน



ใบความรู้ที่ 2
เรื่อง เครื่องกรองน้ำแบบฉุกเฉินจากวัสดุธรรมชาติ



ภาพ 1 เครื่องกรองน้ำจากธรรมชาติ

ที่มา : <https://onlineoneclick.weebly.com/360836403619358536363592/8>

กรวด

กรองสิ่งแปลกปลอมชิ้นใหญ่
ถ้าไม่มีใช้ทรายอย่างเดียวก็ได้

ทราย

กรองสิ่งแปลกปลอม
ขนาดเล็ก

ถ่านทุบละเอียด

กรองสารพิษ และแบคทีเรีย
อีโคไลน์

ผ้า หรือ สำลี

นำมาพับทบหลาย ๆ ชั้น
เพื่อกรองเศษผงชั้นสุดท้าย

**กิจกรรมสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
เรื่อง ภารกิจพิชิตน้ำเสีย**

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (เงื่อนไขความรู้) (Knowledge)

1. อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำ และบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิตได้
2. ยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิตได้

2. ทักษะ/กระบวนการ (Process)

1. ออกแบบเครื่องกรองน้ำในกิจกรรมภารกิจพิชิตน้ำเสียได้อย่างสร้างสรรค์
2. ความคิดสร้างสรรค์

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (เงื่อนไขคุณธรรม) (Attitude)

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. อยู่อย่างพอเพียง
4. มุ่งมั่นในการทำงาน
5. มีจิตสาธารณะ

คำชี้แจง
กิจกรรมสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
เรื่อง ภาวะกิจพิชิตน้ำเสีย

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. นักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง น้ำและแร่ธาตุ และทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน
2. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 6-7 คน พร้อมทั้งแบ่งหน้าที่การทำงานในกลุ่ม
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง หรือสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาประเด็นปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด ในกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ภาวะกิจพิชิตน้ำเสีย
5. นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มขึ้นมานำเสนอผลงาน หรือชิ้นงานที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายความรู้และเสนอแนะเพื่อปรับปรุงชิ้นงาน
6. นักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง น้ำและแร่ธาตุ และทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ภารกิจพิชิตน้ำเสีย

สถานการณ์



“เมื่อน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคในบ้านของนักเรียน ไม่สะอาด น้ำขุ่นและมีกลิ่น นักเรียนจะมีวิธีการแก้ไขปัญหา และทำให้น้ำสะอาดขึ้นได้อย่างไร”



เงื่อนไข คือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองน้ำต้องเป็นวัสดุ ที่หาง่ายตามธรรมชาติ ต้องใช้เวลาในการกรองน้ำให้เร็ว และสะอาดที่สุด

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| 1. กรวย | 5. ผ้าขาว |
| 2. ถ่านทุบ | 6. สำลี |
| 3. ทราย | 7. ขวดน้ำพลาสติก |
| 4. น้ำส้มสายชู 5% | 8. เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพน้ำ |

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว อะไรคือประเด็นปัญหาที่สำคัญ

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการกรองน้ำเพื่อให้ได้น้ำสะอาดไว้ใช้ในครัวเรือน และระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ลงในกรอบด้านล่าง (ความคิดสร้างสรรค์)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

3. ให้นักเรียนบอกเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ของแต่ละชั้นในการสร้างเครื่องกรองน้ำ (ความมีเหตุผล)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน พร้อมลงมือตรวจสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่องของชิ้นงาน

ข้อดี คือ

.....

.....

.....

ข้อบกพร่อง คือ

.....

.....

.....

6. ถ้าจะนำเครื่องกรองน้ำที่นักเรียนออกแบบไว้ไปใช้ในสถานการณ์จริง นักเรียนจะมีวิธีการปรับปรุงแก้ไขเครื่องกรองน้ำที่ออกแบบไว้อย่างไร เพื่อให้นำไปใช้ในขนาดได้อย่างยั่งยืน (มีภูมิคุ้มกันในตนเอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ให้นักเรียนระบุความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ในการสร้างชิ้นงานลงในกรอบต่อไปนี้

Science : S	Technology : T
Engineering : E	Mathematics : M

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของชิ้นงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนประเมินความคิดสร้างสรรค์แล้วขีด ☒ ลงในช่องที่ตรงกับระดับ

คะแนน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ความคิดคล่องแคล่ว			
2. ความคิดยืดหยุ่น			
3. ความคิดริเริ่ม			
4. ความคิดละเอียดลออ			
รวม			
ระดับคุณภาพ			

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นางสาวสิริยาพร พลเล็ก)

เกณฑ์การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ความคิด คล่องแคล่ว	คิดวิธีการแก้ปัญหา สร้างสรรค์ขึ้นงานได้ อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว รวดเร็ว 80% ขึ้นไป เสร็จภายในเวลาที่ กำหนด	คิดวิธีการแก้ปัญหา สร้างสรรค์ขึ้นงานได้ อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว รวดเร็ว 60% ขึ้นไป เสร็จภายในเวลาที่ กำหนด	คิดวิธีการแก้ปัญหา สร้างสรรค์ขึ้นงานได้ อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว น้อยกว่า 60% ภายใน เวลาที่กำหนด
2. ความคิดยืดหยุ่น	คิดหาวิธีการแก้ไข ปัญหาได้หลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม มีการประยุกต์ดัดแปลง สามารถนำไปใช้ได้อย่าง ถูกต้อง 80% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการแก้ไข ปัญหาได้หลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม มีการ ประยุกต์ดัดแปลง สามารถนำไปใช้ได้อย่าง ถูกต้อง 60% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการแก้ไข ปัญหาได้หลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม มีการประยุกต์ดัดแปลง สามารถนำไปใช้ได้อย่าง ถูกต้อง น้อยกว่า 60%
3. ความคิดริเริ่ม	มีความแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร 80% ขึ้นไป	มีความแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร 60% ขึ้นไป	มีความแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร น้อยกว่า 60%
4. ความคิด ละเอียดลออ	มีความรอบคอบ คิดหารายละเอียด ในการแก้ปัญหา ของชิ้นงาน 80% ขึ้นไป	มีความรอบคอบ คิดหารายละเอียด ในการแก้ปัญหา ของชิ้นงาน 60% ขึ้นไป	มีความรอบคอบ คิดหารายละเอียด ในการแก้ปัญหา ของชิ้นงาน น้อยกว่า 60%

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-12	ดีมาก
9-10	ดี
7-8	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน แล้วขีด ☒ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ข้อการประเมิน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1. มีวินัย รับผิดชอบ	1.1 ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของห้องเรียน			
	1.2 มีความตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ			
	1.3 มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมาย			
2. ใฝ่เรียนรู้	2.1 เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ			
	2.2 ศึกษา ค้นคว้า หาความรู้จากหนังสือ เอกสาร สื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม			
	2.3 บันทึกความรู้ วิเคราะห์ตรวจสอบสิ่งที่เรียนรู้สรุปเป็นองค์ความรู้ได้			
	2.4 แลกเปลี่ยนความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ และนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน			
3. อยู่อย่างพอเพียง	3.1 ใช้ทรัพย์สินและสิ่งของของโรงเรียนอย่างประหยัด			
	3.2 ใช้อุปกรณ์การเรียนอย่างประหยัด			
	3.3 ใช้จ่ายอย่างประหยัด รู้คุณค่าการออมเงิน			
4. มุ่งมั่นในการทำงาน	4.1 มีความตั้งใจ พยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย			
	4.2 มีความอดทน ไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ			
5. มีจิตสาธารณะ	5.1 รู้จักช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มทำงาน			
	5.2 รู้จักการดูแลรักษาทรัพย์สินสมบัติ สิ่งแวดล้อมของห้องเรียนและโรงเรียน			
รวม				
ระดับคุณภาพ				

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
(นางสาวสิริยาพร พลเล็ก)

เกณฑ์การให้คะแนน

- พฤติกรรมที่ปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป ให้ 3 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติร้อยละ 60 ขึ้นไป ให้ 2 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติต่ำกว่าร้อยละ 60 ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
36-42	ดีมาก
29-35	ดี
22-28	พอใช้
ต่ำกว่า 22	ปรับปรุง

แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แล้วทำเครื่องหมาย ☒ ให้ตรงกับระดับคุณภาพ

สมรรถนะที่สำคัญ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1. ความสามารถในการสื่อสาร	1.1 มีความสามารถในการนำเสนอผลงาน			
	1.2 มีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ ความคิด ความเข้าใจของตนเอง โดยใช้ภาษาอย่างเหมาะสม			
	1.3 ใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสม			
	1.4 วิเคราะห์แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล			
	1.5 เขียนบันทึกเหตุการณ์ประจำวัน แล้วเล่าให้เพื่อนฟังได้			
2. ความสามารถในการคิด	2.1 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์			
	2.2 มีทักษะในการคิดนอกกรอบอย่างสร้างสรรค์			
	2.3 สามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ			
	2.4 มีความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ			
	2.5 ตัดสินใจแก้ปัญหาเกี่ยวกับตนเองได้			
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	3.1 สามารถแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้			
	3.2 ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา			
	3.3 เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงในสังคม			
	3.4 แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา			
	3.5 สามารถตัดสินใจได้เหมาะสมตามวัย			
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	4.1 เรียนรู้ด้วยตนเองได้เหมาะสมตามวัย			
	4.2 สามารถทำงานกลุ่มร่วมกับผู้อื่นได้			
	4.3 นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน			
	4.4 จัดการปัญหาและความขัดแย้งได้เหมาะสม			
	4.5 หลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเอง			

สมรรถนะ ที่สำคัญ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	5.1 เลือกและใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมตามวัย			
	5.2 มีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี			
	5.3 สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้พัฒนาตนเอง			
	5.4 ใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์			
	5.5 มีคุณธรรม จริยธรรมในการใช้เทคโนโลยี			
รวม				
ระดับคุณภาพ				

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นางสาวสิริยาพร พลเล็ก)

เกณฑ์การให้คะแนน

- พฤติกรรมที่ปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป ให้ 3 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติร้อยละ 60 ขึ้นไป ให้ 2 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติต่ำกว่าร้อยละ 60 ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
58-75	ดีมาก
39-57	ดี
20-38	พอใช้
ต่ำกว่า 19	ปรับปรุง

แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

เรื่อง น้ำและแร่ธาตุ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. โครงสร้างโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะไบ้าง (ความรู้ความจำ)
 1. ไฮโดรเจน 1 อะตอม ออกซิเจน 1 อะตอม
 2. ไฮโดรเจน 1 อะตอม ออกซิเจน 2 อะตอม
 3. ไฮโดรเจน 2 อะตอม ออกซิเจน 1 อะตอม
 4. ไฮโดรเจน 2 อะตอม ออกซิเจน 2 อะตอม
2. น้ำมีความสำคัญหลายประการยกเว้นข้อใด (ความเข้าใจ)
 1. เป็นตัวทำละลายที่ไม่ดี
 2. เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในเซลล์
 3. ช่วยหล่อเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย
 4. ช่วยรักษาสสมดุลของอุณหภูมิในร่างกาย
3. คุณสมบัติของน้ำมีหลายประการ ยกเว้นข้อใด (ความรู้ความจำ)
 1. โมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว
 2. แสดงได้ทั้งประจุบวกและประจุลบ ทำให้เป็นตัวทำละลายที่ดี
 3. เกิดจากอะตอมของออกซิเจนกับอะตอมของไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์
 4. แต่ละโมเลกุลของน้ำยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์
ทำให้น้ำมีสถานะเป็นของเหลว
4. ถ้าขาดธาตุหลักจะมีผลกระทบต่อระบบการทำงานของร่างกายระบบใดมากที่สุด (การประเมินค่า)

1. ระบบประสาท	2. ระบบหมุนเวียนเลือด
3. ระบบหายใจ	4. ระบบย่อยอาหาร

5. ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เช่นเดียวกับธาตุใด (ความรู้ความจำ)
 1. เหล็ก
 2. แคลเซียม
 3. ไอโอดีน
 4. โพแทสเซียม
6. ผู้ป่วยที่มีอาการท้องร่วงจะสูญเสียแร่ธาตุไปมาก ควรเลือกรับประทานเกลือแร่ชนิดใด (การนำไปใช้)
 1. โซเดียมคลอไรด์
 2. แคลเซียมคลอไรด์
 3. แมกนีเซียมคลอไรด์
 4. โพแทสเซียมคลอไรด์
7. เพราะเหตุใดหญิงมีครรภ์จึงต้องการธาตุแคลเซียมมากกว่าหญิงทั่วไป (ความเข้าใจ)
 1. หญิงมีครรภ์ต้องใช้ในการสร้างกระดูกและฟัน
 2. หญิงมีครรภ์ต้องการแคลเซียมในการสร้างต่อมน้ำนม
 3. หญิงมีครรภ์ต้องใช้แคลเซียมชดเชย ส่วนที่ขับถ่ายออกมา
 4. เด็กในครรภ์จะใช้แคลเซียมจากแม่ในการสร้างกระดูกและฟัน
8. ร่างกายต้องการใช้ธาตุโซเดียมวันละ 4-6 กรัม เพื่อช่วยส่วนใดของร่างกาย (วิเคราะห์)
 1. สร้างกระดูกหรือฟัน
 2. ช่วยการทำงานของกล้ามเนื้อ
 3. ช่วยให้ร่างกายสร้างฮีโมโกลบินให้เพียงพอ
 4. ช่วยให้เซลล์มีความไวต่อการกระตุ้นคงที่
9. ธาตุที่ช่วยการทำงานของกล้ามเนื้อ เส้นประสาทและช่วยรักษาสสมดุลของกรดและเบสในร่างกายคือข้อใด (ความรู้ความจำ)
 1. แมกนีเซียม
 2. โซเดียม
 3. ไอโอดีน
 4. โพแทสเซียม
10. น้านมของสัตว์มีแร่ธาตุชนิดใดอยู่ในปริมาณมากที่สุด (การประเมินค่า)
 1. แคลเซียม และเหล็ก
 2. ไอโอดีน และโซเดียม
 3. แคลเซียม และฟอสฟอรัส
 4. แคลเซียม เหล็ก และโพแทสเซียม

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

เรื่อง น้ำและแร่ธาตุ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 10 ข้อ

คะแนนเต็ม 10 คะแนน

1. ตอบ 3

2. ตอบ 1

3. ตอบ 4

4. ตอบ 3

5. ตอบ 2

6. ตอบ 1

7. ตอบ 4

8. ตอบ 4

9. ตอบ 1

10. ตอบ 3

แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน วัดความคิดสร้างสรรค์
เรื่อง น้ำและแร่ธาตุ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง การวัดความคิดสร้างสรรค์จะมี 2 กิจกรรม โดยนักเรียนมีอิสระในการคิดหาคำตอบ

กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว

โจทย์ ให้นักเรียนระบุวิธีการร่อนน้ำให้สะอาด หรือการบำบัดน้ำเสียให้ได้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที

- | | |
|----------|----------|
| 1. | 11. |
| 2. | 12. |
| 3. | 13. |
| 4. | 14. |
| 5. | 15. |
| 6. | 16. |
| 7. | 17. |
| 8. | 18. |
| 9. | 19. |
| 10. | 20. |

กิจกรรมที่ 2 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความริเริ่ม
และความคิดละเอียดลออ

โจทย์ ให้นักเรียนวาดภาพออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการกรองน้ำให้สะอาด พร้อมทั้งระบุ
วิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ภายในเวลา 10 นาที (ระบายสีให้สวยงาม)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน วัดความคิดสร้างสรรค์
เรื่อง น้ำและแร่ธาตุ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง นักเรียนมีอิสระในการคิดหาคำตอบ

กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว

โจทย์ ให้นักเรียนระบุวิธีการกรองน้ำให้สะอาด หรือการบำบัดน้ำเสียให้ได้มากที่สุด
ภายในเวลา 5 นาที

(คำตอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน และเป็นไปตามเกณฑ์)

กิจกรรมที่ 2 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความริเริ่มและความคิดละเอียดลออ

โจทย์ ให้นักเรียนวาดภาพออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการกรองน้ำให้สะอาด
พร้อมทั้งระบุวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ภายในเวลา 10 นาที (ระบายสีให้สวยงาม)

(คำตอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน และเป็นไปตามเกณฑ์)

เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

ตรวจนับคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้าน ดังนี้

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
1. คิด คล่องแคล่ว	ตอบได้ตรง ประเด็น ถูกต้อง 90% ขึ้นไป ในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ตรง ประเด็น ถูกต้อง 70% ขึ้นไป ในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ตรง ประเด็น ถูกต้อง 50% ขึ้นไป ในเวลาที่กำหนด	ตอบได้ตรงประเด็น ถูกต้องน้อยกว่า 50% ภายในเวลา ที่กำหนด
2. คิดยืดหยุ่น	คิดหาวิธีการ แก้ไขปัญหาได้ หลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม สามารถ ประยุกต์ใช้ หรือ นำไปใช้ได้ 90% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการ แก้ไขปัญหาได้ หลายทิศทาง หลายแง่หลาย มุม สามารถ ประยุกต์ใช้ หรือ นำไปใช้ได้ 70% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการ แก้ไขปัญหาได้ หลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม สามารถ ประยุกต์ใช้ หรือ นำไปใช้ได้ 50% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการแก้ไข ปัญหาได้หลาย ทิศทาง หลายแง่ หลายมุม สามารถ ประยุกต์ใช้ หรือ นำไปใช้ได้ น้อยกว่า 50%
3. คิดริเริ่ม	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ถูกต้อง 90% ขึ้นไป	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ถูกต้อง 70% ขึ้นไป	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ถูกต้อง 50% ขึ้นไป	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ถูกต้องน้อยกว่า 50%
4. คิด ละเอียดลออ	บอกรายละเอียด เกี่ยวกับคำตอบ และเชื่อมโยง สัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง 90% ขึ้นไป	บอกรายละเอียด เกี่ยวกับคำตอบ และเชื่อมโยง สัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง 70% ขึ้นไป	บอกรายละเอียด เกี่ยวกับคำตอบ และเชื่อมโยง สัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง 50% ขึ้นไป	บอกรายละเอียด เกี่ยวกับคำตอบ และเชื่อมโยง สัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง น้อยกว่า 50%

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

เวลา 18 ชั่วโมง

เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

เวลา 3 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวสิริยาพร พลเล็ก

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

1. สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม/ผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

ผลการเรียนรู้

ข้อ 4 สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

คณิตศาสตร์เพิ่มเติม สาระจำนวนและพีชคณิต

1. เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้น จากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้

ข้อ 2 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์เบื้องต้นในการสื่อสารสื่อความหมาย และอ้างเหตุผล

เทคโนโลยี สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

ม.4/1 วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษยสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี

ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และ ตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

2. สารการเรียนรู้

คาร์โบไฮเดรต

ตารางการบูรณาการความรู้เรื่องคาร์โบไฮเดรต

Science (S)	Technology (T)	Engineering (E)	Mathematics (M)
- คาร์โบไฮเดรต - ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- สร้างชิ้นงานหรือวิธีการอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เพื่อใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน - เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม	- เข้าใจและระบุปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์นั้น ๆ - ใช้ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน - การออกแบบขนมถ้วยฟูเพื่อสุขภาพ	- ใช้ความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์เบื้องต้นในการสื่อสารสื่อความหมายและอ้างเหตุผล - การชั่งปริมาณ - คำนวณต้นทุนและราคาขาย

3. สารสำคัญ

คาร์โบไฮเดรต เป็นสารอินทรีย์มีธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก แบ่งตามขนาดโมเลกุลได้เป็น 3 กลุ่ม คือ มอนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนมีความรู้ ความสามารถในการในแต่ละด้าน ดังนี้

ความรู้ (เงื่อนไขความรู้) (Knowledge)

อธิบายโครงสร้าง ความสำคัญ และชนิดของคาร์โบไฮเดรตได้

ทักษะ/กระบวนการ (Process)

1. นำความรู้ไปสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ขนมถ้วยฟูเพื่อสุขภาพได้
2. ความคิดสร้างสรรค์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (เงื่อนไขคุณธรรม) (Attitude)

1. มีวินัย
2. ใฝ่เรียนรู้
3. อยู่อย่างพอเพียง
4. มุ่งมั่นในการทำงาน
5. มีจิตสาธารณะ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (15 นาที)

1. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
2. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการ อธิบายว่า สารอินทรีย์มีธาตุคาร์บอน และธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก สารอินทรีย์ที่พบมาก ในสิ่งมีชีวิต 4 กลุ่ม ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด และกรดนิวคลีอิก สารเหล่านี้เป็นโครงสร้างของเซลล์ช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโต เป็นสารที่ให้พลังงาน กรดนิวคลีอิกทำหน้าที่เก็บและถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม นอกจากนี้ยังมีวิตามินซึ่งไม่ให้พลังงาน แต่ร่างกายจำเป็นต้องได้รับจึงจะดำรงชีวิตได้อย่างปกติ
3. ครูให้นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างอาหารที่มีสารอาหารประเภท คาร์โบไฮเดรต
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายในหัวข้อคาร์โบไฮเดรต ในประเด็นต่อไปนี้
 - ถ้าร่างกายขาดสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตจะเป็นอย่างไร
(**แนวคำตอบ** ทำให้ร่างกายเหนื่อยล้า อ่อนเพลียง่าย ขาดสารเคมีที่ช่วยรักษาความสมดุลของอารมณ์ในร่างกาย หรือคำตอบอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน)
 - ให้นักเรียนบอกความสำคัญของการบริโภคอาหารที่มีสารอาหารประเภท คาร์โบไฮเดรต
(**แนวคำตอบ** มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในด้านการเป็นแหล่งพลังงานและเป็นส่วนประกอบของส่วนต่าง ๆ ภายในเซลล์และเยื่อเซลล์ต่าง ๆ)
5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของ คาร์โบไฮเดรต โดยมีแนวการสรุป ดังนี้
(คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) เป็นสารชีวโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุหลัก 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน (carbon) ไฮโดรเจน (hydrogen) และออกซิเจน (oxygen) โดยมี อัตราส่วนของอะตอมไฮโดรเจนต่ออะตอมออกซิเจนเป็น 2 : 1 มีสูตรโมเลกุลเป็น $(CH_2O)_n$ ซึ่ง n มีค่าตั้งแต่ 3 ขึ้นไป)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (10 นาที)

1. ให้นักเรียนอ่านบทความต่อไปนี้

“เมื่อพูดถึงการลดน้ำหนักหลายคนจะนึกถึงการหลีกเลี่ยงคาร์โบไฮเดรต คนส่วนมากเข้าใจว่าคาร์โบไฮเดรตนั้นทำให้อ้วน จึงเลือกที่จะไม่รับประทานอาหารประเภท คาร์โบไฮเดรตเลย แต่รู้หรือไม่ว่าในการลดน้ำหนักให้ได้ผลมากที่สุด ไม่ใช่การหลีกเลี่ยง คาร์โบไฮเดรต แต่คือการรับประทานอาหารในปริมาณที่เหมาะสม”

2. จากนั้นครูให้นักเรียนระดมความคิดในการแก้ไขปัญหาจากบทความว่า “จะทำผลิตภัณฑ์ขนมถ้วยฟูอย่างไรให้มีรูปแบบน่าสนใจกว่าขนมถ้วยฟูทั่วไป และสามารถ ส่งเสริมให้คนทั่วไปหันมาบริโภคคาร์โบไฮเดรตเพื่อสุขภาพ” ในการแก้ไขสถานการณ์ครูวาง เงื่อนไข คือ ต้องคำนวณต้นทุนและราคาขายได้

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (25 นาที)

1. ให้นักเรียนระดมความคิดและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของคาร์โบไฮเดรต จากใบความรู้ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต หรือสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต และทำใบงาน เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

2. จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำขนมถ้วยฟู

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยมีจุดเน้นตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้านความพอประมาณ (35 นาที)

1. นักเรียนทำกิจกรรมระดมความคิด เรื่อง ขนมถ้วยฟูเพื่อสุขภาพ โดยให้นักเรียนร่วมกันวางแผน ออกแบบผลิตภัณฑ์ขนมถ้วยฟู ภายใต้เงื่อนไข คือ ต้องคำนวณ ต้นทุนและราคาขายได้ (ความพอประมาณ)

2. ให้นักเรียนวาดภาพผลิตภัณฑ์ขนมถ้วยฟู แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (50 นาที)

นักเรียนในกลุ่มร่วมกันลงมือทำขนมถ้วยฟูตามทีออกแบบไว้ พร้อมถ่ายภาพ แต่ละขั้นตอนในการทำเพื่อนำมาใช้ในการนำเสนอผลงาน

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน โดยมีจุดเน้นตาม ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้านความมีเหตุผล (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มขึ้นมานำเสนอชิ้นงาน อธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ ในขนมถ้วยฟู พร้อมให้เหตุผลหรืออ้างอิงความรู้จากคาร์โบไฮเดรตได้ (ความมีเหตุผล)

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันสะท้อนผลของผลิตภัณฑ์ของแต่ละกลุ่มขึ้นมานำเสนอ เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุง

**ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา โดยมีจุดเน้นตาม
ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง คือ มีภูมิคุ้มกันในตนเอง (15 นาที)**

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มขึ้นมานำเสนอชิ้นงานที่ได้ปรับปรุงแล้ว และร่วมกัน
ประเมินชิ้นงานของเพื่อนแต่ละกลุ่ม โดยใช้แบบประเมินผลงานและการนำเสนอ

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจากประเด็นต่อไปนี้ (มีภูมิคุ้มกันใน
ตนเอง)

– นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในอนาคตให้ยั่งยืนได้อย่างไร

(แนวคำตอบ เชื่อมโยงความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ในชีวิต รู้เท่าทันสื่อต่าง ๆ
สามารถสร้างเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปจำหน่ายสร้างรายได้)

8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. ใบความรู้ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต
2. ตัวอย่างการทำขนมถั่วพู้
3. ใบกิจกรรม เรื่อง คาร์โบไฮเดรต
4. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ขนมถั่วพู้เพื่อสุขภาพ
5. แหล่งเรียนรู้
 - 5.1 ห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 5.2 อินเทอร์เน็ตและเว็บไซต์ในการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้	- ตรวจ แบบทดสอบ ก่อนเรียน-หลังเรียน - ตรวจใบกิจกรรม	- แบบทดสอบ ก่อนเรียน-หลังเรียน - ใบกิจกรรม	- ก่อนเรียนประเมิน ตามสภาพจริง - หลังเรียน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 - ร้อยละ 75 ผ่านเกณฑ์
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	- ตรวจ แบบทดสอบ ความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียน-หลังเรียน - ตรวจชิ้นงาน	- แบบทดสอบ ความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียน-หลังเรียน - แบบประเมิน ความคิดสร้างสรรค์ ของชิ้นงาน	- ก่อนเรียนประเมิน ตามสภาพจริง - หลังเรียน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ขึ้นไป - ผ่านเกณฑ์อยู่ใน ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะ อันพึงประสงค์และ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	- สังเกตความมี วินัย ใฝ่เรียนรู้ อยู่อย่างพอเพียง มุ่งมั่นในการทำงาน และมีจิตสาธารณะ และสมรรถนะที่ สำคัญ 5 ประการ	- แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์และ สมรรถนะสำคัญ ของผู้เรียน	- ผ่านเกณฑ์อยู่ใน ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้

.....

.....

ด้านความคิดสร้างสรรค์

.....

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

แนวทางการแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวสิริยาพร พลเล็ก)

ขอเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระฯ

.....

.....

.....

ขอเสนอแนะของผู้บริหารสถานศึกษา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวศิริพร เอกสะพัง)

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(นายอร่าม คุณกุลรัตน์)

วันที่...../...../.....

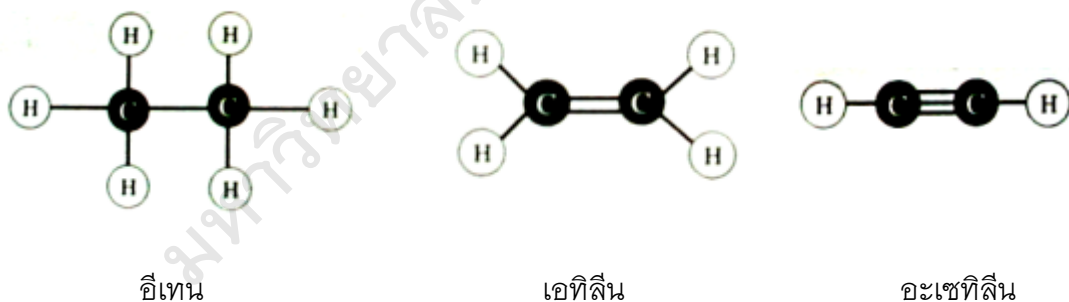
ใบความรู้ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

สารอินทรีย์

จากที่กล่าวมาแล้วว่า สารอินทรีย์เป็นสารที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ ยังมีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และสารอินทรีย์บางชนิดอาจมีไนโตรเจนฟอสฟอรัส และกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย สารอินทรีย์ที่พบในสิ่งมีชีวิต เรียกว่า สารชีวโมเลกุล (Biological Molecule)

นักเรียนสงสัยหรือไม่ว่า ธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนรวมตัวกับธาตุอื่น ก่อให้เกิดสารอินทรีย์อะไรบ้างอย่างไร

คาร์บอนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 การรวมกับอะตอมของธาตุอื่น เกิดขึ้นจากการสร้างพันธะโคเวเลนต์โดยใช้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ ซึ่งเป็นได้ทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม เช่น การสร้างพันธะเดี่ยวของอีเทน พันธะคู่ของเอทิลีน และพันธะสามของอะเซทิลีน ดังภาพ 1

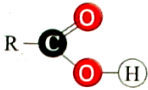
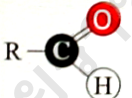
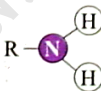
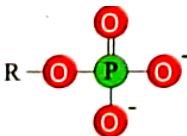


ภาพ 1 อะตอมของธาตุคาร์บอนที่เกิดพันธะโคเวเลนต์
กับอะตอมของไฮโดรเจนที่เป็นพันธะเดี่ยว พันธะสาม
ที่มา : หนังสือเรียนชีววิทยา เล่ม 1 สสวท. หน้า 37

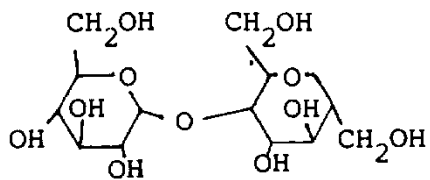
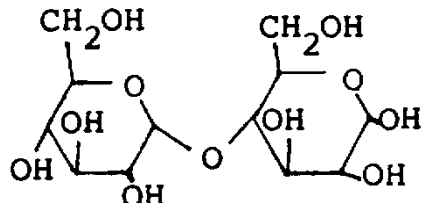
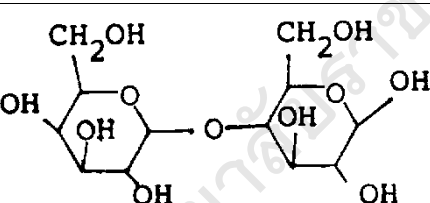
จะเห็นได้ว่านอกจากการรวมกับอะตอมของธาตุอื่นแล้วอะตอมของคาร์บอนอาจรวมกันเองได้ กลายเป็นสารประกอบไฮโดรเจนคาร์บอนที่มีโครงสร้างหลายแบบ

ส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่จะเข้าไปเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่าง ๆ มากที่สุด คือ หมู่ฟังก์ชัน (Functional group) หมายถึงอะตอมหรือกลุ่มของอะตอม ซึ่งมีการแสดงออกที่จำเพาะต่อโมเลกุลของสารที่ทำปฏิกิริยา ซึ่งได้แก่ หมู่ฟังก์ชันดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 หมู่ฟังก์ชันที่พบในสารอินทรีย์บางชนิด

หมู่ฟังก์ชัน		
ชื่อ	โครงสร้าง	แหล่งที่พบ
ไฮดรอกซิล (Hydroxyl)		น้ำตาล กลีเซอรอล
คาร์บอกซิล (Carboxyl)		กรดไขมัน กรดอะมิโน
คาร์บอนิลกลุ่มคีโตน (Ketone)		น้ำตาล
คาร์บอนิลกลุ่มอัลดีไฮด์ (Aldehyde)		น้ำตาล
อะมิโน (Amino)		กรดอะมิโน โปรตีน
ซัลไฟด์ไรล (Sulfhydryl)		กรดอะมิโน โปรตีน
ฟอสเฟต (Phosphate)		ฟอสโฟลิพิด นิวคลีโอไทด์ กรดนิวคลีอิก
R แทนหมู่อะตอมไฮโดรคาร์บอน		

ตาราง สูตรโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์บางชนิด

ชื่อ	สูตรโครงสร้าง	เตรียมจาก	หมายเหตุ
ซูโครส sucrose		กลูโคส + ฟรุกโตส	พบในน้ำตาลอ้อย น้ำตาลหัวบีท ความหวานของ ซูโครสเกิดจาก ฟรุกโตส
มอลโตส maltose		กลูโคส + กลูโคส	เป็นน้ำตาลที่ได้ จากการไฮโดร ไลส์แป้ง พบใน ต้นถั่วและต้นข้าว มอลต์ที่กำลัง เจริญเติบโต
แล็กโตส lactose		กาแล็กโตส + กลูโคส	เป็นน้ำตาลใน น้ำนมถ้าหมัก แล็กโตสกับ lactobacillus จะได้กรดแล็กติก และแอลกอฮอล์ ซึ่งใช้ทำเนยแข็ง

2. ไตรแซ็กคาไรด์

ประกอบด้วย มอนอแซ็กคาไรด์ 3 โมเลกุล ที่พบในธรรมชาติ คือ แรพพิโนส ซึ่งพบในน้ำตาลจากหัวบีท และอ้อย ประกอบด้วย กาแล็กโทส กลูโคสและฟรักโทสอย่างละโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก และไม่มีสมบัติในการรีดิวิชั่น

3. พอลิแซ็กคาไรด์ เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ เกิดจากมอนอแซ็กคาไรด์ ตั้งแต่ 11 จนถึง 1,000 โมเลกุล ต่อกันเป็นสายยาวพอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างกันที่ชนิดและจำนวนของมอนอแซ็กคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบ บางชนิดเป็นสายโซ่ยาวตรง บางชนิดมี

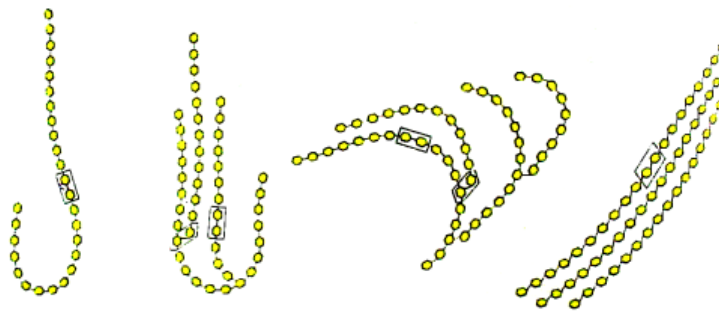
กิ่งก้านแยกออกไป ตัวอย่างของพอลิแซ็กคาไรด์สายโซ่ยาวตรง ได้แก่ เซลลูโลส ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วย กลูโคสมาต่อกัน เซลลูโลสเป็นสารอินทรีย์ที่มีมากที่สุดในโลก ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช

พอลิแซ็กคาไรด์ แบ่งออกเป็น

1. แป้ง (Starch) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บสะสมในเซลล์พืชมีโครงสร้างแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ อะไมโลส (Amylose) ประกอบด้วยกลูโคสเรียงตัวต่อกันเป็นเส้นยาว ไม่มีการแตกแขนง และ อะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ประกอบด้วยกลูโคสเรียงตัวต่อกันเป็นสายยาวมีแขนงแตกกิ่งก้าน

2. ไกลโคเจน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บไว้ในเซลล์ของสัตว์ประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันเป็นสายยาวมีแขนงแตกกิ่งก้านออกไปเป็นสายสั้น ๆ จำนวนมาก โครงสร้างของไกลโคเจนคล้ายอะไมโลเพกทินแต่แขนงของไกลโคเจนมีจำนวนแขนงมากกว่า

3. เซลลูโลส เป็นสารที่พบในผนังเซลล์ของพืช ดังนั้นเซลลูโลสจึงเป็นสารอินทรีย์ที่มีมากที่สุดในโลก และมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของสารอินทรีย์ทั้งหมด เซลลูโลสประกอบด้วย กลูโคสเรียงตัวเป็นโซ่ยาวประมาณ 3,000 หน่วย ต่อกันด้วยพันธะเบตา 1-4 ไกลโคซิดิก ซึ่งต่างจากแป้ง ซึ่งเป็นแอลฟา 1-4 ไกลโคซิดิก ในฝ้ายมีเซลลูโลสประมาณ 90% ส่วนไม้มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 50% ที่เหลือเป็นพวกเฮมิเซลลูโลส และลิกนินเซลลูโลส มีความคงตัวสูง และทนทานต่อการสลายด้วยกรด เอนไซม์อะไมเลส ในคนเราไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ เราจึงไม่สามารถใช้เซลลูโลสเป็นแหล่งพลังงานได้ แต่มีข้อดีคือ ช่วยเพิ่มปริมาณกากอาหาร ช่วยในการขับถ่ายในระบบย่อยอาหาร ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัว ควาย มีแบคทีเรียซึ่งสามารถผลิตน้ำย่อย เซลลูเลส ย่อยสลายเซลลูโลสให้เป็นกลูโคสได้ ดังนั้น วัว ควาย จึงใช้เซลลูโลสเป็นแหล่งพลังงานได้



อะไมโลส อะไมโลเพกทิน ไกลโคเจน เซลลูโลส

ภาพ 3 พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดต่าง ๆ

ที่มา : หนังสือเรียนชีววิทยา เล่ม 1 สสวท. หน้า 41

พอลิแซ็กคาไรด์บางชนิด เช่น ไคติน (Chitin) พบในเปลือกของพวก กุ้ง ปู ส่วนเพกทิน (Pectin) พบในผนังเซลล์พืช เช่น บริเวณเปลือกผลส้มโอที่มีสีขาวดังภาพ



ภาพ 4 เปลือกกุ้งที่มีไคตินและเปลือกส้มโอส่วนสีขาวมีสารเพกทิน

ที่มา : หนังสือเรียนชีววิทยา เล่ม 1 สสวท. หน้า 42

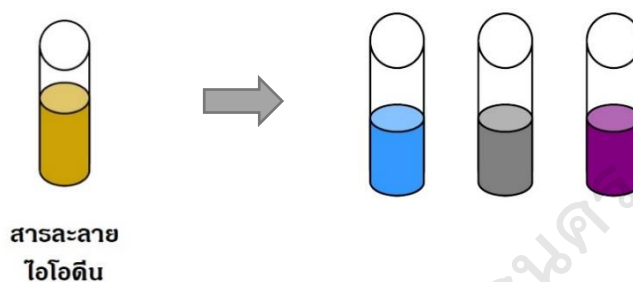
คาร์โบไฮเดรต มีหน้าที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เช่น มอนแซ็กคาไรด์ โดยเฉพาะกลูโคส เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในเซลล์ แป้งและไกลโคเจนเป็นอาหารสะสมของพืชและสัตว์ โอลิโกแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ เป็นส่วนประกอบของเซลล์และเป็นโครงสร้างของเซลล์

การทดสอบคาร์โบไฮเดรต

การทดสอบคาร์โบไฮเดรต มี 2 วิธี

1. การทดสอบคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ (Polysaccharide) จะใช้ไอโอดีน (I_2) ในการทดสอบ

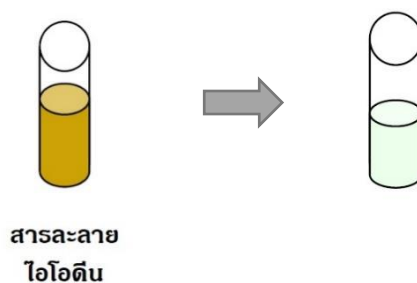
1.1 การทดสอบแป้ง โดยการนำน้ำแป้ง มาเติม I_2 จะได้สีน้ำเงิน



1.2 การทดสอบไกลโคเจน โดยการนำสารละลายไกลโคเจนมาเติม I_2 จะได้สีแดง

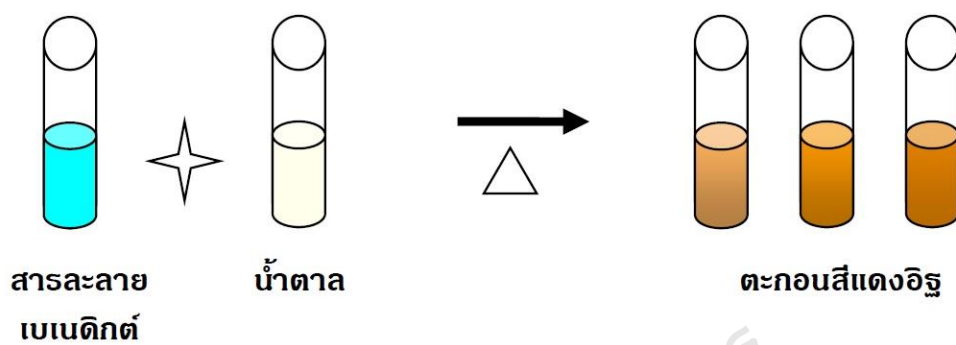


1.3 การทดสอบเซลลูโลส โดยการนำสารละลายเซลลูโลสมาเติม I_2 จะไม่เปลี่ยนสี



2. การใช้สารละลายเบเนดิกต์ทดสอบน้ำตาล

* ยกเว้น ซูโครส (น้ำตาลทราย) ต้องต้มกับกรดเจือจางก่อน



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตัวอย่างการทำขนมถ้วยฟู



ที่มา : <https://food.mthai.com/dessert/120399.html>

ส่วนผสม

- | | |
|----------------------|--|
| 1. แป้งสาลี 200 กรัม | 6. กลิ่นมะลิ 1/2 ช้อนชา |
| 2. ผงฟู 1 ช้อนชา | 7. น้ำตาล 180 กรัม |
| 3. ไข่ไก่สด 2 ฟอง | 8. สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ตรา SP 10 กรัม |
| 4. น้ำ 100 กรัม | 9. นมข้นจืด 50 กรัม |
| 5. น้ำมะนาว 1 ช้อนชา | 10. สีผสมอาหาร สีที่ต้องการ |

วิธีทำ

1. เตรียมน้ำเปล่าใส่ชั่ง 3 ใน 5 ของลังถึง แล้วนำผ้าขาวบางมาห่อฝาปิดลังถึงเอาไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำหยดใส่ขนม
2. เตรียมร่อนแป้งและผงฟูเข้าด้วยกัน แล้วพักไว้
3. ตีไข่ไก่ น้ำตาล และ SP ตีด้วยความเร็วใช้เวลา 5 นาที ตีจนกว่าจะขึ้นเหนียวหรือสังเกตด้วยไข่ไม้พายตักขึ้นมาแล้วไม่หยดเป็นอันว่าใช้ได้ และระหว่างนี้ก็เตรียมเตาตั้งไฟแรงสุดให้น้ำเดือดจัด
4. เติมแป้งสาลีที่ร่อนกับผงฟูลงไปตี เติมลงไปทีละน้อย ๆ ตีช้า ๆ จนเต็มแป้งจนหมด แล้วตีต่ออีก 1 นาที
5. เติมนมจืด น้ำมะนาวและกลิ่นมะลิลงไปแล้วเปลี่ยนมาตีด้วยความเร็วอีก 5 นาที และก็สลับมาตีเบา ๆ อีก 1 นาที เพื่อไล่อากาศ

6. แบ่งส่วนผสมตามสีที่ต้องการ มีสีก็แบ่งไปตามจำนวนสีนั้น ๆ หยอดสีลงที่ขนมที่จะหยด แล้วคนให้เข้ากันหากยังไม่พอก็เพิ่มได้ เตรียมถ้วยกระดาษรองด้วยพิมพ์ อลูมิเนียมตักให้เต็มถ้วย
7. ตั้งน้ำให้เดือดจัดแล้ว วางขนมลงไปในซึ้ง แล้วหรีไฟให้เหลือไฟอ่อน ใช้เวลานึ่งประมาณ 15 นาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ใบกิจกรรม เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสรุปใจความสำคัญของเรื่อง คาร์โบไฮเดรต เป็นผังมโนทัศน์

วิธีดำเนินการ

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับคาร์โบไฮเดรต แล้วสรุปใจความสำคัญ เป็นผังมโนทัศน์ให้มีความน่าสนใจ โดยมีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
 - สูตรโมเลกุล
 - ประเภท
 - มอโนแซ็กคาไรด์ (ชนิด ลักษณะ แหล่งที่พบ)
 - ไดสาคคาไรด์ (ชนิด ลักษณะ แหล่งที่พบ)
 - พอลิแซ็กคาไรด์ (ชนิด ลักษณะ แหล่งที่พบ)
 - การนำความรู้เรื่องคาร์โบไฮเดรตไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ (ระบุตัวอย่างมา 5 ข้อ)
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน



กิจกรรมสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
เรื่อง ขนบถ่วงพู่เพื่อสุขภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (เงื่อนไขความรู้) (Knowledge)
อธิบายโครงสร้าง ความสำคัญ และชนิดของคาร์โบไฮเดรตได้
2. ทักษะ/กระบวนการ (Process)
 1. นำความรู้ไปสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ขนบถ่วงพู่เพื่อสุขภาพได้
 2. ความคิดสร้างสรรค์
3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (เงื่อนไขคุณธรรม) (Attitude)
 1. มีวินัย
 2. ใฝ่เรียนรู้
 3. อยู่อย่างพอเพียง
 4. มุ่งมั่นในการทำงาน
 5. มีจิตสาธารณะ

คำชี้แจง
กิจกรรมสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
เรื่อง ขนมห้วยฟูเพื่อสุขภาพ

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาและปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. นักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต และทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน
2. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 6-7 คน พร้อมทั้งแบ่งหน้าที่การทำงานในกลุ่ม
3. ให้นักเรียนระดมความคิดและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของคาร์โบไฮเดรตจากใบความรู้ หนังสือเรียน หรือสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาประเด็นปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดในกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ขนมห้วยฟูเพื่อสุขภาพ
5. นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มขึ้นมาเสนอผลงาน หรือชิ้นงานที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายความรู้และเสนอแนะเพื่อปรับปรุงชิ้นงาน
6. นักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต และทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน

กิจกรรมสะเต็มศึกษา

เรื่อง ขนมห่วงฟูเพื่อสุขภาพ

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านบทความที่กำหนดให้ด้านล่างแล้วตอบคำถามที่กำหนดให้

บทความ

“เมื่อพูดถึงการลดน้ำหนักหลายคนจะนึกถึงการหลีกเลี่ยงคาร์โบไฮเดรต คนส่วนมากเข้าใจว่าคาร์โบไฮเดรตนั้นทำให้อ้วน จึงเลือกที่จะไม่รับประทานอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเลย แต่รู้หรือไม่ว่าในการลดน้ำหนักให้ได้ผลมากที่สุด ไม่ใช่การหลีกเลี่ยงคาร์โบไฮเดรต แต่คือการรับประทานอาหารในปริมาณที่เหมาะสม”

จากบทความนี้ในฐานะที่นักเรียนเป็นผู้มีความรู้เรื่องคาร์โบไฮเดรตนักเรียน จะทำผลิตภัณฑ์ขนมห่วงฟูอย่างไรให้มีรูปแบบน่าสนใจกว่าขนมห่วงฟูทั่วไป และสามารถส่งเสริมให้คนทั่วไปหันมาบริโภคคาร์โบไฮเดรตเพื่อสุขภาพ

1. ปัญหาจากบทความข้างต้นคืออะไร

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนออกแบบผลิตภัณฑ์ วาดภาพประกอบและระบุส่วนประกอบของ
ขนมถ้วยฟูพร้อมทั้งตั้งชื่อขนมถ้วยฟูให้น่าสนใจ (ความคิดสร้างสรรค์)

ชื่อผลิตภัณฑ์.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

3. อธิบายส่วนประกอบต่าง ๆ ในขนมถ้วยฟู พร้อมให้เหตุผลหรืออ้างอิงความรู้จากคาร์โบไฮเดรตได้ (ความมีเหตุผล)

.....

.....

4. ขนมถ้วยฟูที่นักเรียนทำขึ้นเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทใดบ้าง

.....

.....

5. ให้นักเรียนบันทึกวัตถุดิบพร้อมทั้งค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่นักเรียนใช้ ลงในตารางที่กำหนด จากนั้นให้นักเรียนนำข้อมูลมาคำนวณต้นทุนและราคาขาย (ความพอประมาณ)

ตาราง ค่าใช้จ่ายในการทำขนมถ้วยฟู

วัตถุดิบที่ใช้	ราคา (บาท)
รวม	

ต้นทุน.....บาท

ราคาขาย.....บาท

กำไร.....บาท

6. จากการทำขนมถั่วฟูให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่องของการทำงานหรือ
ผลิตภัณฑ์ที่นักเรียนทำขึ้น

ข้อดี

.....

.....

.....

ข้อบกพร่อง

.....

.....

.....

7. นักเรียนจะมีวิธีการปรับปรุงแก้ไขผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นอย่างไร เพื่อให้มีรูปแบบ
ที่น่าสนใจ และสามารถนำไปใช้ในอนาคตได้ (มีภูมิคุ้มกันในตนเอง)

.....

.....

.....

.....

8. ให้นักเรียนระบุความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ในการสร้างชิ้นงานลงในกรอบ
ต่อไปนี้

Science : S	Technology : T
Engineering : E	Mathematics : M

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของชิ้นงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนประเมินความคิดสร้างสรรค์แล้วขีด ☒ ลงในช่องที่ตรงกับระดับ

คะแนน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ความคิดคล่องแคล่ว			
2. ความคิดยืดหยุ่น			
3. ความคิดริเริ่ม			
4. ความคิดละเอียดลออ			
รวม			
ระดับคุณภาพ			

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นางสาวสิริยาพร พลเล็ก)

เกณฑ์การวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ความคิด คล่องแคล่ว	คิดวิธีการแก้ปัญหา สร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่าง คล่องแคล่วรวดเร็ว รวดเร็ว 80% ขึ้นไป เสร็จภายในเวลาที่กำหนด	คิดวิธีการแก้ปัญหา สร้างสรรค์ชิ้นงานได้ อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว รวดเร็ว 60% ขึ้นไป เสร็จภายในเวลาที่ กำหนด	คิดวิธีการแก้ปัญหา สร้างสรรค์ชิ้นงานได้ อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว รวดเร็ว น้อยกว่า 60% ภายในเวลาที่กำหนด
2. ความคิดยืดหยุ่น	คิดหาวิธีการแก้ไขปัญห ได้หลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม มีการประยุกต์ ดัดแปลง สามารถนำไปใช้ ได้อย่างถูกต้อง 80% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการแก้ไขปัญห ได้หลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม มีการประยุกต์ ดัดแปลง สามารถนำไปใช้ ได้อย่างถูกต้อง 60% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการแก้ไขปัญห ได้หลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม มีการประยุกต์ ดัดแปลง สามารถ นำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง น้อยกว่า 60%
3. ความคิดริเริ่ม	มีความแปลกใหม่แตกต่าง จากเดิม น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร 80% ขึ้นไป	มีความแปลกใหม่แตกต่าง จากเดิม น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร 60% ขึ้นไป	มีความแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร น้อยกว่า 60%
4. ความคิด ละเอียดลออ	มีความรอบคอบ คิดหารายละเอียด ในการแก้ปัญหา ของชิ้นงาน 80% ขึ้นไป	มีความรอบคอบ คิดหารายละเอียด ในการแก้ปัญหา ของชิ้นงาน 60% ขึ้นไป	มีความรอบคอบ คิดหารายละเอียด ในการแก้ปัญหา ของชิ้นงาน น้อยกว่า 60%

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-12	ดีมาก
9-10	ดี
7-8	พอใช้
ต่ำกว่า 6	ปรับปรุง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียน
แล้วขีด ☒ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ข้อการประเมิน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1. มีวินัย รับผิดชอบ	1.1 ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของห้องเรียน			
	1.2 มีความตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ			
	1.3 มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย			
2. ใฝ่เรียนรู้	2.1 เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ			
	2.2 ศึกษาคนควา หาความรู้จากหนังสือ เอกสาร สื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม			
	2.3 บันทึกความรู้ วิเคราะห์ตรวจสอบสิ่งที่เรียนรู้ สรุปเป็นองค์ความรู้ได้			
	2.4 แลกเปลี่ยนความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ และนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน			
3. อยู่อย่างพอเพียง	3.1 ใช้ทรัพย์สินและสิ่งของของโรงเรียนอย่างประหยัด			
	3.2 ใช้อุปกรณ์การเรียนอย่างประหยัด			
	3.3 ใช้จ่ายอย่างประหยัด รู้คุณค่าการออมเงิน			
4. มุ่งมั่นในการทำงาน	4.1 มีความตั้งใจ พยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย			
	4.2 มีความอดทน ไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ			
5. มีจิตสาธารณะ	5.1 รู้จักช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มทำงาน			
	5.2 รู้จักการดูแลรักษาทรัพย์สินสมบัติ สิ่งแวดล้อมของห้องเรียนและโรงเรียน			
รวม				
ระดับคุณภาพ				

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นางสาวสิริยาพร พลเล็ก)

เกณฑ์การให้คะแนน

- พฤติกรรมที่ปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป ให้ 3 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติร้อยละ 60 ขึ้นไป ให้ 2 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติต่ำกว่าร้อยละ 60 ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
36-42	ดีมาก
29-35	ดี
22-28	พอใช้
ต่ำกว่า 22	ปรับปรุง

แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แล้วทำเครื่องหมาย ☒ ให้ตรงกับระดับคุณภาพ

สมรรถนะที่สำคัญ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1. ความสามารถในการสื่อสาร	1.1 มีความสามารถในการนำเสนอผลงาน			
	1.2 มีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ ความคิด ความเข้าใจของตนเอง โดยใช้ภาษาอย่างเหมาะสม			
	1.3 ใช้วิธีการสื่อสารที่เหมาะสม			
	1.4 วิเคราะห์แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล			
	1.5 เขียนบันทึกเหตุการณ์ประจำวัน แล้วเล่าให้เพื่อนฟังได้			
2. ความสามารถในการคิด	2.1 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์			
	2.2 มีทักษะในการคิดนอกกรอบอย่างสร้างสรรค์			
	2.3 สามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ			
	2.4 มีความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ			
	2.5 ตัดสินใจแก้ปัญหาเกี่ยวกับตนเองได้			
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา	3.1 สามารถแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้			
	3.2 ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา			
	3.3 เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงในสังคม			
	3.4 แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกัน และแก้ไขปัญหา			
	3.5 สามารถตัดสินใจได้เหมาะสมตามวัย			
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	4.1 เรียนรู้ด้วยตนเองได้เหมาะสมตามวัย			
	4.2 สามารถทำงานกลุ่มร่วมกับผู้อื่นได้			
	4.3 นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน			
	4.4 จัดการปัญหาและความขัดแย้งได้เหมาะสม			
	4.5 หลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเอง			

สมรรถนะ ที่สำคัญ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	5.1 เลือกและใช้เทคโนโลยีได้เหมาะสมตามวัย			
	5.2 มีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี			
	5.3 สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้พัฒนาตนเอง			
	5.4 ใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์			
	5.5 มีคุณธรรม จริยธรรมในการใช้เทคโนโลยี			
รวม				
ระดับคุณภาพ				

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(นางสาวสิริยาพร พลเล็ก)

เกณฑ์การให้คะแนน

- พฤติกรรมที่ปฏิบัติร้อยละ 80 ขึ้นไป ให้ 3 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติร้อยละ 60 ขึ้นไป ให้ 2 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติต่ำกว่าร้อยละ 60 ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
58-75	ดีมาก
39-57	ดี
20-38	พอใช้
ต่ำกว่า 19	ปรับปรุง

แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. แหล่งสะสมคาร์โบไฮเดรตในร่างกายของมนุษย์คือส่วนใด (ความรู้ความจำ)
 1. ตับและไต
 2. ตับและตับอ่อน
 3. ตับและกล้ามเนื้อ
 4. กระดูกและพังผืดหน้าท้อง
2. สารชนิดใดเมื่อนำไปต้มกับสารละลายเบเนดิกซ์แล้วจะไม่เกิดปฏิกิริยา (ความรู้ความจำ)
 1. กลูโคส
 2. ซูโครส
 3. ฟรักโทส
 4. แล็กโทส
3. เซลลูโลสพบได้ในส่วนของสิ่งมีชีวิต (ความรู้ความจำ)
 1. เส้นผม
 2. เปลือกกุ้ง
 3. กล้ามเนื้อ
 4. ผนังเซลล์ของพืช
4. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับน้ำตาลมอลโทส (ความเข้าใจ)
 1. ไม่สามารถละลายน้ำได้
 2. ย่อยได้ด้วยเอนไซม์เพปซิน
 3. โดยทั่วไปจะเรียกว่าน้ำตาลทราย
 4. ประกอบด้วยโมเลกุลที่เล็กที่สุด คือ กลูโคส
5. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง (ความเข้าใจ)
 1. ในพืช น้ำตาลสามารถเปลี่ยนรูปกลับมาเป็นแป้งได้
 2. คาร์โบไฮเดรตสามารถสะสมในรูปของไกลโคเจนในตับได้
 3. คาร์โบไฮเดรตถูกใช้สำหรับผลิตพลังงานในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
 4. เซลลูโลสเกิดจากโมเลกุลของกลูโคสเชื่อมกันแบบ α (1 $\rightarrow$ 6) Glycosidic bond

6. แบ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บสะสมในพืช โดยมีโครงสร้าง 2 รูปแบบ ได้แก่อะไรบ้าง (ความรู้ความจำ)

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1. อะไมโลสและไกลโคเจน | 2. อะไมโลสและอะไมโลเพกติน |
| 3. เซลลูโลสและไกลโคเจน | 4. เซลลูโลสและอะไมโลเพกติน |

7. จากปฏิกิริยา สาร ก และสาร ข พบได้ในอาหารประเภทใด (การสังเคราะห์)
 สาร ก + สารละลายเบเนดิกต์ ได้ตะกอนสีแดงอิฐ

สาร ข + สารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์ + สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต
 ได้สารสีม่วง

1. น้ำผึ้ง ถั่วลิสง
2. วุ้นเส้น แป้งมัน
3. ถั่วลิสง แป้งข้าวโพด
4. เส้นกวยเตี๋ยว ข้าวโพด

8. Starch และ Glycogen แตกต่างกันอย่างไร (การวิเคราะห์)

1. Starch เป็นแป้ง ส่วน Glycogen ไม่ใช่แป้ง
2. Starch เป็นอาหาร ส่วน Glycogen ไม่ได้เป็นอาหาร
3. Starch เป็นพอลิกลูโคส ส่วน Glycogen ไม่ใช่กลูโคส
4. Starch เป็นแป้งในพืช ส่วน Glycogen เป็นแป้งในสัตว์

9. ในขณะที่ร่างกายอ่อนเพลียมาก ๆ ถ้าต้องการให้ร่างกายเป็นปกติในเวลาอันสั้น ควรเลือกรับประทานสารอาหารชนิดใด เพราะเหตุใด (การสังเคราะห์)

1. กรดไขมัน เพราะเป็นสารที่ให้พลังงานสูงสุด
2. กรดอะมิโน เพราะถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดได้เร็ว
3. น้ำเกลือ เพราะเป็นสารอาหารที่ใช้ทดแทนเกลือแร่ที่สูญเสียไป
4. น้ำตาลกลูโคส เพราะจะถูกนำไปใช้ให้เกิดพลังงานได้เร็วกว่าสารอาหารอื่น

10. หมูที่เลี้ยงด้วยคาร์โบไฮเดรตจะมีลักษณะอ้วนและมีไขมันมาก

นั่นเพราะร่างกายหมูมีการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตอย่างไร (ความเข้าใจ)

1. เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารที่ให้พลังงาน
2. เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตในอาหารมาเป็นไขมัน
3. เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนเป็นโปรตีน
4. เปลี่ยนไขมันเป็นอาหารสะสมของคน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

เรื่อง การโปไฮเดรต

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

1. ตอบ 3
2. ตอบ 2
3. ตอบ 4
4. ตอบ 4
5. ตอบ 4
6. ตอบ 2
7. ตอบ 1
8. ตอบ 4
9. ตอบ 4
10. ตอบ 2

แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน วัดความคิดสร้างสรรค์

เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง การวัดความคิดสร้างสรรค์จะมี 2 กิจกรรม โดยนักเรียนมีอิสระในการคิดหาคำตอบ

กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว

โจทย์ ให้นักเรียนระบุอาหารที่ให้สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตให้ได้มากที่สุด ภายในเวลา 5 นาที

1. 11.
2. 12.
3. 13.
4. 14.
5. 15.
6. 16.
7. 17.
8. 18.
9. 19.
10. 20.

กิจกรรมที่ 2 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความริเริ่ม
และความคิดละเอียดลออ

โจทย์ ให้นักเรียนวาดภาพออกแบบอาหารที่มีสารอาหารประเภท
คาร์โบไฮเดรต พร้อมตั้งชื่อเมนูเพื่อให้น่าสนใจ ภายในเวลา 10 นาที (ระบายสีให้สวยงาม)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน วัดความคิดสร้างสรรค์

เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง นักเรียนมีอิสระในการคิดหาคำตอบ

กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว

โจทย์ ให้นักเรียนระบุอาหารที่ให้สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตให้ได้มากที่สุด ภายในเวลา 5 นาที
(คำตอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน และเป็นไปตามเกณฑ์)

กิจกรรมที่ 2 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความริเริ่มและความคิดละเอียดลออ

โจทย์ ให้นักเรียนวาดภาพออกแบบอาหารที่มีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต พร้อมตั้งชื่อเมนูเพื่อให้น่าสนใจ ภายในเวลา 10 นาที (ระบายสีให้สวยงาม)
(คำตอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน และเป็นไปตามเกณฑ์)

เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

ตรวจนับคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้าน ดังนี้

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
1. คิด คล่องแคล่ว	ตอบได้ตรง ประเด็น ถูกต้อง 90% ขึ้นไปในเวลา ที่กำหนด	ตอบได้ตรง ประเด็น ถูกต้อง 70% ขึ้นไปใน เวลาที่กำหนด	ตอบได้ตรง ประเด็น ถูกต้อง 50% ขึ้นไปในเวลา ที่กำหนด	ตอบได้ตรงประเด็น ถูกต้องน้อยกว่า 50% ภายในเวลา ที่กำหนด
2. คิดยืดหยุ่น	คิดหาวิธีการ แก้ไขปัญหาได้ หลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม สามารถ ประยุกต์ใช้ หรือ นำไปใช้ได้ 90% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการ แก้ไขปัญหาได้ หลายทิศทาง หลายแง่หลาย มุม สามารถ ประยุกต์ใช้ หรือ นำไปใช้ได้ 70% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการ แก้ไขปัญหาได้ หลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม สามารถ ประยุกต์ใช้ หรือ นำไปใช้ได้ 50% ขึ้นไป	คิดหาวิธีการแก้ไข ปัญหาได้หลาย ทิศทาง หลายแง่ หลายมุม สามารถ ประยุกต์ใช้ หรือ นำไปใช้ได้ น้อยกว่า 50%
3. คิดริเริ่ม	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ถูกต้อง 90% ขึ้นไป	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ถูกต้อง 70% ขึ้นไป	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ถูกต้อง 50% ขึ้นไป	คิดแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ถูกต้องน้อยกว่า 50%
4. คิด ละเอียดลออ	บอกรายละเอียด เกี่ยวกับคำตอบ และเชื่อมโยง สัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง 90% ขึ้นไป	บอกรายละเอียด เกี่ยวกับคำตอบ และเชื่อมโยง สัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง 70% ขึ้นไป	บอกรายละเอียด เกี่ยวกับคำตอบ และเชื่อมโยง สัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง 50% ขึ้นไป	บอกรายละเอียด เกี่ยวกับคำตอบ และเชื่อมโยง สัมพันธ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง น้อยกว่า 50%

ภาคผนวก จ

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน
เรื่อง เคนี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ลักษณะของแบบทดสอบ

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามแนวทฤษฎีของ กิลฟอร์ด โดยมุ่งวัดตัวประกอบแต่ละเซลล์ต่าง ๆ ตามโครงสร้างสมรรถภาพทางสมองของ กิลฟอร์ด ซึ่งมี 3 มิติ คือ ด้านเนื้อหา ด้านวิธีคิด และด้านผลผลิตของความคิด

ซึ่งแบบทดสอบมี 4 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 วัดความคิดคล่องแคล่ว แบบหน่วย (DFU) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบหน่วย (DFU) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบคิดหาคำตอบจากภาพ แล้วคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

ฉบับที่ 2 วัดความคิดยืดหยุ่น แบบกลุ่ม (DMC) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบกลุ่ม (DMR) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบใช้ความรู้ได้หลายแง่ หลายมุม ไม่ซ้ำกัน แล้วตอบออกมาในรูปแบบการจัดกลุ่มหรือจัดประเภท

ฉบับที่ 3 วัดความคิดริเริ่ม แบบการประยุกต์ (DFT) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบการประยุกต์ (DFT) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบ ตอบคำถาม ออกมาในลักษณะของ การปรับปรุง เปลี่ยนแปลง มีความคิดแปลกใหม่ในการตอบ

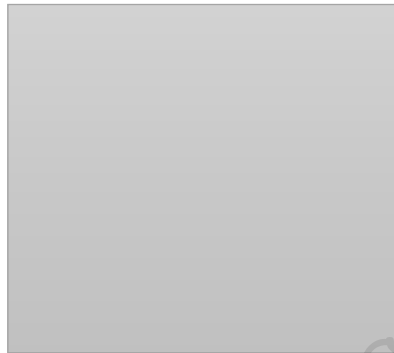
ฉบับที่ 4 วัดความคิดละเอียดลออ แบบระบบ (DMS) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบระบบ (DMS) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบใช้ความรอบคอบ เป็นระบบ เป็นขั้นตอนในการตอบคำถาม หรือแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย มีทั้งหมด 4 ฉบับ ได้แก่
 - ฉบับที่ 1 วัดความคิดคล่องแคล่ว แบบหน่วย (DFU)
 - ฉบับที่ 2 วัดความคิดยืดหยุ่น แบบกลุ่ม (DMC)
 - ฉบับที่ 3 วัดความคิดริเริ่ม แบบการประยุกต์ (DFT)
 - ฉบับที่ 4 วัดความคิดละเอียดลออ แบบระบบ (DMS)
2. นักเรียนอ่านคำชี้แจงในแต่ละฉบับให้เข้าใจ และดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนด โดยใช้เวลาในการทำข้อสอบประมาณ 60 นาที
3. นักเรียนคิดออกแบบ คิดค้นหาคำตอบที่มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร มีความน่าสนใจ มีความหลากหลาย ได้จำนวนมากในเวลาที่กำหนด และระบุรายละเอียดได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน

ฉบับที่ 1 วัดความคิดคลองแคลว (DFU)

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนชื่ออาหารที่มีรูปร่างหรือรูปทรง คล้ายกับภาพที่กำหนดให้ ในทุกแง่ทุกมุม โดยเขียนคำตอบลงในช่องให้ได้มากที่สุด ภายในเวลา 5 นาที (รวม 25 คะแนน)



--	--

ฉบับที่ 2 วัดความคิดยืดหยุ่น (DMC)

คำชี้แจง ให้นักเรียนออกแบบการจัดกลุ่มประเภทอาหาร จากคำตอบที่นักเรียนเขียนในแบบทดสอบฉบับที่ 1 ภายในเวลา 5 นาที โดยนักเรียนมีอิสระในการคิดเกณฑ์การจัดกลุ่มประเภทอาหาร (25 คะแนน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ฉบับที่ 3 วัดความคิดริเริ่ม (DFT)

โจทย์ ให้นักเรียนวาดภาพออกแบบอุปกรณ์กรองน้ำที่มีความแปลกใหม่
พร้อมทั้งระบุวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ภายในเวลา 10 นาที (25 คะแนน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ฉบับที่ 4 วัดความคิดละเอียดลออ

โจทย์ ให้นักเรียนบอกรายละเอียดของการทำอาหารจากเมนูที่กำหนด พร้อมระบุวัตถุดิบ วัสดุ อุปกรณ์ เขียนขั้นตอนการทำให้ละเอียด ภายในเวลา 10 นาที (รวม 25 คะแนน)

เมนูอาหาร ไช้เจียว

1. วัตถุดิบ (5 คะแนน)

- | | |
|---------|----------|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

2. วัสดุ-อุปกรณ์ (5 คะแนน)

- | | |
|---------|----------|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

3. ขั้นตอนการทำ โดยระบุเป็นข้อ (10 คะแนน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

4. คำถามท้ายกิจกรรม (5 คะแนน)

จากการออกแบบการแปรรูปอาหารข้างต้น นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องใดบ้าง ระบุมาให้ได้มากที่สุด ภายในเวลา 3 นาที

1. 11.
2. 12.
3. 13.
4. 14.
5. 15.
6. 16.
7. 17.
8. 18.
9. 19.
10. 20.

แบบบันทึกคะแนนความคิดสร้างสรรค์

ประเมินครั้งที่ วันที่ เดือน.....พ.ศ.

คำชี้แจง : ให้ครูผู้สอนบันทึกคะแนนความคิดสร้างสรรค์จากการปฏิบัติกิจกรรม

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ความคิดสร้างสรรค์				คะแนน รวม (100)	คิดเป็น ร้อยละ (100)
		คิด คลอง (25)	คิด ยืดหยุ่น (25)	คิดริเริ่ม (25)	คิดละเอียด ลออ (25)		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ความคิดสร้างสรรค์				คะแนน รวม (100)	คิดเป็น ร้อยละ (100)
		คิด คลอง (25)	คิด ยืดหยุ่น (25)	คิดริเริ่ม (25)	คิดละเอียด ลออ (25)		
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน
เรื่อง เคนี่ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ลักษณะของแบบทดสอบ

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามแนวทฤษฎีของ กิลฟอร์ด โดยมุ่งวัดตัวประกอบแต่ละเซลล์ต่าง ๆ ตามโครงสร้างสมรรถภาพทางสมองของ กิลฟอร์ด ซึ่งมี 3 มิติคือ ด้านเนื้อหา ด้านวิธีคิด และด้านผลผลิตของความคิด

ซึ่งแบบทดสอบมี 4 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 วัดความคิดคล่องแคล่ว แบบหน่วย (DFU) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบหน่วย (DFU) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบคิดหาคำตอบจากภาพ แล้วคิดหาคำตอบให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

ฉบับที่ 2 วัดความคิดยืดหยุ่น แบบกลุ่ม (DMC) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบกลุ่ม (DMR) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบใช้ความรู้ได้หลายแง่ หลายมุม ไม่ซ้ำกัน แล้วตอบออกมาในรูปแบบการจัดกลุ่มหรือจัดประเภท

ฉบับที่ 3 วัดความคิดริเริ่ม แบบการประยุกต์ (DFT) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบการประยุกต์ (DFT) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบ ตอบคำถาม ออกมาในลักษณะของ การปรับปรุง เปลี่ยนแปลง มีความคิดแปลกใหม่ในการตอบ

ฉบับที่ 4 วัดความคิดละเอียดลออ แบบระบบ (DMS) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบระบบ (DMS) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบใช้ความรอบคอบ เป็นระบบ เป็นขั้นตอนในการตอบคำถาม หรือแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย มีทั้งหมด 4 ฉบับ ได้แก่
 - ฉบับที่ 1 วัดความคิดคล่องแคล่ว แบบหน่วย (DFU)
 - ฉบับที่ 2 วัดความคิดยืดหยุ่น แบบกลุ่ม (DMC)
 - ฉบับที่ 3 วัดความคิดริเริ่ม แบบการประยุกต์ (DFT)
 - ฉบับที่ 4 วัดความคิดละเอียดลออ แบบระบบ (DMS)
2. นักเรียนอ่านคำชี้แจงในแต่ละฉบับให้เข้าใจ และดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนด โดยใช้เวลาในการทำข้อสอบประมาณ 60 นาที
3. นักเรียนคิดออกแบบ คิดค้นหาคำตอบที่มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร มีความน่าสนใจ มีความหลากหลาย ได้จำนวนมากในเวลาที่กำหนด และระบุรายละเอียดได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน

ฉบับที่ 1 วัดความคิดคล้องแคล่ว (DFU)

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนชื่ออาหารที่มีรูปร่างหรือรูปทรง คล้ายกับภาพที่กำหนดให้ ในทุกแง่ทุกมุม โดยเขียนคำตอบลงในช่องให้ได้มากที่สุด ภายในเวลา 5 นาที (รวม 25 คะแนน)



--	--

ฉบับที่ 2 วัดความคิดยืดหยุ่น (DMC)

คำชี้แจง ให้นักเรียนออกแบบการจัดกลุ่มประเภทอาหาร จากคำตอบที่นักเรียนเขียนในแบบทดสอบฉบับที่ 1 ภายในเวลา 5 นาที โดยนักเรียนมีอิสระในการคิดเกณฑ์การจัดกลุ่มประเภทอาหาร (25 คะแนน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ฉบับที่ 3 วัดความคิดริเริ่ม (DFT)

โจทย์ ให้นักเรียนวาดภาพออกแบบอุปกรณ์กรองน้ำที่มีความแปลกใหม่
พร้อมทั้งระบุวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ภายในเวลา 10 นาที (25 คะแนน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ฉบับที่ 4 วัดความคิดละเอียดลออ

โจทย์ ให้นักเรียนบอกรายละเอียดของการทำอาหารจากเมนูที่กำหนด
พร้อมระบุวัตถุดิบ วัสดุ อุปกรณ์ เขียนขั้นตอนการทำให้ละเอียด ภายในเวลา 10 นาที
(รวม 25 คะแนน)

เมนูอาหาร ไช้เจียวหมูสับ

1. วัตถุดิบ (5 คะแนน)

1. 6.
2. 7.
3. 8.
4. 9.
5. 10.

2. วัสดุ-อุปกรณ์ (5 คะแนน)

1. 6.
2. 7.
3. 8.
4. 9.
5. 10.

3. ขั้นตอนการทำ โดยระบุเป็นข้อ (10 คะแนน)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

4. คำถามท้ายกิจกรรม (5 คะแนน)

จากการออกแบบการแปรรูปอาหารข้างต้น นักเรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องใดบ้าง ระบุมาให้ได้มากที่สุด ภายในเวลา 3 นาที

1. 11.
2. 12.
3. 13.
4. 14.
5. 15.
6. 16.
7. 17.
8. 18.
9. 19.
10. 20.

แบบบันทึกคะแนนความคิดสร้างสรรค์

ประเมินครั้งที่ วันที่ เดือน.....พ.ศ.

คำชี้แจง : ให้ครูผู้สอนบันทึกคะแนนความคิดสร้างสรรค์จากการปฏิบัติกิจกรรม

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ความคิดสร้างสรรค์				คะแนน รวม (100)	คิดเป็น ร้อยละ (100)
		คิด คลอง (25)	คิด ยืดหยุ่น (25)	คิดริเริ่ม (25)	คิดละเอียด ลออ (25)		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ความคิดสร้างสรรค์				คะแนน รวม (100)	คิดเป็น ร้อยละ (100)
		คิด คลอง (25)	คิด ยืดหยุ่น (25)	คิดริเริ่ม (25)	คิดละเอียด ลออ (25)		
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. น้ำมีความสำคัญหลายประการ ยกเว้นข้อใด (ความเข้าใจ)
 1. เป็นตัวทำละลายที่ไม่ดี
 2. เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในเซลล์
 3. ช่วยหล่อเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย
 4. ช่วยรักษาสสมดุลของอุณหภูมิในร่างกาย
2. คุณสมบัติของน้ำมีหลายประการ ยกเว้นข้อใด (ความรู้ความจำ)
 1. โมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว
 2. แสดงได้ทั้งประจุบวกและประจุลบ ทำให้เป็นตัวทำละลายที่ดี
 3. เกิดจากอะตอมของออกซิเจนกับอะตอมของไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์
 4. แต่ละโมเลกุลของน้ำยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์
ทำให้น้ำมีสถานะเป็นของเหลว
3. ถ้าขาดธาตุเหล็กจะมีผลต่อระบบการทำงานของร่างกายระบบใดมากที่สุด (การประเมินค่า)

1. ระบบประสาท	2. ระบบหมุนเวียนเลือด
3. ระบบหายใจ	4. ระบบย่อยอาหาร
4. ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เช่นเดียวกับธาตุใด (ความเข้าใจ)

1. เหล็ก	2. แคลเซียม
3. ไอโอดีน	4. โพแทสเซียม
5. ผู้ป่วยที่มีอาการท้องร่วงจะสูญเสียแร่ธาตุไปมาก ควรเลือกรับประทานเกลือแร่ชนิดใด (การนำไปใช้)

1. โซเดียมคลอไรด์	2. แคลเซียมคลอไรด์
3. แมกนีเซียมคลอไรด์	4. โพแทสเซียมคลอไรด์

6. เพราะเหตุใดหญิงมีครรภ์จึงต้องการธาตุแคลเซียมมากกว่าหญิงทั่วไป (ความเข้าใจ)

1. หญิงมีครรภ์ต้องใช้ในการสร้างกระดูกและฟัน
2. หญิงมีครรภ์ต้องการแคลเซียมในการสร้างต่อมน้ำนม
3. หญิงมีครรภ์ต้องใช้แคลเซียมชดเชย ส่วนที่ขับถ่ายออกมา
4. เด็กในครรภ์จะใช้แคลเซียมจากแม่ในการสร้างกระดูกและฟัน

7. สารชนิดใดเมื่อนำไปต้มกับสารละลายเบเนดิกซ์แล้วจะไม่เกิดปฏิกิริยา (ความเข้าใจ)

1. กลูโคส
2. ซูโครส
3. ฟรักโทส
4. แล็กโทส

8. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับน้ำตาลมอลโทส (ความเข้าใจ)

1. ไม่สามารถละลายน้ำได้
2. ย่อยได้ด้วยเอนไซม์เพปซิน
3. โดยทั่วไปจะเรียกว่าน้ำตาลทราย
4. ประกอบด้วยโมเลกุลที่เล็กที่สุด คือ กลูโคส

9. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง (ความเข้าใจ)

1. ในพืช น้ำตาลสามารถเปลี่ยนรูปกลับมาเป็นแป้งได้
2. คาร์โบไฮเดรตสามารถสะสมในรูปของไกลโคเจนในตับได้
3. คาร์โบไฮเดรตถูกใช้สำหรับผลิตพลังงานในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
4. เซลลูโลสเกิดจากโมเลกุลของกลูโคสเชื่อมกันแบบ

α (1 $\rightarrow$ 6) Glycosidic bond

10. แป้งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บสะสมในพืช โดยมีโครงสร้าง 2 รูปแบบ ได้แก่อะไรบ้าง (ความรู้ความจำ)

1. อะไมโลสและไกลโคเจน
2. อะไมโลสและอะไมโลเพกติน
3. เซลลูโลสและไกลโคเจน
4. เซลลูโลสและอะไมโลเพกติน

11. Starch และ Glycogen แตกต่างกันอย่างไร (การวิเคราะห์)

1. Starch เป็นแป้ง ส่วน Glycogen ไม่ใช่แป้ง
2. Starch เป็นอาหาร ส่วน Glycogen ไม่ได้เป็นอาหาร
3. Starch เป็นพวกลูโคส ส่วน Glycogen ไม่ใช่กลูโคส
4. Starch เป็นแป้งในพืช ส่วน Glycogen เป็นแป้งในสัตว์

12. จงพิจารณาสารต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

สาร ก + สารละลายเบเนดิกต์ ได้ตะกอนสีแดงอิฐ

สาร ข + สารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์ + สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ได้สารสีม่วง

จากปฏิกิริยา สาร ก และสาร ข พบได้ในอาหารประเภทใด (การสังเคราะห์)

1. น้ำผึ้ง ถั่วลิสง
2. วุ้นเส้น แป้งมัน
3. ถั่วลิสง แป้งข้าวโพด
4. เส้นกวยเตี๋ยว ข้าวโพด

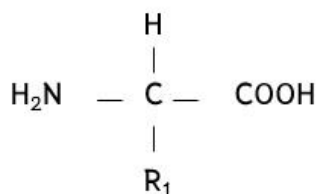
13. ในขณะที่ร่างกายอ่อนเพลียมาก ๆ ถ้าต้องการให้ร่างกายเป็นปกติในเวลาอันสั้น ควรเลือกรับประทานสารอาหารชนิดใด เพราะเหตุใด (การสังเคราะห์)

1. กรดไขมัน เพราะเป็นสารที่ให้พลังงานสูงสุด
2. กรดอะมิโน เพราะถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดได้เร็ว
3. น้ำเกลือ เพราะเป็นสารอาหารที่ใช้ทดแทนเกลือแร่ที่สูญเสียไป
4. น้ำตาลกลูโคส เพราะจะถูกนำไปใช้ให้เกิดพลังงานได้เร็วกว่าสารอาหารอื่น

14. พันธะใดที่เชื่อมต่อระหว่างกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์ (ความรู้ความจำ)

1. พันธะโลหะ
2. พันธะอะมิโน
3. พันธะเพปไทด์
4. พันธะไฮโดรเจน

จากสูตรกรดอะมิโนจงตอบคำถามข้อ 15-16



15. H_2N ในกรดอะมิโน เรียกว่าหมู่อะไร (ความรู้ความจำ)

1. แอมโมเนีย
2. ยูเรีย
3. อะมิโน
4. ไนโตรเจน

16. COOH ในกรดอะมิโน เรียกว่าหมู่อะไร (ความรู้ความจำ)

1. คาร์บอน
2. คาร์บอกซิล
3. คาร์บอนไดออกไซด์
4. คาร์บอนิล

17. นายสมชายหนัก 42 กิโลกรัม นายสมชายควรกินอาหารโปรตีนวันละประมาณกี่กรัม (การนำไปใช้)

1. 42 กรัม
2. 21 กรัม
3. 84 กรัม
4. 63 กรัม

18. Triglyceride ประกอบด้วยอะไรบ้าง (ความรู้ความจำ)

1. 3 กรดไขมัน
2. 3 กรดไขมัน 1 กลีเซอรอล
3. 1 กรดไขมัน 1 กลีเซอรอล
4. 3 กรดไขมัน 3 กลีเซอรอล

19. ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูงสุดเพราะเหตุใด (ความเข้าใจ)

1. ไขมันมีจำนวน Oxygen สูงกว่าสารอื่น ๆ
2. ไขมันมีจำนวน Hydrogen สูงกว่าสารอื่น ๆ
3. ไขมันเป็นสารอาหารที่สะสมไว้ในร่างกาย
4. ไขมันเป็นสารอาหารหลักที่ให้พลังงานแก่เซลล์

20. ข้อใดเป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาสaponification (ความรู้ความจำ)

1. สบู่
2. เบส
3. ไขมัน
4. น้ำมัน

21. ถ้านักเรียนมีกรดไขมันหลายชนิดที่สามารถนำมาเตรียมสบู่ได้ สิ่งสำคัญ

ที่นักเรียนนำมาพิจารณาเพื่อให้ได้สารที่มีสมบัติเป็นสบู่ที่ดีที่สุด คือข้อใด

(การประเมินค่า)

1. กรดไขมันอิ่มตัวจะได้สบู่ที่ไม่เกิดกลิ่นเหม็นหืน
2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว เพื่อให้ละลายสิ่งสกปรกได้ดี
3. ขนาดสายไฮโดรคาร์บอนที่ยาว ๆ เพื่อให้ละลายไขมันได้มาก ๆ
4. ขนาดสายไฮโดรคาร์บอนที่ยาวพอเหมาะ เพื่อทำให้เกิดอิมัลชันได้ดี

22. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- 1) น้ำมันพืชเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว
- 2) ต้มน้ำมันพืชกับสารละลาย NaOH แล้วได้สบู่
- 3) ไขว้วประกอบด้วยส่วนประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว

ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง (การวิเคราะห์)

1. ข้อ 1 และ 2
2. ข้อ 2 และ 3
3. ข้อ 1 และ 3
4. ข้อ 1 2 และ 3

23. นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอประกอบด้วยสารใดต่อไปนี้ (ความรู้ความจำ)

1. น้ำตาลไรโบส N-เบส และหมู่ฟอสเฟต
2. น้ำตาลกลูโคส N-เบส และหมู่ฟอสเฟต
3. น้ำตาลดีออกซีไรโบส N-เบส และหมู่ฟอสเฟต
4. น้ำตาลดีออกซีไรโบส N-เบส และไตรกลีเซอไรด์

24. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับกรดนิวคลีอิก (ความเข้าใจ)

1. เป็นสารถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม
2. ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตภายในเซลล์
3. นิวคลีโอไทด์จะเรียงต่อกันเป็นสายยาว เรียกว่า พอลินิวคลีโอไทด์
4. โมเลกุลของกรดนิวคลีอิกประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไซด์

25. กรดนิวคลีอิก นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันยกเว้นข้อใด (การนำไปใช้)

1. รักษาโรคทางพันธุกรรม
2. พิสูจน์ความเป็นเอกลักษณ์ของบุคคล
3. ปรับปรุงพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ให้มีลักษณะตามต้องการ
4. ทำลายลำดับเบสที่ทำให้เกิดมะเร็งหรือการกลายพันธุ์

26. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับ DNA และ RNA (การวิเคราะห์)

1. เบสที่พบใน DNA และ RNA มีชนิดที่เหมือนกัน
2. DNA และ RNA มีน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบต่างกัน
3. RNA จะถอดรหัสจาก DNA แล้วนำมาสังเคราะห์โปรตีน
4. DNA ประกอบด้วยพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ปิดเป็นเกลียวคล้ายบันไดเวียน ส่วน RNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์เพียงสายเดียว

27. ปฏิกิริยาของสาร A และสาร B เป็นดังนี้

$A+B$ ไม่เกิดปฏิกิริยา

$A+B+C$ ไม่เกิดปฏิกิริยา

$A+B+C+D$ ไม่เกิดปฏิกิริยา

สาร A B C และ D คือสารใด (การสังเคราะห์)

1. สาร C เป็นเอนไซม์
2. สาร A เป็นสารตั้งต้น
3. สาร B เป็นสารตั้งต้น
4. สาร C เป็นผลิตภัณฑ์

28. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง (การสังเคราะห์)

1. เมื่อความดันเพิ่มขึ้น การเกิดปฏิกิริยาของสารที่เป็นแก๊ส จะเกิดได้เร็วขึ้น
2. หากสภาวะความเป็นกรด-เบสเปลี่ยนแปลง จะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์
3. ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้การเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่าสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง
4. สารตั้งต้นที่เป็นของแข็งที่มีพื้นที่ผิวมาก จะเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่าสารตั้งต้นที่มีพื้นที่ผิวน้อย

29. เด็กชายคนหนึ่งหกล้มเจ็บที่ข้อเท้า แม่ของเขาใช้ถุงเย็นประคบให้เพื่อช่วยบรรเทาอาการปวดและทำให้ข้อเท้าหายเร็วขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาชนิดใด (การนำไปใช้)

1. ในถุงเย็นเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน ช่วยทำให้ข้อเท้าของเด็กเย็นลง
2. ในถุงเย็นเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน ช่วยทำให้ข้อเท้าของเด็กร้อนขึ้น
3. ในถุงเย็นเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน ช่วยทำให้ข้อเท้าของเด็กเย็นลง
4. ในถุงเย็นเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน ช่วยทำให้ข้อเท้าของเด็กร้อนขึ้น

30. ในร่างกายขณะที่เกิดปฏิกิริยาเคมี สิ่งที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือสิ่งใด (การประเมินค่า)

- | | |
|-----------------|------------|
| 1. สารตั้งต้น | 2. เอนไซม์ |
| 3. สารผลิตภัณฑ์ | 4. พลังงาน |

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย
1	1	11	1	21	4
2	4	12	4	22	2
3	3	13	4	23	3
4	2	14	3	24	2
5	1	15	3	25	4
6	4	16	2	26	1
7	2	17	1	27	4
8	4	18	2	28	3
9	4	19	2	29	1
10	2	20	1	30	4

**แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต**

คำชี้แจง

1. แบบวัดความพึงพอใจนี้สร้างขึ้นเพื่อสอบถามความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ไม่มีผลต่อคะแนน หรือผลการเรียนของนักเรียนแต่อย่างใด ผลการตอบของนักเรียนจะมีประโยชน์มากต่อการนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นจึงขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงให้มากที่สุด

2. ให้นักเรียนอ่านข้อความ แล้วพิจารณาว่ามีความรู้สึกตรงกับคำตอบใด โดยกาเครื่องหมาย (✓) ลงในที่ตรงกับความเห็นมากที่สุด

ระดับ 5 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตัวอย่างการตอบ

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1.	ฉันเรียนอย่างมีความสุข	✓				
2.	ฉันมีส่วนร่วมในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์		✓			

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้						
1	เนื้อหาสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์มากน้อยเพียงใด					
2	เนื้อหาเป็นประโยชน์และนำไปประยุกต์ใช้ได้ ในชีวิตประจำวัน					
3	เนื้อหาสาระมีความน่าสนใจ ทันสมัย เหมาะสมกับการศึกษาในปัจจุบัน					
4	เนื้อหาส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
5	สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปแก้ปัญหา และเชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ ได้มากน้อยเพียงใด					
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
1	นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมและสืบเสาะหา ความรู้ด้วยตนเอง					
2	นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าจากแหล่งความรู้ ต่าง ๆ ทั้งเอกสาร หรือสื่ออินเทอร์เน็ต					
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีการระบุคำชี้แจง และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างชัดเจน					
4	กิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติสอดคล้องกับเนื้อหา นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหา					
5	นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้ อย่างเต็มศักยภาพ					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้						
1	สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ความเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้					
2	สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้เพียงพอต่อการจัดกิจกรรมและการลงมือปฏิบัติจริง					
3	สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง					
4	สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจในเนื้อหา สามารถบูรณาการความรู้ในวิชาอื่น ๆ ได้					
5	สื่อที่ใช้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์					
ด้านการวัดและประเมินผล						
16	การวัดผลสอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้					
17	เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงออกและแสดงความคิดเห็นในแต่ละกิจกรรม					
18	เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้แต่ละกิจกรรม มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และตรวจสอบได้					
19	มีการวัดผลและประเมินผลก่อนเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียน เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียน					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
20	มีการวัดและการประเมินผลด้วยรูปแบบที่หลากหลาย ได้แก่ การประเมินตนเอง การประเมินโดยเพื่อน การประเมินโดยครูผู้สอน					

ขอเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ประวัติย่อของผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวสิริยาพร พลเล็ก
 วัน เดือน ปีเกิด 14 กันยายน 2535
 ที่อยู่ปัจจุบัน 169 หมู่ 6 ตำบลโพนทอง อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
 ตำแหน่งปัจจุบัน ครู
 สถานที่ทำงาน โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์”

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเรณูวิทยาคาร
 อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
 พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล
 อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
 พ.ศ. 2559 ครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา)
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
 พ.ศ. 2563 ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2559 ครูผู้ช่วย โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์”
 อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม
 พ.ศ. 2561 ครู ค.ศ.1 โรงเรียนนาหว้าพิทยาคม “ธาตุประสิทธิ์ประชานุเคราะห์”
 อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม