การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วิทยานิพนธ์

ของ

พิมพร อุ่นแก้ว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา
กันยายน 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วิทยานิพนธ์

ของ

พิมพร อุ่นแก้ว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา
กันยายน 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITY PACKAGES ON CHEMISTRY USING STEM EDUCATION INTEGRATED WITH METACOGNITION THINKING PROCESS AFFECTING SCIENTIFIC PROCESS SKILLS, CRITICAL THINKING AND LEARNING ACHIEVEMENT OF MATHAYOMSUKSA 6 STUDENTS

By

PHIMPHORN UNKAEW

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

Master of Education Degree in Educational Research and Development

at Sakon Nakhon Rajabhat University

September 2019

All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ พิมพร อุ่นแก้ว

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สายันต์ บุญใบ)

.....กรรมการสอบและประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์)

.....กรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพลินพิศ ธรรมรัตน์)แต่งตั้งเพิ่มเติม

.....กรรมการสอบและกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร.สมเกียรติ พละจิตต์)

.....กรรมการสอบ
(ดร.ศุภกร ศรเพชร)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์)
ประธานหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.หาญชัย อัมภาผล)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 29 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมเกียรติ พละจิตต์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำเกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้การสนับสนุนด้านต่าง ๆ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์ ประธานกรรมการบริหารหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา ผู้ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนการสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ดร.สมพร หลิมเจริญ ผู้อำนวยการกลุ่มนิเทศ ติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษา สพป.สกลนคร เขต 1 ดร.ภิญโญ ทองเหลา ผู้อำนวยการชำนาญการพิเศษโรงเรียนบ้านบ่อร้าง (ผลานิวรรต) ดร.วาทินี แกสมาน นางสาววัชราภรณ์ เขาเขจร อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครและนางสาวชัญญาพัทธ์ ธนดิษฐาพงศ์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ ว่าที่ ร้อยตรี ดร. สุกิจ ศรีพรหม ผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู นักเรียน และบุคลากร โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 23 ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการด้านต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ได้สำเร็จ

ขอบกราบขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว ผู้ให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้สำเร็จอย่างภาคภูมิ

คุณประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตาแด่บิดา มารดา และบูรพาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอนผู้วิจัยจนสามารถดำรงตน และบรรลุผลสำเร็จได้ในปัจจุบัน

พิมพร อุ่นแก้ว

ชื่อเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัย พิมพร อุ่นแก้ว

กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์

ดร.สมเกียรติ พละจิตต์

ปริญญา ค.ม. (การวิจัยและพัฒนาการศึกษา)

สถาบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ปีที่พิมพ์ 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) หาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. 2) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นและการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น และการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ก่อนและหลังเรียน และ 4) หาปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสอน 2 วิธีกับตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 72 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา 2) แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ 3) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ 5) แบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าดัชนีประสิทธิผล สถิติทดสอบค่าที การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณทางเดียว การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว และการวิเคราะห์แปรปรวนพหุคูณสองทาง

ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. เป็นไปตามเกณฑ์ดัชนีประสิทธิผล 0.70 และ 0.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรวิธีการสอน 2 วิธีและตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การเรียนรู้แบบ STEM Education กระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา จิตวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

TITLE Development of Learning Activity Packages on Chemistry Using STEM Education Integrated with Metacognition Thinking Process Affecting Scientific Process Skills, Critical Thinking and Learning Achievement of Mathayomsuksa 6 Students

AUTHOR Phimphon Unkaew

ADVISORS Asst. Prof. Dr. Marsri Klangpraphan

Dr. Somkiat Palajit

DEGREE M.Ed. (Educational Research and Development)

INSTITUTION Sakon Nakhon Rajabhat University

YEAR 2019

ABSTRACT

The purposes of this research were to: 1) determine the efficiency of the learning activity packages on Chemistry using STEM Education integrated with metacognition thinking process, and the conventional teaching method based on IPST teachers manual, 2) compare students' scientific process skills, critical thinking, and learning achievement before and after the intervention, 3) compare scientific process skills, critical thinking, and learning achievement of students with high, medium and low levels of scientific mind, before and after the intervention, and 4) examine the interaction between two types of teaching methods, and students' scientific mind. The samples, obtained through cluster random sampling, consisted of 27 students from two classes studying at Triamudomsuksa School of the Northeast under the Secondary Educational Service Area Office 23 in the first semester of the academic year 2018. The research instruments were: 1) the learning activity packages on Chemistry using STEM Education integrated with metacognition thinking process, 2) a scientific-minded test, 3) a scientific process skills test, 4) a critical thinking test, and 5) a learning achievement test. Statistics for data analysis were mean, standard deviation, Effectiveness Index (I.E.), t-test, One-Way ANOVA, One-Way MANCOVA, One-Way ANCOVA, and Two-Way MANOVA.

The findings were as follows:

1. The efficiency of the developed learning activity packages and the conventional teaching method based on IPST teachers manual was 0.70 and 0.57, respectively higher than the set criteria.

2. The students' scientific process skills, critical thinking, and learning achievement after the intervention were higher than those of before at the .05 level of significance.

3. The scientific process skills, critical thinking, and learning achievement of students with high, medium, and low levels of scientific mind after the intervention were higher than those of before at the .05 level of significance.

4. The interaction between two types of teaching methods and the students' scientific mind affected students' scientific process skills, critical thinking, and learning achievement at the .05 level of significance.

Keywords : Learning Activity Packages, STEM Education, Metacognitive Thinking Process, Scientific Mind, Scientific Process Skills, Critical Thinking, Learning Achievement

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

คำถามการวิจัย 7

ความมุ่งหมายของการวิจัย 8

สมมติฐานของการวิจัย 9

ความสำคัญของการวิจัย 10

ขอบเขตของการวิจัย 11

กรอบแนวคิดของการวิจัย 13

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 14

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์..... 21

วิสัยทัศน์ หลักการ จุดมุ่งหมาย..... 21

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์..... 23

การจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์..... 24

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้..... 44

ความหมายของชุดกิจกรรม..... 44

แนวคิด หลักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม..... 47

ประเภทชุดกิจกรรม..... 50

รูปแบบและส่วนประกอบของชุดกิจกรรม..... 51

ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม..... 54

ประโยชน์ของชุดกิจกรรม..... 56

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)..... 58

ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา..... 58

ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา..... 60

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

แนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา..... 62
กระบวนการเรียนตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา..... 68
ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา... 71
ผลที่คาดหวังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา..... 72
อภิปัญญา..... 73
ความหมายของอภิปัญญา..... 73
ความสำคัญของอภิปัญญา..... 75
องค์ประกอบของอภิปัญญา..... 76
การพัฒนาอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหา..... 78
บทบาทของครูผู้สอนและผู้เรียน..... 80
ขั้นตอนแก้ปัญหาอภิปัญญา..... 81
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา..... 84
ส่วนประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 84
ขั้นตอนการสอนชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 84
ดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรม..... 88
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 89
ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 89
ความสำคัญทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 91
ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 93

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 98
ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 98
องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 100
กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 103
ลักษณะของผู้มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 105
ทักษะสำคัญที่ใช้ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 109
แนวคิดในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 110
กิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 113
ประโยชน์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 115
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 116
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 116
ลักษณะของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 117
องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 118
หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 120
คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 122
ประเภทแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 128
การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 131
จิตวิทยาศาสตร์..... 135
ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์..... 135
คุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์..... 136
ความสำคัญของจิตวิทยาศาสตร์..... 139
แนวทางการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์..... 140
การประเมินจิตวิทยาศาสตร์..... 142

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 147
งานวิจัยเกี่ยวกับชุดกิจกรรม..... 147
งานวิจัยเกี่ยวกับ STEM Education..... 148
งานวิจัยเกี่ยวกับอภิปัญญา..... 154
งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 159
งานวิจัยเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 161
งานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 163
งานวิจัยเกี่ยวกับจิตวิทยาศาสตร์..... 165

3 วิธีดำเนินการวิจัย 169
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 169
ประชากร..... 169
กลุ่มตัวอย่าง 168
แบบแผนการวิจัย 170
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 171
การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 184
การวิเคราะห์ข้อมูล 186
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 188

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 195
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 195
การวิเคราะห์ข้อมูล 196
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 198

5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 229
สรุปผลการวิจัย 231
อภิปรายผลการวิจัย..... 232

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

ข้อเสนอแนะ 253

บรรณานุกรม 255

ภาคผนวก 273

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 275

ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์ 279

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ 287

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 303

ภาคผนวก จ เครื่องมือวิจัย 339

ภาคผนวก ฉ ภาพประกอบการวิจัย 417

ประวัติย่อของผู้วิจัย 421

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 หน่วยการเรียนรู้รายวิชาเคมี 5 37

2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา หน่วยเคมีอินทรีย์ สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมง..... 37

3 การวิเคราะห์ สังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนการสอนชุดกิจกรรมเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา..... 85

4 แบบแผนของการวิจัย Randomized Control Group Pretest–Posttest Design..... 170

5 การจัดชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหา เวลาที่ใช้ในการสอน..... 172

6 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา..... 173

7 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด..... 181

8 แสดงค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา..... 198

9 แสดงค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. 199

10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 200

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 201

12 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. (กลุ่มปกติ)..... 202

13 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. (กลุ่มปกติ)..... 203

14 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. (กลุ่มปกติ)..... 204

15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวแปรตามก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ของกลุ่มทดลอง..... 205

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
16	ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ในกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา โดยใช้ความแปรปรวนพหุคูณร่วมทางเดียว (One-Way MANCOVA)	206
17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม (One-Way ANOVA) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา.....	207
18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม (One-Way ANOVA) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา.....	208
19	ผลการการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเป็นรายคู่ เมื่อได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา.....	209
20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียวของตัวแปรตาม (One-Way ANCOVA) ทักษะกระบวนการทาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา.....	210

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

21 ผลการการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเป็นรายคู่ หลังจากได้ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา..... 211

22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวแปรตามก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ของกลุ่มปกติ..... 212

23 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ในกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. โดยใช้ความแปรปรวนพหุคูณร่วมทางเดียว (One-Way ANCOVA)..... 213

24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม (One-Way ANOVA) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. 214

25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม (One-Way ANOVA) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. 214

26 ผลการการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเป็นรายคู่ เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. 215

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
27	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียวของตัวแปรตาม (One-Way ANCOVA) การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.	215
28	ผลการการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเป็นรายคู่ หลังจากได้ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนเรียนของการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.	216
29	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม ทักษกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่จำแนกตามตัวแปรอิสระ ด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวแปรอิสระด้านวิธีการจัดการเรียนรู้.....	217
30	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของคะแนนเฉลี่ย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอน 2 วิธี และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ในกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ โดยใช้สถิติทดสอบ Two-Way MANOVA.....	219
31	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรแบบสองทาง (Two-Way MANOVA) ของคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสอนกับจิตวิทยาศาสตร์.....	220
32	แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ภายหลังได้รับการสอน 2 วิธี ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีทดสอบของ Scheffe.....	224

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

33 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังได้รับการสอน 2 วิธี ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีทดสอบของ Scheffe..... 225

34 การประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา..... 289

35 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 292

36 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากผู้เชี่ยวชาญ..... 294

37 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 295

38 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 297

39 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 299

40 ค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดจิตวิทยาศาสตร์..... 301

41 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา..... 305

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 กรอบแนวคิดของการวิจัย 14

2 ขั้นตอนการสอนด้วยชุดกิจกรรมเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา..... 87

3 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 194

4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวแปรอิสระด้านการสอนที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์... 221

5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวแปรอิสระด้านการสอนที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 222

6 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวแปรอิสระด้านการสอนที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 223

7 เข้ากลุ่มกิจกรรมออกแบบการแก้ปัญหา..... 417

8 เข้ากลุ่มกิจกรรมลงมือแก้ปัญหา..... 417

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษาเป็นหัวใจสำคัญของประเทศและเป็นรากฐานสำคัญของชีวิต เพราะเป็นกระบวนการที่ทำให้มนุษย์พัฒนาคุณภาพชีวิตของตน ทำให้เป็นผู้รู้จักคิด รู้จักทำ รู้จักแก้ปัญหาและมีส่วนในการกำหนดทิศทางของสังคม การศึกษามีความสำคัญในการเสริมสร้างภูมิปัญญาให้แก่คนที่อยู่รวมกันเป็นสังคม เป็นชาติ ดังนั้นการศึกษาจึงเป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างภูมิปัญญาของชาติ (วันชัย อนัยตโนมุท, 2542 อ้างถึงใน ชาคริต อาชวอำรุง, 2554, หน้า 1) ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมืองและอื่น ๆ อีกต่อไป หากมีการจัดการศึกษาอย่างถูกต้องและเหมาะสมกับสังคมไทยแล้ว จะทำให้การศึกษาไทยเป็นการศึกษาที่ดีมีคุณภาพ ก่อให้เกิดคุณูปการแก่ประเทศชาติเป็นอันมาก ด้วยเหตุนี้นักวิชาการทางการศึกษาไทยหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาไทยจึงพยายามหาหนทางหรือแนวทางที่จะนำมาใช้กับการจัดระบบการศึกษาของไทย และแนวทางที่หลายฝ่ายเห็นว่าเหมาะสม ในปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นไป ทั้งโรงเรียนต้นแบบและโรงเรียนทั่วไปเริ่มมีการนำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาใช้ในการจัดการศึกษาของไทย โดยมีการกระจายหลักสูตรลงไปถึงระดับท้องถิ่น มุ่งพัฒนาให้นักเรียนเป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ ประกอบอาชีพ และเมื่อนักเรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐานนี้อย่างมีคุณธรรม จริยธรรม มีความรู้ สุขภาพกายใจแข็งแรง มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรม อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสังคมเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลต่อการปรับเปลี่ยน พัฒนา การศึกษาตามสังคมไปด้วย ทำให้ทั้งระบบการศึกษา สถานศึกษา ผู้บริหารการศึกษา ครู บุคลากรทางการศึกษาและนักเรียนบางส่วนไม่สามารถปรับเปลี่ยนวิสัยทัศน์ รูปแบบวิธีการสอน พฤติกรรมการเรียนการสอนได้ทันท่วงที ทำให้ในปัจจุบันนี้การศึกษาไทยยังคงเดินตามหลังต่างประเทศ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจน

เทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 92) ซึ่งต้องอาศัยทักษะการคิดในการเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 92) ซึ่งวิทยาศาสตร์มีหลายสาขาย่อย เคมีเป็นอีกสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางเคมีเป็นรากฐานของการศึกษาด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรม ด้านการวิเคราะห์สารต่าง ๆ ด้านธรณีวิทยา ด้านชีววิทยา และด้านฟิสิกส์ ดังนั้นการศึกษาวิชาเคมีในระดับโรงเรียนจึงมีความคาดหวังว่าจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและอยู่ในเกณฑ์ดี เพราะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถพยากรณ์ถึงความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาประเทศในอนาคต (สุภาพร พลพุทธา, 2552, หน้า 2)

สืบเนื่องจากกระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศนโยบายการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ. 2553-2561) จึงประกาศทิศทางการพัฒนาคุณภาพมัธยมศึกษายุคใหม่ โดยได้กำหนดเป้าหมายด้านคุณภาพผู้เรียน ให้ผู้เรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถใช้ความคิดระดับสูง ให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาหลักจากการทดสอบระดับชาติ เฉลี่ยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 และผู้เรียนไม่ต่ำกว่า

ร้อยละ 90 มีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2554, หน้า 4) ดังนั้น ครูผู้สอนทุกคนจึงต้องพัฒนาผู้เรียนด้านการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควบคู่กันไป

จากรายงานสถิติผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (O-NET) ผู้วิจัยพบว่า สถิติผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (O-NET) ในมาตรฐาน ว 3.1 คือ นักเรียนต้องเข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในระดับประเทศ ปีการศึกษา 2558, 2559 และ 2560 มีผลการประเมินเฉลี่ยร้อยละ 25.67, 28.65 และ 29.06 ตามลำดับ ส่วนผลการประเมินคุณภาพระดับชาติ ระดับสถานศึกษาของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีผลการประเมินในมาตรฐาน ว 3.1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เฉลี่ยร้อยละ 25.49, 28.52 และ 31.39 ตามลำดับ (รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558, 2559, 2560 ฉบับที่ 2 ค่าสถิติแยกตามมาตรฐานการเรียนรู้สำหรับโรงเรียน) ซึ่งพบว่าในปีการศึกษา 2558 และ 2559 คะแนนเฉลี่ยยังต่ำกว่าระดับประเทศ จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยระดับโรงเรียนต่ำกว่าร้อยละ 50 จากผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูไม่สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความคิดและความรู้เป็นไปตามเป้าหมายได้ดังที่อดิศักดิ์ สิงห์สีโว (2549, หน้า 4-5 อ้างอิงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 3) กล่าวว่าในส่วนของวิชาเคมีพบว่าหลักสูตรขาดการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง การสอนเคมีไม่สามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและเชื่อมโยงเนื้อหาวิชากับชีวิตจริงได้ นักเรียนไม่เข้าใจมโนมติในวิชาเคมี รวมทั้งกระบวนการแก้ปัญหาทางเคมี และไม่สามารถประยุกต์มโนมติไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ กระบวนการแก้ปัญหานั้นต้องการให้ผู้เรียนสามารถใช้ทักษะการคิดขั้นสูงและเป็นกระบวนการสำคัญที่สุดในการเรียนเคมีความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และเมื่อพิจารณาถึงหัวข้อในวิชาเคมี พบว่า เรื่อง เคมีอินทรีย์ เป็นเรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญและเป็นเรื่องที่นักเรียนเข้าใจยาก โดยเฉพาะในส่วนที่มีเนื้อหาของสาระเคมีรวมอยู่กับสาระชีววิทยา ที่จำเป็นต้องใช้ทักษะการคิดขั้นสูงในการแก้ปัญหา

ในยุคศตวรรษที่ 21 การจัดกระบวนการเรียนรู้ จึงพยายามเปลี่ยนบทบาทครู จากผู้บรรยายมาเป็นคณะครูร่วมกันออกแบบกิจกรรมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ (Pedagogy) ให้นักเรียนใช้เป็นเครื่องมือไปเรียนรู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก และเสนอแนะเครื่องมือการเข้าถึงองค์ความรู้ผ่านวิธีการต่าง ๆ โดยเฉพาะผ่าน Technology ให้เข้าถึงความรู้ได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวาง นำความรู้ที่ได้มาแลกเปลี่ยนกับเพื่อนในห้องเรียน เรียกกระบวนการเรียนรู้แบบนี้ว่า Active Learning ที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (Student–centered) (สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษา ตอนปลาย สพฐ, 2558 หน้า 4) โรงเรียนควรมุ่งเน้นพัฒนาพัฒนากระบวนการคิดควบคู่กับความรู้ คุณภาพของบุคคลในศตวรรษที่ 21 นอกจากจะมีความรู้ดีแล้วยังต้องมีความคิดลึก คิดแตกฉาน คิดหลายชั้น คิดแก้ปัญหา คิดดี คิดชอบ คิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับวิสัยทัศน์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผู้วิจัยจึงได้ศึกษามิติวิธีการสอนที่ทันสมัยในยุคศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับศึกษามิติของการคิด โดยพบว่า วิธีการสอนแบบ STEM Education คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ และยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, หน้า 50) ซึ่งประกอบไปด้วย 1) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมคือต้องมีความคิดสร้างสรรค์ ใส่ใจนวัตกรรม มีวิจารณญาณ แก้ปัญหาเป็น สื่อสารดีและเต็มใจร่วมมือ 2) ทักษะสารสนเทศ สื่อ เทคโนโลยี ต้องมีการอัพเดททุกข้อมูลข่าวสาร รู้เท่าทันสื่อ รอบรู้เทคโนโลยีสารสนเทศและฉลาดสื่อสาร 3) ทักษะชีวิตและอาชีพต้องมีความยืดหยุ่น รู้จักปรับตัว ริเริ่มสิ่งใหม่ ใส่ใจดูแลตัวเอง รู้จักเข้าสังคม เรียนรู้วัฒนธรรม มีความเป็นผู้นำ รับผิดชอบต่อหน้าที่ พัฒนาอาชีพ และหมั่นหาความรู้รอบด้านอีกด้วย (วัฒนชัย วินิจจะกูล, 2557)

ดังที่งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ STEM Education พบว่า นักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สสวท. (วรรณธนะ ปัดชา, 2559, หน้า 830) ส่วนการศึกษามิติของการคิด พบว่า Metacognition หรือ อภิปัญญา ซึ่งเป็นเรื่องที่ครูควรนำไปฝึกผู้เรียนเพื่อใช้ในการควบคุมความคิด ความสามารถในการกำกับควบคุมตนเองว่าจะทำงานเมื่อใด รวมถึงวางแผนประเมินและตรวจสอบวิธีการคาดคะเนคำตอบไว้ล่วงหน้า การปรับเปลี่ยนกลวิธีเพื่อแก้ปัญหารวมถึงสามารถกำกับตนเองใช้เวลาและความสามารถในการคิดเกี่ยวกับความคิดแก้ปัญหา (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 363) ดังนั้นการที่บุคคลรู้ถึงการคิดของตนเองและสามารถควบคุมการคิดของตนเองให้เป็นไปในทางที่ตนเองต้องการ จะช่วยให้การเรียนรู้และงานที่ทำประสบความสำเร็จตามต้องการได้ ดังที่งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้กลวิธีอภิปัญญา พบว่า นักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีอภิปัญญามีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์หลังการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ (ณรงค์ฤทธิ์ ประเสริฐสุข, 2554, หน้า 67–69)

จะเห็นได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการพัฒนากลวิธีอภิปัญญาจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดี และสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมได้อย่างดี ตลอดจนสามารถควบคุมกำกับตนในการเรียนจนกระทั่งเข้าใจเนื้อหาได้ และนักเรียนที่ได้รับการพัฒนาด้วยการสอนแบบ STEM Education จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น และยังได้รับการพัฒนาทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะเรื่องทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะสำคัญของการแก้ปัญหา และการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นการคิดอย่างมีเหตุผล (ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง (2546, หน้า 59–61) ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ เนื่องจากเนื้อหาดังกล่าวมีการพิจารณาข้อความหรือสถานการณ์ในการคิดไตร่ตรองในการแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามถ้าผู้เรียนไม่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วก็เป็นการยากที่จะประสบความสำเร็จในการศึกษาหาความรู้ใหม่และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนา เพราะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดของผู้เรียนที่จะนำไปสู่การค้นคว้าหา

ความรู้และการแก้ปัญหาต่อไป (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ, 2553) สอดคล้องกับแนวคิดของ ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552, หน้า 364) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นอกจากจะต้องการให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นแล้ว ยังต้องการให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการคิด เพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีอภิปัญญา ซึ่งทำให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี เพราะอภิปัญญาเป็นตัวควบคุมการทำงานของกระบวนการทางปัญญาไว้อีกชั้นหนึ่ง ผู้เรียนจะมีการวางแผนและกำกับควบคุมการเรียนของตนเอง

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพผู้เรียนต้องเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ครูกำหนดไว้ ครูจำเป็นต้องใช้วิธีการต่าง ๆ ที่จะช่วยเร้าความสนใจของผู้เรียน เป็นต้นว่า การใช้สื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัย การแบ่งกลุ่มนักเรียน การให้แข่งขันหรือร่วมมือ รวมทั้งการใช้เทคนิคการสอนแบบต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งพบว่า กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นสื่อการสอนที่มีคุณภาพ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้สอน และส่งเสริมพัฒนาให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีโอกาสฝึกปฏิบัติและแสดงความคิดอย่างสร้างสรรค์ทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ตามศักยภาพของแต่ละบุคคลได้อย่างเต็มความสามารถ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะสมบูรณ์ทั้งด้านความรู้ เป็นคนดีและมีความสุข เสริมสร้างมนุษยสัมพันธ์แบบกัลยาณมิตรกับผู้อื่น (ธงชัย ต้นทัพไทย, 2548, อ้างถึงใน พฤทธิ มาเนตร, 2553, หน้า 19) และสุคนธ์ สินธพานนท์ (2553, หน้า 21–22) กล่าวถึงคุณค่าและประโยชน์ของชุดกิจกรรมว่า ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการศึกษาด้วยตนเอง รู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น รู้จักคิดแก้ปัญหามีวินัยในตนเอง

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจของผู้เรียน มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และผู้วิจัยสนใจที่จะนำรูปแบบการสอนแบบ STEM Education ซึ่งเป็นกระบวนการสอนแบบบรูณาการ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ และรูปแบบการสอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาเป็นความสามารถของผู้เรียนในการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการคิด

ของตนเอง สามารถควบคุมกระบวนการคิดของตน มีการวางแผน การจัดระบบความคิดของตนเอง และรู้ว่าจะใช้กลวิธีใดของการเรียนรู้จึงจะเหมาะสม รวมทั้งประเมินผลเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของตนเอง อันจะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ เป็นความรู้ที่เหนือกว่าระดับปัญญา ได้ใช้ทั้งสองวิธีการสอนเข้ามาจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และเป็นแนวทางแก่ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วอทยาศาสตร์ในการพัฒนาการเรียนการสอน พัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนการสอนให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำถามของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีดัชนีประสิทธิผลตามเกณฑ์ 0.5 หรือไม่ อย่างไร

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ อย่างไร

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ อย่างไร

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

5. จิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

6. จิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

7. ตัวแปรจัดการเรียนการสอน 2 แบบ คือ การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาและการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ จะมีปฏิสัมพันธ์กัน ที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยได้ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. มีดัชนีประสิทธิผล ตามเกณฑ์มาตรฐาน

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

5. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลางและต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

6. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลางและต่ำ เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

7. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ด้านวิธีการสอน 2 วิธี คือ วิธีการสอนที่ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา วิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ ที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎี หลักการ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐานของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาและคู่มือครู สสวท. มีดัชนีประสิทธิผล 0.5 ขึ้นไป

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. มีความแตกต่างกัน

5. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีความแตกต่างกัน

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. มีความแตกต่างกัน

7. มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้านวิธีการสอน 2 วิธี คือวิธีการสอนที่ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา วิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์จะมีปฏิสัมพันธ์กัน ที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ที่สำคัญ ดังนี้

1. ได้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีประสิทธิผลตามเกณฑ์ โดยผ่านกระบวนการวิจัยเพื่อตรวจสอบคุณภาพ

2. นักเรียนได้รับการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ได้รูปแบบการเรียนรู้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนรายวิชาเคมีและครูผู้สอนกลุ่มสาระอื่นๆ ที่จะนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา นำไปพัฒนาและปรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ต่อไป

4. เป็นแนวทางสำหรับผู้บริหารสถานศึกษา ผู้บริหารการศึกษา และบุคลากรทางการศึกษาอื่น ที่จะนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา นำไปพัฒนาและปรับใช้ในหน่วยงานและสถานศึกษาที่สังกัดได้ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 ปีการศึกษา 2561 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 144 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 ปีการศึกษา 2561 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 72 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ทำการสุ่ม 2 ครั้ง โดยครั้งแรกจับสลากจำนวน 2 ห้องจาก 4 ห้องเรียน และสุ่มโดยการจับสลากอีกครั้งเพื่อแยกเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 36 คน และกลุ่มควบคุมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 36 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่

2.1.1 การสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

2.1.2 การสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

2.1.3 จิตวิทยาศาสตร์ (Emotional Quotient) แบ่งเป็น 3 ระดับ

2.1.3.1 สูง

2.1.3.2 ปานกลาง

2.1.3.3 ต่ำ

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่

2.2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาเคมีเพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้วิจัยสร้างเป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์ จำนวน 11 ชุด ดังนี้

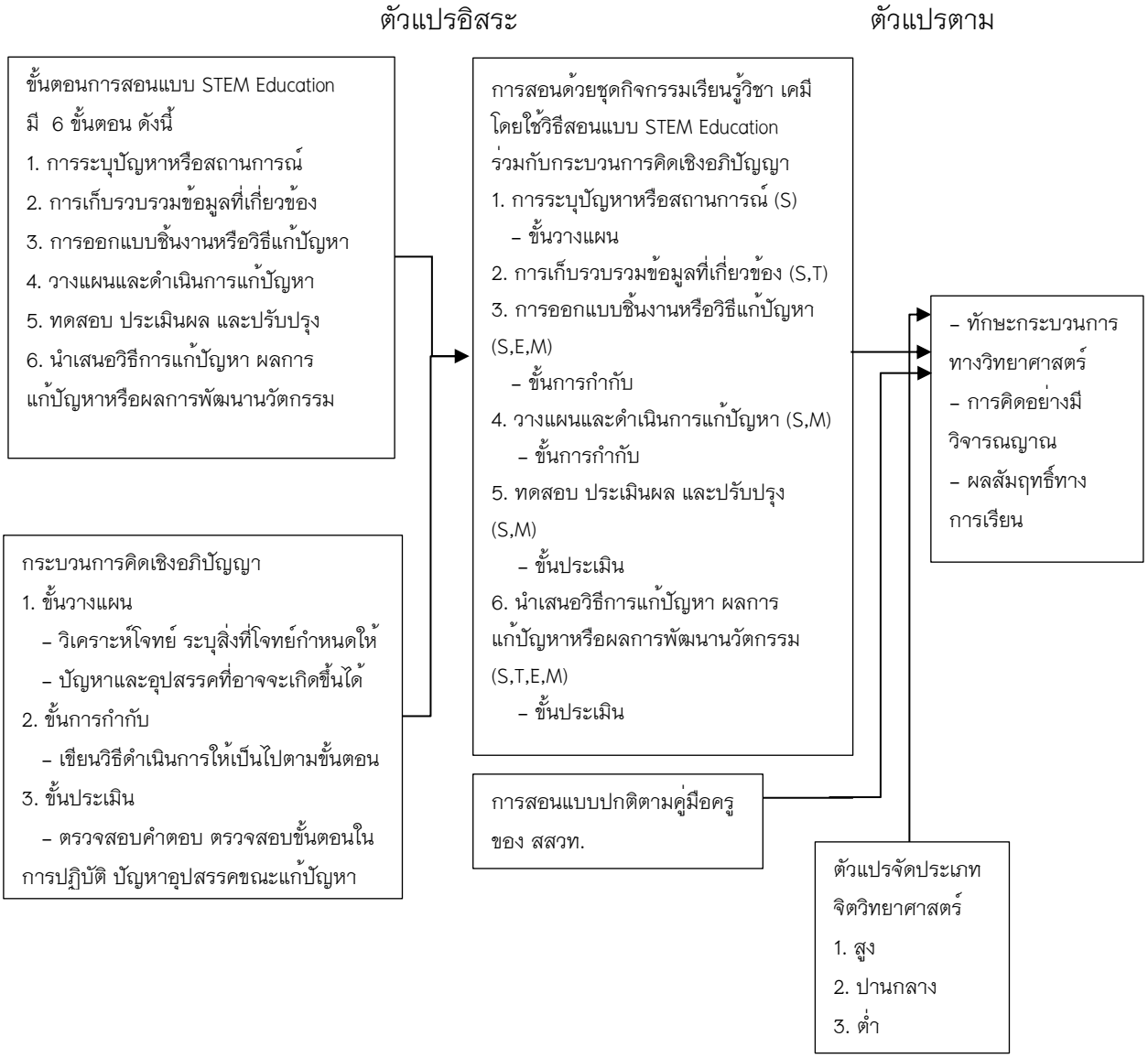
3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.2 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.3 ไอโซเมอร์และหมู่ฟังก์ชัน	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.4 แอลเคน	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.5 แอลคีน	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.6 แอลไคน์	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.7 อะโรมาติก	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.8 แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ และคีโตน	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.9 กรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.10 เอมีน	จำนวน 3 ชั่วโมง
3.11 เอไมด์	จำนวน 3 ชั่วโมง
รวม	จำนวน 33 ชั่วโมง

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้เวลาในการดำเนินการวิจัย วิธีการสอนละ 33 ชั่วโมง โดยทดลองในวันเรียนปกติ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวม 11 สัปดาห์ ไม่รวมเวลาในการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน

กรอบแนวคิดของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อกำหนดแนวทางเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัย เพื่อดำเนินการวิจัยให้ได้ตามความมุ่งหมายของการวิจัยที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้กรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้ โดยเริ่มต้นจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ องค์ประกอบ การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมจากทิศนา แขมมณี (2551, หน้า 51 อ้างถึงใน สมปรารถนา ทองนาค, 2558, หน้า 21) ประกอบการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นกรอบในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีองค์ประกอบตามหลักการทฤษฎี และวิธีการเรียนรู้แบบ STEM Education เป็นการนำแนวคิดมาจากสหรัฐอเมริกามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเรียนการสอนทั้ง 4 สาขาเข้าด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ จาก National Research Council (NRC, 2012) ประกอบกับการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาออกแบบจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาในการแก้ปัญหา มีองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบได้แก่ (1) ความรู้ในเรื่องอภิปัญญา (2) ประสบการณ์ในทางอภิปัญญาของ Flavell (1979, pp. 103–110 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 77) ซึ่งผู้วิจัยได้นำเอาองค์ประกอบที่ (2) มีองค์ประกอบย่อยออกมาเป็นกิจกรรมทางการคิดคือ การวางแผน การกำกับ และการประเมิน มาใช้ในการพัฒนาความสามารถต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นในวิชาเคมีครั้งนี้ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะไว้ ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง สื่อการเรียนการสอนที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยมีการจัดเนื้อหาและประสบการณ์ที่ต้องการสร้างเสริมหรือพัฒนาแต่ละชุดกิจกรรม มีขั้นตอนซึ่งให้ผู้เรียนศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ

โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ และการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียนตามศักยภาพของตนเอง และมีการนำหลักการทางจิตวิทยามาใช้ประกอบในการเรียนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับความสำเร็จ

2. การเรียนรู้แบบ STEM Education หมายถึง กระบวนการเรียนรู้แบบหนึ่งที่มีการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถนำไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ในรูปแบบของสะเต็มศึกษา ได้แก่

2.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

2.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

3. กระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง สามารถควบคุมกระบวนการคิดของตน มีการวางแผน การจัดระบบความคิดของตนเอง และรู้ว่าจะใช้กลวิธีใดของการเรียนรู้จึงจะเหมาะสม รวมทั้งประเมินผลเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของตนเอง อันจะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ เป็นความรู้ที่เหนือกว่าระดับปัญญา โดยมีขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ในการคิดแก้ปัญหา ดังนี้

3.1 ขั้นการวางแผน (Planning) โดยให้นักเรียนดำเนินการ

3.1.1 วิเคราะห์โจทย์ ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ บอกข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 ปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นได้

3.2 ขั้นการกำกับ (Monitoring) โดยให้นักเรียนดำเนินการ

3.2.1 เขียนวิธีดำเนินการให้เป็นไปตามขั้นตอน

3.3 ขั้นประเมิน (Assessing) โดยให้นักเรียนดำเนินการ

3.3.1 ตรวจสอบคำตอบ

3.3.2 ตรวจสอบขั้นตอนในการปฏิบัติ ปัญหาอุปสรรคขณะแก้ปัญหา

4. ชุดกิจกรรมเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หมายถึง เทคนิคการสอนโดยใช้สื่อการสอนที่สร้างขึ้น มีลักษณะเป็นสื่อ เพื่อใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยจัดเนื้อหาเป็นชุด ๆ ขั้นตอนให้นักเรียนทำกิจกรรมต่างๆ ครูจะเป็นผู้ดูแลและอำนวยความสะดวก เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน ให้เกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ส่วนประกอบของชุดกิจกรรม มีดังนี้

4.1.1 ส่วนประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้มี ดังนี้

4.1.1.1 เอกสารสำหรับครู ประกอบด้วย คำแนะนำสำหรับครู คำอธิบายรายวิชา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ เฉลยใบงานกิจกรรม เฉลยแบบฝึกเสริมประสบการณ์ แบบทดสอบและเฉลยแบบทดสอบ

4.1.1.2 เอกสารสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย ใบงานกิจกรรม ใบความรู้ แบบฝึกเสริมประสบการณ์

4.2 ขั้นตอนการสอนด้วยชุดกิจกรรมเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

4.2.1 การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ (S) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์โจทย์ วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ บอกข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

4.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (S, T)

4.2.3 การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา (S, E, M)

4.2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (S, M)

4.2.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (S, M)

4.2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม (S, T, E, M)

5. จิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นคุณลักษณะที่มีการพัฒนาขึ้นในตัวผู้เรียนจากการเรียนรู้ผ่านกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ที่ส่งผลให้ผู้เรียนมีลักษณะของการเป็นผู้ใฝ่รู้ในวิทยาศาสตร์สามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไป ใช้ในการคิดตัดสินใจ การค้นคว้าหาความรู้ การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และมีการนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์อย่างถูกต้องเหมาะสม ผู้วิจัยเลือกศึกษาคุณลักษณะทางจิตวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ 1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) ความรับผิดชอบ มุ่งมั่น อดทนและเพียรพยายาม 3) ความมีเหตุผล 4) ความมีระเบียบและรอบคอบ 5) ความซื่อสัตย์ 6) ความใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น วัดได้จากแบบทดสอบสถานการณ์วัดจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบสถานการณ์วัดจิตวิทยาศาสตร์ เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสูง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มต่ำ

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมความสามารถและความชำนาญในการคิด เพื่อค้นหาความรู้ และการแก้ไขปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้เกิดกระบวนการคิด อย่างมีเหตุ มีผลตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียน และผู้ปฏิบัติเกิดความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ สามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองไปสู่กระบวนการคิดที่ซับซ้อนมากขึ้น ประกอบด้วย 13 ทักษะ

ได้แก่ การจำแนกประเภท การวัด การคำนวณ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการพยากรณ์ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

7. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการพิจารณาไตร่ตรองของแต่ละบุคคลที่แสดงออกมา โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล อย่างรอบคอบ เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจที่จะเชื่อหรือกระทำสิ่งต่าง ๆ เพื่อไปสู่ข้อสรุปที่สมเหตุสมผลหรือกลวิธีในการแก้ปัญหา วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 48 ข้อ ที่ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสุทธภา บุญแซม

8. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลเป็นสิ่งหนึ่งที่ชี้ถึงผลลัพธ์ของการจัดการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันไป วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยสร้างเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ตามเนื้อหาและผลการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์

9. ดัชนีประสิทธิผล หมายถึง ตัวเลขที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียน โดยเปรียบเทียบคะแนนที่เพิ่มขึ้นจากคะแนนการทดสอบก่อนเรียนกับคะแนนที่ได้รับการทดสอบหลังเรียน เกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่าสื่อหรือนวัตกรรมมีประสิทธิผลมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
   - 1.1 วิสัยทัศน์ หลักการ จุดมุ่งหมาย
   - 1.2 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
   - 1.3 การจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
   - 2.1 ความหมายของชุดกิจกรรม
   - 2.2 แนวคิด หลักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม
   - 2.3 ประเภทชุดกิจกรรม
   - 2.4 รูปแบบและส่วนประกอบของชุดกิจกรรม
   - 2.5 ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม
   - 2.6 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)
   - 3.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 3.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 3.3 แนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 3.4 กระบวนการเรียนตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
   - 3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 3.6 ผลที่คาดหวังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4. อภิปัญญา
    4.1 ความหมายของอภิปัญญา
    4.2 ความสำคัญของอภิปัญญา
    4.3 องค์ประกอบของอภิปัญญา
    4.4 การพัฒนาอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหา
    4.5 บทบาทของครูผู้สอนและผู้เรียน
    4.6 ขั้นตอนแก้ปัญหาอภิปัญญา
5. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา
    5.1 ส่วนประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้
    5.2 ขั้นตอนการสอนชุดกิจกรรมการเรียนรู้
    5.3 ดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรม
6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    6.1 ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    6.2 ความสำคัญทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    6.3 ประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
7. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    7.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    7.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    7.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    7.4 ลักษณะของผู้มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    7.5 ทักษะสำคัญที่ใช้ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    7.6 แนวคิดในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    7.7 กิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    7.8 ประโยชน์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
8. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    8.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    8.2 ลักษณะของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    8.3 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8.4 หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8.5 คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8.6 ประเภทแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8.7 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

9. จิตวิทยาศาสตร์

9.1 ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์

9.2 คุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์

9.3 ความสำคัญของจิตวิทยาศาสตร์

9.4 แนวทางการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์

9.5 การประเมินจิตวิทยาศาสตร์

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 งานวิจัยเกี่ยวกับชุดกิจกรรม

10.2 งานวิจัยเกี่ยวกับ STEM Education

10.3 งานวิจัยเกี่ยวกับอภิปัญญา

10.4 งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

10.5 งานวิจัยเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

10.6 งานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

10.7 งานวิจัยเกี่ยวกับจิตวิทยาศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. วิสัยทัศน์ หลักการ จุดมุ่งหมาย

กระทรวงศึกษาธิการ (2551ก, หน้า 4–11) ได้กำหนด วิสัยทัศน์ หลักการ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้น

ผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา ให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

2. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

2.1 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

2.1.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้องตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2.1.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.1.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผลคุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่างๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.1.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

2.2 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

2.2.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

2.2.2 ซื่อสัตย์สุจริต

2.2.3 มีวินัย

2.2.4 ใฝ่เรียนรู้

2.2.5 อยู่อย่างพอเพียง

2.2.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

2.2.7 รักความเป็นไทย

2.2.8 มีจิตสาธารณะ

3. การจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.1 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษามีเป้าหมายสำคัญดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2556, หน้า 2)

3.1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์

3.1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3.1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.1.4 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

3.1.5 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

3.1.6 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

3.1.7 เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

3.2 คุณภาพผู้เรียนวิทยาศาสตร์เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดคุณภาพผู้เรียนวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ก, หน้า 98–99) เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

3.2.1 เข้าใจการรักษาดุลยภาพของเซลล์และกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

3.2.2 เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันมิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

3.2.3 เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3.2.4 เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.2.5 เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว

3.2.6 เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3.2.7 เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล

3.2.8 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

3.2.9 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3.2.10 เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

3.2.11 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

3.2.12 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

3.2.13 วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

3.2.14 สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด การเขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

3.2.15 อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

3.2.16 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

3.2.17 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงานชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

3.2.18 แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

3.2.19 แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้

3.2.20 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

3.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข, หน้า 3–5)

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะ ของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศ และทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

3.4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2556, หน้า 7) ได้มีแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังนี้

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตราที่ 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ในมาตรา 23(2) เน้นการจัดการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ให้ความสำคัญของการบูรณาการความรู้คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ตามความเหมาะสมของระดับการศึกษา โดยเฉพาะความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน

ในส่วนของการจัดกระบวนการเรียนรู้ มาตรา 24 ได้ระบุให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการ ดังนี้

1. จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

2. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้ เพื่อป้องกันและแก้ปัญหา

3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง

4. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา

5. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศสภาพแวดล้อม สื่อการเรียนและอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ

6. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลาทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดามารดาผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

การจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นกระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้คิด ลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมหลากหลาย ทั้งการทำกิจกรรมภาคสนาม การสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลองในห้องปฏิบัติการ การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ การทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น โดยคำนึงถึงวุฒิภาวะประสบการณ์เดิม สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรมต่างกันที่นักเรียนได้รับรู้มาแล้วก่อนเข้าสู่ห้องเรียน การเรียนรู้ของนักเรียนจะเกิดขึ้นระหว่างที่นักเรียนมีส่วนร่วมโดยตรงในการทำกิจกรรมการเรียนเหล่านั้น จึงจะมีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง และคาดหวังว่ากระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวจะทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรมจริยธรรม ในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ มีเจตคติและค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งสามารถสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพเจตคติทางวิทยาศาสตร์หรือจิตวิทยาศาสตร์ที่คาดหวังว่าจะได้รับพัฒนาขึ้นในตัวนกเรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ มีดังนี้ ความสนใจใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ ความอดทน มุ่งมั่น การมีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็น ความคิดสร้างสรรค์ มีความสงสัยและกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยานหรือเหตุผลที่เพียงพอ

3.5 สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด วิชาเคมี

วิชาเคมีเป็นรายวิชาที่สอดคล้องสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 และสาระที่ 8 ซึ่งมีมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551ข, หน้า 40–104)

3.5.1 สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-6

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างอะตอมและสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ

2. วิเคราะห์และอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดกับสมบัติของธาตุและการเกิดปฏิกิริยา

3. อธิบายการจัดเรียงธาตุและทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ

4. วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและในโมเลกุลของสาร

5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-6

1. ทดลอง อธิบายและเขียนสมการของปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งอธิบายผลของสารเคมีที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2. ทดลองและอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดปิโตรเลียม กระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติ และการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ

4. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

5. ทดลองและอธิบายการเกิดพอลิเมอร์ สมบัติของพอลิเมอร์

6. อภิปรายการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลที่เกิดจากการผลิตและใช้พอลิเมอร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

7. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์และปฏิกิริยาบางชนิดของคาร์โบไฮเดรต

8. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์และปฏิกิริยาบางชนิดของไขมันและน้ำมัน

9. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์และปฏิกิริยาบางชนิดของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก

3.5.2 สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-6

1. ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐาน ของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

2. สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบหรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

3. ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ

4. เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ ที่ใช้ในการสังเกต การวัดการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

5. รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

6. จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม

7. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปหรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

8. พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อน ของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ

9. นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

10. ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง

11. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

12. จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และหรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิดกระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

3.5.3 รายวิชาเคมี 5

รายวิชาเคมี 5 เป็นรายวิชาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 สำหรับผู้ที่ต้องการเรียนเน้นหนักทางวิทยาศาสตร์ (โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2557, หน้า 241-243) มีคำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ และหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาความหมายของสารประกอบอินทรีย์และเคมีอินทรีย์ การเขียนสูตรโครงสร้างแบบลิวอิสแบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม ทดลองการเกิดไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์และหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะของเอทานอลและกรดอะซิติก ศึกษาหมู่ฟังก์ชัน การจำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ โครงสร้าง

การเขียนสูตร การเรียกชื่อ แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือด การละลายน้ำ ปฏิกิริยาบางชนิด การนำไปใช้ประโยชน์และอันตรายของสารประกอบอินทรีย์ประเภท แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ กรดคาร์บอกซิลิก คีโตน เอสเทอร์ เอมีนและเอไมด์ รวมทั้งศึกษาการทดลองสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเตรียมเอสเทอร์ จากปฏิกิริยาที่เรียกว่าเอสเทอริฟิเคชันและปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ ศึกษาการเกิดและองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ การสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียม กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติ เลขออกเทน เลขซีเทน อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและการใช้ประโยชน์ของปิโตรเคมีภัณฑ์ ศึกษาประเภทของพอลิเมอร์และปฏิริยาพอลิเมอไรเซชัน ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ ศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ประเภทต่าง ๆ ศึกษาทดลองสมบัติบางประการของพลาสติกชนิดต่าง ๆ การเตรียมเส้นใยกึ่งสังเคราะห์จากเส้นใยธรรมชาติ ความก้าวหน้าเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ และการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมและปลอดภัย มลพิษที่อาจเกิดขึ้นและแนวทางในการป้องกัน ศึกษาธาตุที่เป็นโครงสร้างองค์ประกอบหลัก ชนิด หน้าที่ แหล่งที่พบและประโยชน์ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการทดสอบโปรตีนในอาหาร ศึกษาสมบัติการทำงานและการเรียกชื่อของเอนไซม์ ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

ศึกษาและทดลองการแปลงสภาพโปรตีน สมบัติบางประการและปฏิกิริยาเฉพาะของคาร์โบไฮเดรต การละลายของน้ำมันและไขมันในตัวทำละลายบางชนิด ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของน้ำมันหรือไขมันซึ่งเป็นเอสเทอร์ด้วยสารละลายเบส ศึกษาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสารชีวโมเลกุล

โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการกลุ่ม กระบวนการคิด หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการสื่อสารการคิดแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต การใช้เทคโนโลยี ตลอดจนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ซื่อสัตย์สุจริตมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และเจคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม นำพาความรู้สู่มาตรฐานสากล

ผลการเรียนรู้

1. บอกความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับสารประกอบอนินทรีย์ได้

2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์จำนวนมากได้

3. เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม

4. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้

5. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้

6. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้

7. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้

8. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้

9. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ได้

10. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้

11. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้

12. บอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดได้

13. อธิบายการเกิดและองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ได้

14. อธิบายการใช้ประโยชน์จากถ่านหินและหินน้ำมันได้

15. อธิบายกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติ พร้อมทั้งยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้และการนำไปใช้ประโยชน์ได้

16. อธิบายความหมายของปิโตรเลียม เลขออกเทน เลขซีเทน ปิโตรเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต่อเนื่อง พอลิเมอร์

มอนอเมอร์ พลาสติก เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และ กระบวนการวัลคาไนเซชันได้

17. อธิบายการเกิดพอลิเมอร์และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ได้

18. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิดรวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้

19. อธิบายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ได้

20. อธิบายผลที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

21. บอกวิธีการนำผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ไปใช้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

22. อธิบายโครงสร้างของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิดและกรดนิวคลีอิกได้

23. บอกสมบัติและการทดสอบไขมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตได้

24. บอกประโยชน์ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิดและกรดนิวคลีอิกได้

หน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 5 ประกอบด้วย เคมีอินทรีย์ เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ และสารชีวโมเลกุล ดังตาราง 1

ตาราง 1 หน่วยการเรียนรู้รายวิชาเคมี 5

หน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
เคมีอินทรีย์ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ ไอโซเมอร์และหมู่ฟังก์ชัน แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ อะโรมาติก สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ	33
รวม	33

ตาราง 2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา หน่วยเคมีอินทรีย์ สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมง

ลำดับที่	เรื่อง	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์	สารประกอบคาร์บอน คือ สารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจน เป็นธาตุหลักและมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน ฟอสฟอรัส และแฮโลเจน	1. บอกความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับสารประกอบอนินทรีย์ได้	3

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	เรื่อง	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
		แต่ถ้าสารประกอบนั้นมีเฉพาะธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนเรียกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอาจเป็นพันธะเดี่ยวพันธะคู่ หรือพันธะสามก็ได้	2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์จำนวนมากได้	3
2	การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน คือ กลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น โครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แบ่งออกเป็นโซ่เปิด และแบบวง	3. เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม	3
3	ไอโซเมอร์และหมู่ฟังก์ชัน	ไอโซเมอร์เป็นสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน ซึ่งทำให้มีสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ต่างกัน และปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า ไอโซเมอริซึม	4. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้	3

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	เรื่อง	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
		หมู่ฟังก์ชัน (Functional group) คือ หมู่อะตอม หรือกลุ่มอะตอมของธาตุที่แสดงสมบัติเฉพาะของสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง เป็นตัวบอกสมบัติเฉพาะในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ สมบัติของการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์จะเป็นไปตามหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น	5. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 6. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	
4	แอลเคน	สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีชนิดของพันธะในโมเลกุลแตกต่างกัน จะมีสมบัติแตกต่างกันแอลเคนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว เนื่องจากในโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด แอลเคนที่มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นวงเรียกว่า ไซโคลแอลเคน	7. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	3

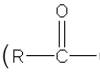
ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	เรื่อง	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
5	แอลคีน	แอลคีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมอย่างน้อย 1 พันธะ และนอกนั้นเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมดแอลคีนทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ทั้งในที่มือและที่สว่าง สามารถฟอกจางสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้ เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้เปลวไฟสว่าง แต่มีควัน และเขม่าเล็กน้อย	8. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้ 9. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ได้	3
6	แอลไคน์	แอลไคน์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทไม่อิ่มตัว มีคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะสาม จึงเกิดสมบัติการเติมได้ สมบัติทั่วไปส่วนใหญ่เหมือนแอลคีน สูตรทั่วไปคือ C_nH_{2n-2}	10. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้	3

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	เรื่อง	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
7	อะโรมาติก	อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเกิดจากคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 3 อะตอมขึ้นไป ต่อกันเป็นรูปเหลี่ยมต่าง ๆ ได้แก่สารเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม หกเหลี่ยม โมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนแบบวงที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมเป็นพันธะเดี่ยว จะมีสมบัติคล้ายแอลเคนถ้ามีพันธะคู่ปนอยู่จะมีสมบัติคล้ายแอลคีน ถ้ามีพันธะสามปนอยู่จะมีสมบัติคล้ายแอลไคน์	11. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ 12. บอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดได้	3
8	สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งแอลกอฮอล์และฟีนอลมีหมู่ไฮดรอกซิล (–OH) เป็นหมู่ฟังก์ชัน ส่วนอีเทอร์มีหมู่แอลคอกซี (–O–) เป็นหมู่ฟังก์ชัน และเป็นไอโซเมอร์กับแอลกอฮอล์และฟีนอล		6

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	เรื่อง	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
		แอลดีไฮด์ **(Aldehyde)** เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์ ( ) เป็นหมู่ฟังก์ชันโดยมีสูตรทั่วไปคือ หรือ R–COH เมื่อ R คือ H หรือหมู่แอลคิล คีโตน (Ketone) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอนิล () เป็นหมู่ฟังก์ชันโดยมีสูตรทั่วไปคือ หรือ R–CO–R’ เมื่อ R คือหมู่แอลคิล กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) เป็นกรดอินทรีย์ (Organic acid) มีสูตรโมเลกุลคือ $C_nH_{2n}O_2$ มีหมู่คาร์บอกซิล ( ) เป็นหมู่ฟังก์ชัน สูตรทั่วไปคือ หรือ R–COOH เมื่อ R อาจเป็น หมู่แอลคิล หรือหมู่แอริล เอสเทอร์ มีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ $C_nH_{2n}O_n$ มีหมู่แอลคอกซีคาร์บอนิล () เป็นหมู่ฟังก์ชัน	6. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ 8. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้ 9. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายน้ำ จุดหลอมเหลว และจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ได้	

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	เรื่อง	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
		สูตรทั่วไปคือ R–COOR' หรือ Ar–COOR	10. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้ 11. อธิบายกาเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ 12. บอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดได้	
9	สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ	เอมีน(Amine) คือ อนุพันธ์ของแอมโมเนียที่มีหมู่แอลคิลเข้าแทนที่ไฮโดรเจนในแอมโมเนีย เรียกหมู่ฟังก์ชันที่แอลคิลเข้าไปเกาะว่าหมู่อะมิโน ($-NH_2$) เอมีนมีสามชนิด คือ เอมีนปฐมภูมิ (Primary amine) เอมีนทุติยภูมิ (Secondary amine) เอมีนตติยภูมิ (Tertiary amine)		3
10	สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ	เอไมด์ (Amine) เป็นสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันสองหมู่ คือ หมู่เอมีน (–NH2) และหมู่คาร์บอนิล (–CO–) มีสูตรทั่วไปเป็น $R–CO–NH_2$		3

สรุปได้ว่าหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งสาระการเรียนรู้และการจัดเวลาเรียน สามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเองได้ เป็นหลักสูตรที่เน้นพัฒนาทุกคน ให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ และคุณธรรม

ตามลักษณะอันพึงประสงค์ มีสมรรถนะสำคัญ ได้แก่ ความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิดขั้นสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต สมรรถนะเหล่านี้สมารถนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี ทำให้เกิดเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เก่ง ดี มีสุขได้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรม มีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน เช่น ชุดการสอน ชุดการเรียนสำเร็จรูป ชุดการสอนรายบุคคล ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ชุดกิจกรรม ซึ่งเป็นชุดของสื่อประสมที่จัดทำขึ้นสำหรับหน่วยการเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้มีผู้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้แตกต่างกัน ดังนี้

สำเนียง พุทธา (2550, หน้า 27) ได้ให้ความหมายว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ครูสร้างขึ้นประกอบด้วย สื่ออุปกรณ์ และกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนใช้ศึกษาด้วยตนเอง โดยครูเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือชุดการเรียนรู้ หรือชุดกิจกรรมประกอบด้วย คำชี้แจง จุดประสงค์ เนื้อหา สื่อ การวัดผลและประเมินผล เพื่อให้ผู้ใช้ชุดกิจกรรมได้บรรลุเป้าหมายของการเรียนที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2551, หน้า 14–15) ให้ความหมายชุดกิจกรรมไว้ว่า ชุดกิจกรรมหรือชุดการสอนตรงกับภาษาอังกฤษว่า Instructional Package เป็นสื่อประสมประเภทหนึ่ง ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่องที่สอนแม้ชุดการเรียน การสอนจะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่สำหรับบางคน แต่นักการศึกษาไทยได้มีแนวคิดการทำชุดการเรียน

สมพร ผาเจริญ (2551, หน้า 29) กล่าวว่า ชุดกิจกรรม คือ ชุดการเรียนหรือชุดการสอน ที่หมายถึง สื่อการสอนที่ครูสร้างขึ้นประกอบไปด้วย สื่ออุปกรณ์ และกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีระบบ ทั้งด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ กิจกรรม สื่อและการใช้สื่อตลอดจนการวัดผลประเมินผล โดยจัดเอาไว้เป็นชุด ๆ บรรจุอยู่ในซองหรือกล่องเพื่อให้ผู้สอนใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

รัตนะ บัวสนธ์ (2552, หน้า 34) กล่าวว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทหนึ่ง ที่มีลักษณะสื่อประสม (Multimidia) ที่ประกอบด้วยสื่อ

ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปที่ใช้ร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในหน่วยการเรียนแต่ละหน่วย สื่อดังกล่าวนี้จะจัดไว้เป็นชุด ๆ บรรจุอยู่ในซองหรือกระเป๋า ชุดการสอนเป็นสื่อที่จัดทำขึ้นสำหรับครูใช้ประกอบการสอนและให้ผู้เรียนใช้ประกอบการเรียนเป็นรายบุคคลได้อีกด้วย

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2552ก, หน้า 51) กล่าวว่า เป็นสื่อการสอนชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสื่อประสม (Multi Media) เป็นการใช้สื่อตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปรวมกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้ความรู้ที่ต้องการ โดยอาจจัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนตามหัวข้อ เนื้อหา และประสบการณ์ ของแต่ละหน่วยที่ต้องการจะได้ผู้เรียนได้รับความรู้ อาจจัดเป็นชุดบรรจุในกล่อง ซองหรือกระเป๋า ชุดการสอนภาษาชุดประกอบด้วย เนื้อหาสาระ บัตรคำสั่ง ใบงานในการทำกิจกรรม วัสดุอุปกรณ์ เอกสารใบความรู้ เครื่องมือที่จำเป็นในการทำกิจกรรม รวมทั้งแบบวัดประเมินผลการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523, หน้า 119–120 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553, หน้า 435) กล่าวว่า ชุดการสอน เป็นกระบวนการสอนแบบโปรแกรมชนิดหนึ่ง อาศัยระบบสื่อประสมที่สอดคล้องกับเนื้อหา และประสบการณ์ของแต่ละหน่วยมาช่วยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ให้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพ

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2553,หน้า 14) กล่าวว่าชุดกิจกรรม เป็นนวัตกรรมที่ครูใช้ประกอบการสอน ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนใช้สื่อต่าง ๆ ในชุดกิจกรรมที่ผู้สอนสร้างขึ้น ประกอบด้วยคำแนะนำ ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีขั้นตอนที่เป็นระบบชัดเจน โดยผู้เรียนเป็นผู้ศึกษาชุดกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้ที่ให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำ ซึ่งในชุดประกอบไปด้วย สื่อ อุปกรณ์ กิจกรรมการเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล

จิราวรรณ กันติศาฤทธิ์ (2554, หน้า 63) กล่าวว่า เป็นสื่อการเรียนการสอน อย่างหนึ่งที่ผู้สอนผลิตขึ้นอย่างมีแบบแผน หรือเป็นขบวนการให้ความรู้อย่างมีระบบและแบบแผนให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ดูแลและอำนวยความสะดวก ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิด การแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบและมีส่วนร่วม ได้รับประสบการณ์ตรง ทำให้ผู้เรียนพัฒนาการเรียนรู้เต็มศักยภาพ

เมริกา ตรรกวาทการ (2556, หน้า 55) กล่าวว่า ชุดกิจกรรม คือ ชุดของ สื่อประสมที่มีการนำสื่อและกิจกรรมหลาย ๆ อย่างมาประกอบกันเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ การประเมินผลที่ชัดเจน มีแบบฝึก

ใบงาน หรือแบบทดสอบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูมีการเตรียมความพร้อมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ประสบความสำเร็จในการสอน และเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และมีความรับผิดชอบในการเรียนของตนเอง

เนตรพิศ คตจำปา (2557, หน้า 30) กล่าวว่า ชุดการสอนหรือชุดกิจกรรม คือ การนำเอาสื่อประสมที่มีการวางแผนการผลิตอย่างเป็นระบบ และมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับเนื้อหาวิชามาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย เพื่อถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์แก่นักเรียน ช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ณัฐธิดา อุทกัง (2558, หน้า 53) กล่าวว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง สื่อประสม (Multimidia) ที่ประกอบด้วยสื่อตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปที่ใช้ร่วมกัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วย

สุปราณี วังกานนท์ (2558, หน้า 8) กล่าวว่า ชุดกิจกรรม คือ นวัตกรรมการสอนของสื่อประสมที่ครูสร้างขึ้นเพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามความถนัดและความสนใจของตนเอง ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพ และผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมอันเนื่องมาจากประสบการณ์ หรือการฝึกหัด โดยให้สอดคล้องกับเนื้อหา จุดประสงค์ ซึ่งจัดไว้อย่างเป็นชุด ๆ เพื่อช่วยพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนและนำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นของผู้เรียนต่อไป

เขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม (2559, หน้า 29) กล่าวว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Activate Package) หมายถึง การนำระบบสื่อประสม (Multimedia) ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและประสบการณ์ของแต่ละหน่วย โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจน มีความสมบูรณ์ในตัวเอง มาช่วยในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยผู้สอนมีการเตรียมความพร้อมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการที่นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมหมายถึง สื่อการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น มีลักษณะเป็นสื่อ เพื่อใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน โดยจัดเนื้อหาและประสบการณ์ที่ต้องการสร้างเสริมและพัฒนาเป็นชุดชุด มีขั้นตอนให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ครูเป็นผู้ดูแล และอำนวยความสะดวก เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้เกิดการคิด การแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตามศักยภาพของผู้เรียน

2. แนวคิด หลักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

แนวคิดทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการพัฒนาชุดการสอน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอหลักการไว้ ดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523, หน้า 119–120 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553, หน้า 435–436) ได้เสนอแนวคิดที่จะนำมาสู่การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ประการ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล นักการศึกษาได้นำหลักจิตวิทยามาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงความต้องการ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งความแตกต่างระหว่างบุคคลมีหลายด้าน คือ ความสามารถ สติปัญญา ความต้องการ ความสนใจ ร่างกาย อารมณ์ สังคม เป็นต้น ในการจัดการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลนี้ วิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือการจัดการเรียนรายบุคคล หรือการสอนตามเอกัตภาพ การศึกษาโดยเสรี การศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งล้วนเป็นวิธีที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามสติปัญญา ความสามารถและความสนใจ โดยมีครูคอยแนะนำ ช่วยเหลือตามความเหมาะสม

แนวคิดที่ 2 ความพยายามที่จะเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนที่ยึด “ครู” เป็นแหล่งความรู้หลักมาเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียน เรียนด้วยการใช้แหล่งความรู้จากสื่อการเรียนการสอนจากแหล่งต่าง ๆ ซึ่งได้จัดให้ตรงกับเนื้อหาและประสบการณ์ตามหน่วยการสอนของวิชาต่าง ๆ การเรียนด้วยวิธีนี้ ครูจะถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เรียนเพียงหนึ่งในสามของเนื้อหาทั้งหมด ส่วนอีกสองส่วน ผู้เรียนจะศึกษาด้วยตนเองจากสิ่งที่ผู้สอนเตรียมไว้ในรูปของชุดการเรียนการสอน

แนวคิดที่ 3 การใช้โสตทัศนูปกรณ์ในรูปของการจัดระบบสื่อหลายอย่างมาบูรณาการให้เหมาะสม และใช้เป็นแหล่งความรู้สำหรับนักเรียนแทนที่ครูจะเป็นผู้ ถ่ายทอดความรู้ให้แก่นักเรียนตลอดเวลา แนวทางใหม่จึงเป็นการผลิตสื่อการเรียนการสอนแบบประสมให้เป็นชุดการสอน

แนวคิดที่ 4 ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับสภาพแวดล้อม ซึ่งเดิมนักเรียนเป็นฝ่ายรับรู้จากครูเท่านั้น นักเรียนจึงขาดทักษะการแสดงออกและการทำงานเป็นกลุ่ม แนวโน้มในอนาคตของการเรียนรู้จึงต้องมีการนำ

กระบวนการกลุ่มสัมพันธ์มาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งนำมาสู่การผลิตสื่อออกมาในรูปของชุดการสอน

แนวคิดที่ 5 การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้โดยนำหลักจิตวิทยาการเรียนรู้มาใช้โดยจัดสภาพการณ์ออกมาเป็นการสอนแบบโปรแกรม ซึ่งหมายถึง ระบบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้เรียนได้ทราบว่าการตัดสินใจหรือการกระทำของตนเอง ถูกหรือผิดอย่างไรผู้สอนมีการเสริมแรงที่ทำให้ผู้เรียนภาคภูมิใจที่ทำถูกอันจะก่อให้เกิดพฤติกรรมนั้นอีกในอนาคต และได้เรียนรู้ไปทีละขั้นตอนตามความสามารถและความสนใจของผู้เรียน

สุจริต เพียรชอบ และสายใจ อินทรัมพรรย์ (2546, หน้า 65-82 อ้างถึงใน จิราวรรณ กันติศาฤทธิ์, 2554, หน้า 66-67) ได้กล่าวถึง หลักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

1. กฎของธอร์นไดค์ เกี่ยวกับกฎของการฝึกหัด ซึ่งกล่าวว่าสิ่งใดก็ตามที่มีการฝึกหัดและทำบ่อย ๆ ย่อมทำให้ผู้ได้รับการฝึก มีความคล่องสามารถทำได้ในทางตรงกันข้าม สิ่งใดที่ไม่ได้รับการฝึกหัด หรือทอดทิ้งไปนานย่อมจะทำไม่ได้

2. ความแตกต่างระหว่างบุคคล ควรคำนึงถึงว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้ ความถนัด ความสามารถ ความสนใจแตกต่างกัน ฉะนั้นในการสร้างชุดฝึกจึงควรพิจารณาถึงความเหมาะสม คือไม่ง่ายและไม่ยากจนเกินไป ควรมีอะไรหลายแบบ

3. การจูงใจนักเรียน โดยการจัดชุดฝึกจากง่ายไปยาก เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน จะทำให้เกิดผลสำเร็จในการฝึก และช่วยยุให้ติดตามต่อไป

4. ใช้ชุดฝึกง่าย ๆ เพื่อไม่ให้เกิดความเบื่อหน่าย

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545, หน้า 92-94 อ้างถึงใน เนตรนพิศ คตจำปา, 2557, หน้า 33-34) ได้กล่าวถึงแนวคิดและหลักการในการนำเอาชุดกิจกรรมมาใช้ในระบบการศึกษา พอสรุปได้ 5 ประการ ดังนี้

1. การประยุกต์ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามระดับสติปัญญาความสามารถและความสนใจ โดยมีครูคอยแนะนำช่วยเหลือตามความเหมาะสม

2. เปลี่ยนแนวการสอนจากยึดครูเป็นหลัก เปลี่ยนมาเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเอง โดยการใช้แหล่งความรู้จากสื่อหรือวิธีการต่าง ๆ

3. มีการจัดระบบการใช้สื่อหลายอย่างมาผสมผสานกันให้เหมาะสม และใช้เป็นแหล่งความรู้สำหรับผู้เรียนแทนการใช้ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เรียนตลอดเวลา แนวโน้มใหม่จึงเป็นการผลิตสื่อการสอนแบบประสมให้เป็นชุดกิจกรรมเพื่อเปลี่ยนจากครูสอนมาเป็นเพื่อช่วยผู้เรียน

4. สร้างสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับสภาพแวดล้อม แนวโน้มในปัจจุบันและอนาคตของกระบวนการเรียนรู้จึงต้องนำเอากระบวนการกลุ่มสัมพันธ์มาใช้ในการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประกอบกิจกรรมร่วมกัน ทฤษฎีกระบวนการกลุ่มจึงเป็นแนวคิดทางพฤติกรรมศาสตร์ ซึ่งนำมาสู่การจัดระบบการผลิตสื่อออกมาในรูปของชุดกิจกรรม

5. จัดระเบียบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมกันในกิจกรรมการเรียนด้วยตนเอง ทราบผลการตัดสินหรือการทำงานของตนถูกหรือผิดอย่างไร มีการเสริมแรงบวกที่ให้ผู้เรียนภาคภูมิใจ อันจะทำให้กระทำพฤติกรรมนั้นซ้ำอีกในอนาคต และให้ค่อยเรียนรู้ไปทีละขั้นตอนตามความสามารถและความสนใจของผู้เรียน

ทิศนา แขมมณี (2551, หน้า 51 อ้างถึงใน สมปรารถนา ทองนาค, 2558, หน้า 21) กล่าวไว้ว่าต้องยึดหลักทฤษฎีการเรียนรู้ทางจิตวิทยา โดยให้รายละเอียดไว้ดังนี้

1. กฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ เกี่ยวกับกฎแห่งการฝึกหัด คือสิ่งใดก็ตามที่มีการฝึกหัดหรือกระทำบ่อย ๆ ย่อมทำให้ผู้ฝึกมีความคล่องแคล่วและสามารถทำได้ดีในทางตรงกันข้าม สิ่งใดก็ตามที่ไม่ได้รับการฝึกหัดหรือทอดทิ้งไปนานแล้วย่อมจะทำได้ไม่ดี

2. ความแตกต่างระหว่างบุคคล ควรคำนึงถึงว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้ ความถนัดความสามารถและความสนใจต่างกัน ฉะนั้นในการสร้างแบบฝึกจึงควรพิจารณาถึงความเหมาะสมคือ ไม่ยาก ไม่ง่ายจนเกินไป และควรมีหลาย ๆ แบบ

3. การจูงใจนักเรียน โดยการจัดแบบฝึกจากง่ายไปหายาก เพื่อเป็นการดึงดูด ความสนใจของนักเรียน ซึ่งจะทำให้เกิดผลสำเร็จในการฝึก และช่วยยั่วยุให้ติดตามต่อไป

4. ใช้แบบฝึกสั้น ๆ เพื่อไม่เกิดความเบื่ออหน่าย การพัฒนาชุดกิจกรรมเป็นงานที่ละเอียดต้องอาศัยความรอบคอบ ความเข้าใจ เพื่อให้ได้ชุดกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการเรียนการสอนอย่างสมบูรณ์

3. ประเภทชุดกิจกรรม

ประเภทชุดกิจกรรมที่ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการสอน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอประเภทชุดกิจกรรมไว้ ดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523, หน้า 118 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธิพานนท์, 2553, หน้า 15) ได้แบ่งประเภทของชุดกิจกรรมไว้ 4 ประเภทคือ

1. ชุดกิจกรรมประกอบคำบรรยาย เป็นชุดการสอนที่มุ่งขยายเนื้อหาสาระการสอนแบบบรรยายให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้สอนให้น้อยลงและใช้สื่อการสอนทำหน้าที่แทน

2. ชุดกิจกรรมแบบกลุ่มกิจกรรม เป็นชุดการสอนที่มุ่งให้นักเรียนได้ประกอบกิจกรรมกลุ่ม เช่น การสอนแบบศูนย์การเรียนกลุ่มสัมพันธ์ เป็นต้น

3. ชุดกิจกรรมตามเอกัตภาพ หรือชุดการสอนเป็นรายบุคคลเป็นชุดการสอนที่มุ่งให้นักเรียน สามารถศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล อาจเป็นการเรียนในโรงเรียนหรือบ้านก็ได้ เพื่อให้ผู้เรียนก้าวหน้าตามความสามารถความสนใจและความพร้อมของผู้เรียน

4. ชุดกิจกรรมทางไกล เป็นชุดการสอนที่ผู้สอน กับผู้เรียนอยู่ต่างถิ่นต่างเวลา มุ่งสอนให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองโดยไม่ต้องเข้าเรียน

ระพินทร์ โพธิ์ศรี (2549, หน้า 80–84) ได้แบ่งประเภทของกิจกรรมได้ดังนี้

1. ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self study Package) คือ ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้น โดยมี จุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนนำไปศึกษาด้วยตนเอง โดยไม่มีครูเป็นผู้สอน เช่น บทเรียนสำเร็จรูปชุดการเรียน แบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือชุดการเรียนผ่านเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ

2. ชุดการเรียนการสอน คือ ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้น โดยมีครูเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ เช่น ชุดฝึกอบรมหรือชุดการสอนต่าง ๆ จากประเภทของชุด

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2552ก, หน้า 52–53) ได้แบ่งประเภทของชุดกิจกรรมไว้ 3 ประเภทคือ

1. ชุดกิจกรรมประกอบการบรรยายของครู เป็นชุดกิจกรรมสำหรับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ หรือเป็นการสอนที่มุ่งเน้นการปูพื้นฐาน ให้ทุกคนรับรู้และเข้าใจในเวลาเดียวกัน มุ่งบรรยายเนื้อหาสาระให้ชัดเจน ยิงปืนชุดกิจกรรมแบบนี้ลดเวลาในการอธิบายของผู้สอนให้พูดน้อยลง เพิ่มเวลาให้ผู้เรียนปฏิบัติได้มากขึ้นโดยใช้สื่อ ที่มีอยู่พร้อมในชุดการสอนในการนำเสนอเนื้อหาต่าง ๆ สิ่งสำคัญคือสื่อที่นำมาใช้จะต้องให้ผู้เรียนได้เห็นชัดเจนทุกคน และมีโอกาสได้ใช้ครบทุกคน

2. ชุดกิจกรรมสำหรับการเรียนเป็นกลุ่มย่อย แผนที่กิจกรรมสำหรับให้ผู้เรียนเรียนร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย ประมาณกลุ่มละ 4–8 คน โดยใช้สื่อการสอนต่าง ๆ ที่บันทึกไว้ในชุดกิจกรรมแต่ละชุด มุ่งที่จะฝึกทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียน โดยให้ผู้เรียนมีโอกาสทำงานร่วมกัน ชุดกิจกรรมนี้มักใช้ในการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม

3. ชุดกิจกรรมรายบุคคลหรือกิจกรรมตามเอกัตภาพ เป็นชุดกิจกรรมการสอนสำหรับเรียนด้วยตนเอง เป็นรายบุคคล คือผู้เรียนจะต้องศึกษาหาความรู้ตามความต้องการและความสนใจของตนเอง อาจจะเรียนที่โรงเรียนหรือที่บ้านก็ได้จุดประสงค์หลักคือมุ่งให้ทำความเข้าใจกับเนื้อหาวิชาเพิ่มเติม ผู้เรียนสามารถประเมินผลการเรียนด้วยตนเอง

จากประเภทของชุดกิจกรรมการเรียนที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมการเรียน สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ ชุดกิจกรรมที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองและชุดกิจกรรมที่ครูเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียนและแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ ชุดกิจกรรมประกอบคำบรรยาย ชุดกิจกรรมแบบกลุ่มและชุดกิจกรรมรายบุคคล

4. รูปแบบและส่วนประกอบของชุดกิจกรรม

รูปแบบและส่วนประกอบของชุดกิจกรรมที่ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการสอน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอไว้ ดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2551 อ้างถึงใน ศักดา พิมพ์แก้ว, 2552, หน้า 10–11) ได้กล่าวไว้ว่า ชุดกิจกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 7 อย่าง คือ

1. เนื้อหาหรือมโนทัศน์ที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา (Concept Focus) ชุดกิจกรรม ชุดหนึ่งควรจะเน้นให้นักเรียนศึกษาเพียงมโนทัศน์หลักเรื่องเดียว

2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behaviorally Stated Objective) เป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่จะทาให้ชุดกิจกรรมนั้นประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว เป็นข้อความระบุถึงพฤติกรรมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหลังจากการเรียนรู้ ควรระบุชัดเจนให้นักเรียนเข้าใจอย่างแจ่มแจ้งเพราะวัตถุประสงค์นี้เป็นแนวทางในการทำกิจกรรมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

3. มีกิจกรรมให้เลือกหลาย ๆ อย่าง (Multiple active Methodologies) คือ รายละเอียดของกิจกรรมที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ เช่น ทำงานกลุ่ม ทำการทดลอง หรือใช้สื่อการเรียนชนิดต่าง ๆ การที่มีกิจกรรมให้นักเรียนเลือกปฏิบัติหลาย ๆ อย่าง มาจากความเชื่อที่ว่าไม่มีวิธีใดวิธีหนึ่งจะเหมาะที่สุดกับนักเรียน

4. วัสดุประกอบการเรียน (Diversified Learning Resources) จากกิจกรรมให้เลือกหลายทางนั้นจำเป็นต้องมีวัสดุประกอบการเรียนหลาย ๆ อย่าง เช่น แผนภูมิรูปภาพ หุ่นจำลอง เทปบันทึกเสียง เป็นต้น วัสดุหรือสื่อการเรียนเป็นแหล่งที่จะช่วยให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์และเกิดการเรียนรู้ในมโนทัศน์ที่กำหนด

5. แบบทดสอบ (Evaluation Instrument) ในการประเมินผลดูว่านักเรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้จากการสอนมากน้อยเพียงใด แบบทดสอบที่ใช้อาจใช้ใน 3 ลักษณะ

5.1 แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–Test)

5.2 แบบทดสอบตนเอง (Self–Test)

5.3 แบบทดสอบหลังเรียน (Post–Test)

6. กิจกรรมสำรองหรือกิจกรรมเพิ่มเติม (Breadth and Depth Activities) หลังจากที่เรียนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว อาจทำกิจกรรมที่เสนอแนะเพิ่มเติมตามความสนใจ

7. คำชี้แจงวิธีใช้ชุดกิจกรรม (Instruction) เนื่องจากชุดกิจกรรมที่ผลิตขึ้นเพื่อให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง คำชี้แจงวิธีใช้ชุดกิจกรรมจึงจำเป็นต้องบอกรายละเอียดของวิธีการใช้ชุดกิจกรรมทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจและเรียนได้ด้วยตนเอง

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2553, หน้า 18–19) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดกิจกรรม ได้แก่

1. คำชี้แจงในการใช้ชุดกิจกรรม เป็นคำชี้แจงให้ผู้เรียนทราบจุดประสงค์ของการเรียนการสอน และส่วนประกอบของชุดกิจกรรม เช่นประกอบด้วย

บัตรคำสั่ง บัตรปฏิบัติการ บัตรเนื้อหา บัตรฝึกหัด และบัตรเฉลย แบบทดสอบและบัตรเฉลยแบบทดสอบ

2. บัตรคำสั่ง เป็นการชี้แจงรายละเอียดของการศึกษาชุดกิจกรรมงานว่าต้องปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างไร

3. บัตรกิจกรรมหรือบัตรปฏิบัติการ บางชุดกิจกรรมอาจออกแบบให้มีบัตรกิจกรรม หรือบัตรปฏิบัติการ ซึ่งเป็นบัตรที่บอกให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ

4. บัตรเนื้อหาเป็นบัตรที่บอกเนื้อหาที่ให้ผู้เรียนศึกษา สิ่งที่ควรมีในบัตรเนื้อหาคือ หัวเรื่อง สูตร นิยาม คำอธิบาย

5. บัตรแบบฝึกหัดหรือบัตรงาน เป็นแบบฝึกหัดที่ให้ผู้เรียนทำหลังจากได้ทำกิจกรรมและศึกษาเนื้อหาจนเข้าใจแล้ว

6. บัตรเฉลยบัตรแบบฝึกหัด เมื่อผู้เรียนทำบัตรแบบฝึกหัดเสร็จแล้วสามารถตรวจสอบความถูกต้องจากบัตรเฉลยบัตรแบบฝึกหัด

7. บัตรทดสอบ เมื่อผู้เรียนได้ทำบัตรแบบฝึกหัดเสร็จ แล้วผู้เรียนจะมีความรู้ในหัวข้อที่เรียนนั้น ๆ ต่อจากนั้นจึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ

8. บัตรเฉลยแบบทดสอบ เป็นบัตรที่มีคำเฉลยของแบบทดสอบที่ผู้เรียนได้ทำไปแล้วเป็นการตรวจสอบหรือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในการศึกษาชุดกิจกรรมนั้น

Houston; other (1973 อ้างถึงใน นิติกาญจน์ ไกรสิทธิพัฒน์, 2553, หน้า 13) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดการเรียนไว้ ดังนี้

1. คำชี้แจง (Prospectus) ในส่วนนี้ จะอธิบายถึงความสำคัญของจุดมุ่งหมายขอบข่ายชุดการเรียนการสอน สิ่งที่นักเรียนจะต้องมีความรู้ก่อนเรียนและขอบข่ายของกระบวนการทั้งหมดในชุดการเรียน

2. จุดมุ่งหมาย (Objectives) คือ ข้อความที่แจ่มชัดไม่กำกวมที่กำหนดว่า ผู้เรียนจะประสบความสำเร็จอะไรหลังจากเรียนแล้ว

3. การประเมินผลเบื้องต้น (Pre-assessment) มีจุดประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนอยู่ในขั้นการเรียนจากชุดการเรียนการสอนนั้น และเพื่อดูว่าเขาได้สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์เพียงใด การประเมินเบื้องต้นนี้อาจจะอยู่ในรูปของการทดสอบแบบข้อเขียน ปากเปล่า การทางาน ปฏิกิริยาตอบสนองต่อคาถามง่าย ๆ เพื่อให้รู้ถึงความต้องการและความสนใจ

4. การกำหนดกิจกรรม (Enabling Actives) คือ การกำหนดแนวทางและวิธีเพื่อนาไปสู่จุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้นด้วย

5. การประเมินขั้นสุดท้าย (Post-assessment) เป็นข้อสอบเพื่อวัดผลการเรียนหลังจากที่เรียนแล้ว

สรุปได้ว่า จากการที่มีนักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของชุดการสอนหรือชุดกิจกรรมไว้หลากหลายรูปแบบ ผู้รายงานจึงกำหนดองค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สำคัญ ได้แก่ ชื่อชุดกิจกรรม คำนำ สารบัญ คำชี้แจงสำหรับครูและนักเรียน มาตรฐานตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ แบบทดสอบความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน ใบความรู้ ใบงาน เกณฑ์การให้คะแนน บรรณานุกรม ภาคผนวก เฉลยแนวคำตอบ

5. ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม

ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมที่ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการสอน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอไว้ ดังนี้

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554, หน้า 438-439) กล่าวว่า ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม มีดังนี้

1. กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ โดยกำหนดเป็นหมวดหมู่วิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการตามความเหมาะสม

2. กำหนดหน่วยการสอนโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยที่ครูสามารถถ่ายทอดให้นักเรียนแต่ละครั้ง

3. กำหนดหัวเรื่องผู้สอนจะต้องกำหนดว่าในการสอนแต่ละหน่วยควรให้ประสบการณ์อะไรแก่ผู้เรียนบ้าง

4. กำหนดมโนทัศน์และหลักการ ซึ่งจะสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง

5. กำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับหัวเรื่อง

6. กำหนดกิจกรรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งเป็นแนวทางการเลือกและการผลิตสื่อการเรียน

7. กำหนดแบบวัดและประเมินผล โดยจะต้องประเมินผลให้ตรงกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

8. เลือกและผลิตสื่อการเรียน วัสดุ อุปกรณ์

9. หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เพื่อเป็นการประกันว่าชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ล่วงหน้าโดยคำนึงถึงหลักการที่ว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการ เพื่อช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผลตามวัตถุประสงค์

10. การใช้ชุดกิจกรรม ชุดกิจกรรมที่ได้ปรับปรุงแล้วและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้สามารถนำไปสอนผู้เรียนได้ โดยกำหนดขั้นตอนการใช้คือ ขั้นทดสอบความรู้เดิม ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นดำเนินการจัดกิจกรรม ขั้นสรุปบทเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2552ก, หน้า 53–54) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างชุดกิจกรรมไว้ 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดเรื่องเพื่อทำชุดกิจกรรม อาจกำหนดตามเรื่องในหลักสูตรหรือกำหนดเรื่องขึ้นใหม่ก็ได้

2. กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบ

3. การณ์อาจกำหนดเป็นวิชาหรือบูรณาการได้ตามความเหมาะสม

4. กำหนดหัวเรื่องจัดแบ่งหน่วยการสอนเป็นหน่วยข้อย่อย ๆ เพื่อสะดวกแก่การเรียนรู้แต่ละหน่วย ควรประกอบด้วยหัวข้อย่อย หรือประสบการณ์ประมาณ 4–6 หัวข้อ

5. กำหนดความคิดรวบยอดหรือหลักการต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าจะให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดหรือสามารถสรุปหลักการแนวคิดอะไร

6. กำหนดจุดประสงค์การสอน หมายถึง จุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมรวมทั้งกำหนดเกณฑ์การตัดสินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ไว้ให้ชัดเจน

7. กำหนดกิจกรรมการเรียนต้องกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งเป็นแนวทางเลือกและผลิตสื่อการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน

8. กำหนดแบบประเมิน ต้องออกแบบประเมินผลให้ตรงกับวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม โดยใช้การสอนแบบอิงเกณฑ์ เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังจากผ่านกิจกรรมการเรียนแล้ว ผู้เรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้มากน้อยเพียงใด

9. เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์และวิธีการที่ผู้สอนใช้ถือว่าเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตแล้วควรจัดแยกเป็นหมวดหมู่ในกล่อง แซมมี่เตรียมไว้ก่อนนำไปหาประสิทธิภาพด้วยหาความตรง ความเที่ยงก่อนนำไปใช้

10. สร้างข้อทดสอบก่อนและหลังเรียนพร้อมทั้งเฉลยการสร้างข้อสอบเพื่อทดสอบก่อนและหลังเรียน ควรสร้างให้ครอบคลุมเนื้อหาและกิจกรรมที่กำหนดโดยพิจารณาจากจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นสำคัญ เมื่อสร้างเสร็จแล้วควรทำเฉลยไว้ให้พร้อมก่อนส่งไปหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

อรอนงค์ ฟ้าคะนอง (2548 อ้างถึงใน อัฐวุฒิ คำแสน, 2554, หน้า 7–8) ได้สรุปขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ชื่อชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์
2. กำหนดความคิดรวบยอดและหลักการ
3. กำหนดวัตถุประสงค์
4. กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน
5. กำหนดแบบประเมินผล
6. เลือกและผลิตสื่อการสอน
7. หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์
8. นำชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ในการผลิตชุดกิจกรรมนั้นควรมีการวางแผนกำหนดเนื้อหาจุดมุ่งหมาย กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียน เวลาที่ใช้ทำกิจกรรม การวัดและการประเมินผล แล้วทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพ เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องแล้วจึงนำชุดกิจกรรมนั้นไปใช้จริงต่อไปในการวิจัยนี้ผู้วิจัยสร้างชุดกิจกรรมตามแนวคิดของชัยยงค์ พรหมวงค์

6. ประโยชน์ของชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรมที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ได้มีนักการศึกษาหลายท่าน กล่าวถึงประโยชน์ของชุดกิจกรรม ดังนี้

ศิรินภา อิฐสุวรรณศิลป์ (2548 อ้างถึงใน เครือวัลย์ แสงโสดา, 2556, หน้า 36) สรุปประโยชน์ ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้กระจ่างยิ่งขึ้น

2. ช่วยลดภาระผู้สอน เพราะมีการจัดเตรียมลำดับขั้นตอนเรียบร้อยแล้ว

3. ช่วยในการสอนนักเรียนที่มีความสามารถหรือสนใจแตกต่างกัน

4. ช่วยรักษามาตรฐานการเรียนรู้ เพราะผู้ที่เรียนจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะได้รับ ความรู้ในมาตรฐานเดียวกัน

5. มีการวัดและการประเมินผลความก้าวหน้าของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอสร้าง ทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้แก่นักเรียน

6. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกฝนการตัดสินใจและแสวงหา ความรู้ด้วยตนเอง

7. มีความรับผิดชอบต่อตนเอง และสังคม

8. ใช้ได้กับทุกระดับการศึกษา

9. เร้าความสนใจของนักเรียนได้มากจากสื่อที่หลากหลาย

ธงชัย ต้นทัพไทย (2548 อ้างถึงใน พฤทธิ มาเนตร, 2553, หน้า 19) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของ ชุดกิจกรรมไว้ว่าเป็นสื่อการสอนที่มีคุณภาพ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้สอน และส่งเสริมพัฒนาให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีโอกาสฝึกปฏิบัติและแสดงความคิดอย่างสร้างสรรค์ทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ตามศักยภาพ ของแต่ละบุคคลได้ อย่างเต็มความสามารถ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะสมบูรณ์ทั้งด้านความรู้ เป็นคนดีและมีความสุข เสริมสร้างมนุษยสัมพันธ์แบบกัลยาณมิตรกับผู้อื่นจากการศึกษาประโยชน์ของชุดกิจกรรม

นิธิวดี เพียรรักกิจการค้า (2554, หน้า 31) ได้สรุปว่า ประโยชน์ของชุดกิจกรรมมี ดังนี้

1. ช่วยให้เกิดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ

2. นักเรียนสามารถค้นคว้าด้วยตนเอง

3. นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

4. นักเรียนได้ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม

5. ทำให้นักเรียนไม่เบื่อหน่ายในการเรียน

6. ช่วยลดภาระงานของครูผู้สอน

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2553, หน้า 21–22) กล่าวถึงคุณค่าและประโยชน์ของชุดกิจกรรม ซึ่งสรุปได้ว่า

1. ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการศึกษาหาความรู้ในการเรียนการสอน ด้วยตนเองเป็นการฝึกทักษะในการแสวงหาความรู้ทักษะการอ่าน และสรุปความรู้อย่างเป็นระบบ

2. การทำแบบฝึกหัด แบบฝึกทักษะการเรียนรู้ แบบฝึกทักษะการคิดท้ายชุดการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนรู้จักคิดเป็นแก้ปัญหาเป็น

3. ผู้เรียนมีวินัยในตนเอง จากการที่ผู้เรียนทำตามคำสั่งในขั้นตอนต่าง ๆ ที่กำหนดให้ในชุดกิจกรรม การตรวจแบบฝึกหัด แบบฝึกทักษะการเรียนรู้ หรือใบงานด้วยตนเองนั้น ทำให้ผู้เรียนรู้จักฝึกตนเองตามกติกา

4. ผู้เรียนรู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น รับฟังความคิดเห็นของกันและกัน

5. การใช้ชุดกิจกรรม ร้านสามารถศึกษานอกเวลาเรียนได้

สรุปได้ว่า คุณค่าและประโยชน์ของชุดกิจกรรม นอกจากจะใช้สอนได้ตรงตามเนื้อหาวิชา และจุดประสงค์ของหลักสูตรแล้ว ยังจะสามารถช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว การฝึกทักษะในการแสวงหาความรู้ ทำไมผู้เรียนรู้จักคิด เป็นแก้ปัญหาเป็น ปัญหาในการเรียนและยังช่วยแก้ปัญหาในการเรียน การสอน อันเนื่องมาจากครูและความสามารถของนักเรียนแต่ละคน และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนให้มีมาตรฐานเดียวกัน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)

1. ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ได้มีนักการศึกษาหลายท่าน กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของ STEM Education ดังนี้

สุรยศ ทรัพย์ประกอบ และคณะ (2556) กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของ STEM Education ว่า จุดเริ่มต้นของ “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) เริ่มต้นเมื่อปี ค.ศ. 1980 โดยประเทศสหรัฐอเมริกามีความต้องการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ โดยการพัฒนานักเรียนให้มีความเข้มแข็งในวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาและคณิตศาสตร์ สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (America Association for the Advancement of science: AAAS) ได้สร้าง

โปรเจค 2061 ขึ้นมาในปี ค.ศ. 1985 เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนอเมริกันเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโยลี ต่อมาในปี ค.ศ. 1989 ได้จัดพิมพ์หนังชื่อ วิทยาศาสตร์เพื่อพลเมืองอเมริกัน (Science for All Americans) ขึ้นมาเพื่อส่งเสริมการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ จนกระทั่งต้นปี ค.ศ. 1990 หน่วยงานต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกาทั้งสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Teacher Association: NSTA) คณะกรรมการครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (Council National of Teacher of Mathematics) นักเรียน นักวิจัย เจ้าของธุรกิจ และอาจารย์ในมหาวิทยาลัย ต่างเรียกร้องให้มีนวัตกรรมการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งในยุคนั้นสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation: NSF) ได้กำเนิดคำว่า SMET Education จนกระทั่งปี ค.ศ. 2001 Judith A. Ramaley ผู้บรหารของ NSF ได้เปลี่ยนจากคำว่า SMET Education เป็นคำว่า STEM Education ซึ่งหมายถึงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีการบูรณาการคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเข้าไว้เป็นหนึ่งศาสตร์การเรียนรู้

Breiner, et. al. (2012) กล่าวว่า จากผลการสอบ PISA และ TIMSS ของประเทศสหรัฐอเมริกา แสดงให้เห็นถึงการถดถอยทางด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ล้าหลังประเทศอื่นในด้านความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมทั้งปัญหาขาดความสนใจในสาขาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนขาดความสนใจที่จะเข้าศึกษาต่อและประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีจำนวนลดน้อยลง จึงทำให้เกิดแรงผลักดันให้เกิดการเรียนรู้ตามแนวทางของ STEM ขึ้น โดยรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการพัฒนาการศึกษาตามแนวทาง STEM ซึ่งมุ่งผลให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงวิชา (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมให้สอดคล้องกับสถานการณ์ของปัจจุบัน และให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในวิทยาศาสตร์และอยากประกอบอาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM มากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปสู่การแข่งขันในระดับโลกแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian (2013) กล่าวว่า ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

รวมทั้งเมื่อสำเร็จการศึกษา ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในประเทศสหรัฐอเมริกา ดังนั้น รัฐบาลจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ว่า ต้องพัฒนาให้ ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์

National Research Council (NRC, 2012) กล่าวว่า ประเทศสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติ หันมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน หลักสูตรจึงมีการแทรกเนื้อหา/แนวคิด (concepts) ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าไว้ด้วยกัน

2. ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

แม้ว่าความหมายของคำว่า สะเต็มศึกษา หรือการจัดการเรียนรู้ตามแนว STEM จะยังไม่มีใครให้นิยามหรือความหมายที่ชัดเจนได้ (Breiner et al., 2012) แต่จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีผู้ให้นิยมของคำว่า STEM Education ไว้ดังนี้

เขมวดี พงศานนท์ (2557 อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 202) อธิบายความหมายแต่ละส่วนไว้ ดังนี้

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy)หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาระวิชา และมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์

การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความเข้าใจและความสามารถในการใช้งานจัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างคำอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจ

การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจในการพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรม และความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ได้กล่าวว่า STEM Education คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (E) และวิชาคณิตศาสตร์ (M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ที่เน้นการบูรณาการการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง

อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ (2556) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่าเป็นบูรณาการ 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โยทั้งที่ 4 วิชามีความสำคัญเท่ากัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้เพื่อแก้ปัญหา ค้นคว้า สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

Breiner et al. (2012) ได้ให้ความหมายว่าสะเต็มศึกษาว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อันได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ ให้รวมเป็นหนึ่งเดียว

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian (2013 อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 202) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิด การรู้เรื่องทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำเนื้อหาความรู้และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหา อย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

Roberts (2013 อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 202) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียวการหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design–Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving)

การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies) ฉะนั้น Robert จึงมองว่า สะเต็มศึกษา อาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2)การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem–Based Learning)

ดังนั้น จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงขอสรุปความหมายของสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาระหว่างสาขาทั้งสี่ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำความรู้ของแต่ละวิชามาผสมผสานกันให้เป็นหนึ่งเดียว เพื่อให้ผู้เรียนเห็นถึงความสัมพันธ์และความสำคัญของวิชาทั้งสี่ และเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้เพื่อแก้ปัญหาค้นคว้าสร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกแห่งความเป็นจริง

3. แนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

STEM Education เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้ ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมที่ใช้ในการพัฒนาชุดกิจกรรมการสอน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอไว้ ดังนี้

เขมวดี พงศานนท์ (2557 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 202) ได้อธิบาย ความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education) แต่ละส่วนไว้ ดังนี้

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาระวิชา และมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์

การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความเข้าใจและความสามารถในการใช้งานจัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการ วิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อ

สร้างคำอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์ และสามารถใช้ คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจ

การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจในการพัฒนา หรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรม และความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 50) ได้สรุปแนวคิดและลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) โดยนำจุดเด่นของ ธรรมชาติและวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาบูรณาการกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เป็นวิชาที่เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติโดยนักการศึกษา มักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาหรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่ในการสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษา จะทำให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยให้นักเรียน นักศึกษาใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยในการพัฒนา ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ยาก แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็ก อนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ คือ กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก จัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ และเกี่ยวกับภาษาทางคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า เป็นต้น และการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทาง การศึกษาให้แต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษามาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษา ในการสอนได้เร็วเท่าใดจะยิ่งช่วยเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำสะเต็มศึกษา ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1 ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

3.2 ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

3.3 ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556, หน้า 16) ได้สรุปลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

สะเต็มศึกษาเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียน

รู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา และสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ดังนั้น สะเต็มศึกษา จึงมักเน้นการทำโครงการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ โดยวิธีบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ก่อให้เกิดเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์ ส่วนวิศวกรรมในสะเต็มศึกษาระดับโรงเรียน หมายถึง การสร้าง การดัดแปลง การทำต้นแบบ รวมถึงการออกแบบกระบวนการผลิตหรือการบริการ โดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ไม่ได้จำกัดเฉพาะวิศวกรรมสาขาที่เรียนในคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในสถาบันอุดมศึกษาเท่านั้น

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556, หน้า 35–37) ได้สรุปลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

สะเต็มศึกษา หรือ STEM Education เป็นคำย่อมาจาก วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) อย่างไรก็ตามเมื่อกล่าวถึงคำว่า สะเต็ม จะพบว่านักการศึกษามีความเข้าใจที่แตกต่างกันออกไป ค่อนข้างหลากหลาย โดยเฉพาะคำว่าเทคโนโลยี และวิศวกรรม (Technology and Engineering) จึงได้สรุปความหมายและแนวทางในการใช้คำว่าวิศวกรรมศาสตร์สำหรับระดับการศึกษา ขั้นพื้นฐานที่ปรากฏในประเทศสหรัฐอเมริกาไว้ดังนี้

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ในที่นี้จะมีความหมายเกี่ยวกับการออกแบบ (design) วางแผน (planning) การแก้ปัญหา (problem solving) การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (constraints and criteria) ที่กำหนด โดยส่วนมากเรามักจะพูดถึงการออกแบบว่ากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งจะเห็นได้ว่า วิศวกรรมในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่กล่าวถึงนั้นไม่ได้มีความหมายลุ่มลึกจนทำให้ยากต่อการปฏิบัติในระดับชั้นเรียนแต่อย่างใด หากแต่เป็นการนำเอาองค์ความรู้โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ ผลงานและเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริงเท่านั้นซึ่งถือได้ว่าเป็นคำใหม่ที่ปรากฏในการศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน ดังนั้นจึงนำเสนอความหมายของเทคโนโลยีและวิศวกรรมตามที่ใช้กันทั้งใน ประเทศต้นตำหรับอย่างสหรัฐอเมริกาหรือแม้กระทั่งสิ่งที่เคยเป็นอยู่ในประเทศไทย

กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้เป็นเพียงกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนรู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มา ซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกรที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข การคิดค้น หาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการนี้จะคล้ายกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีปัญหาหรือข้อสงสัย การตั้งสมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการลงข้อสรุป โดยจุดต่างที่สำคัญของระหว่างกระบวนการทาง วิศวกรรมและกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ คือ การออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลาย แล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจมิใช่แนวทางที่ถูกต้องที่สุด ("optimum rather than "right") ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการทางวิศวกรรม นอกจากนั้น กระบวนการทางวิศวกรรมเน้นที่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานออกมา ในขณะที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มักมุ่งไปที่การได้มาซึ่งคำตอบของข้อสงสัยหรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น

อย่างไรก็ตาม กระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) ยังคงต้องใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เช่นเดิม เพียงแต่การเรียนการสอน ในชั้นเรียนควรให้มีการลงมือปฏิบัติด้วยการสร้างสรรค์ชิ้นงานซึ่งอาจเป็นลักษณะของโครงงาน (project–based learning) การใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) ให้มากขึ้นและเน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง จะทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีและสามารถ นำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ

เทคโนโลยี (Technology) ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา การศึกษาด้านเทคโนโลยี ในประเทศสหรัฐอเมริกานั้นมีการจัดการเรียนรู้วิชาเทคโนโลยีศึกษาหรือ Technology Education ซึ่งเป็นวิชาที่เกี่ยวกับการเข้าใจเทคโนโลยีโดยกว้าง (technology literacy) มุ่งเน้นให้รู้จักการสร้างสรรค์และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Systems thinking) ซึ่งโดยรวมแล้วจะเป็นการรวม แนวคิดของเทคโนโลยีโดยทั่วไปกับการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าด้วยกัน ในขณะที่การศึกษาด้านวิศวกรรมนั้นจะปรากฏในระดับมหาวิทยาลัยมากกว่า ส่วนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานก็มีอยู่บ้าง โดยอาจใช้ชื่อเรียกต่างกันไป และขึ้นอยู่กับความพร้อมของแต่ละสถานศึกษาแต่ไม่ได้เป็นมาตรฐาน หรือกรอบหลักสูตรที่ชัดเจน จะถูกรวมไว้ในวิชาเทคโนโลยีศึกษามากกว่าและปรากฏบ้างในบางโครงการพิเศษ เช่น Engineering By Design (EDb), Innovation invention and inquiry (I^3)

ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Project Lead the Way หรือบางแห่งอาจใช้โปรแกรมที่เรียกว่า Engineering is Elementary (EIE)

การศึกษาเทคโนโลยีในประเทศไทย ความหมายเทคโนโลยีตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาออกแบบและเทคโนโลยี เทคโนโลยี หมายถึง การนำความรู้ ทักษะและทรัพยากรมาสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการโดยผ่านกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาสนองความต้องการหรือเพิ่มความสามารถ ในการทำงานของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม ในหลักสูตรจะเรียกว่าสาระการออกแบบและเทคโนโลยี ซึ่งถูกรวมไว้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ผนวกกับบริบทของประเทศไทยและแนวคิดของคำว่าการออกแบบ ตามแนวทางของอังกฤษ และแนวคิดด้านเทคโนโลยีศึกษาของอเมริกา จึงทำให้แนวกิจกรรมการเรียนรู้มีส่วนที่แตกต่างจาก technology education ในอเมริกาอยู่บ้าง วิชาการออกแบบและเทคโนโลยี (Design and Technology) มีเป้าหมาย ที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้กระบวนการเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการโดยออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์หรือวิธีการอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ มีการบูรณาการกับศาสตร์อื่นอย่างเหมาะสม เห็นคุณค่าและเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อมโดยรวม แนวคิดของเทคโนโลยีและวิศวกรรมเข้าด้วยกัน เพื่อการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา หรือสนองความต้องการของมนุษย์ด้วยการสร้างสรรค์ผลงาน นวัตกรรม รวมถึงระบบหรือวิธีการ ทั้งนี้ยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้มองเห็นถึงความเชื่อมโยงของการเรียนรู้กับชีวิตจริงและยังนำไปสู่การมองเห็นแนวทางการประกอบอาชีพในอนาคต

โดยสรุปแล้วเทคโนโลยีและวิศวกรรมโดยความหมายทั่วไปอาจมีข้อแตกต่างกันอยู่บ้าง กล่าวคือ วิศวกรรมจะมุ่งเน้นที่กระบวนการทำงานหรือแก้ปัญหา ในขณะที่เทคโนโลยี จะเป็นผลจากการพัฒนาปรับปรุงของวิศวกรรม อย่างไรก็ตามในการจัดการเรียนการสอนระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐานนั้นจะไม่ได้แยกกันอย่างชัดเจนจะผนวกเอาแนวคิดของทั้งสองศาสตร์เข้า ด้วยกันโดยการบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งรวมเรียกว่า STEM หรืออาจจะผนวกกับศิลปะกลายเป็น STEAM โดยทั้งหมดนี้มีเป้าหมาย เพื่อการเสริมสร้างทักษะสำคัญของโลกในศตวรรษที่ 21 นั่นเอง

สรุปแนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำวิธีการสอนของทั้ง 4 วิชามาบูรณาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนได้ทุกระดับชั้นและเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิด ทักษะกระบวนการต่าง ๆ ขึ้น

4. กระบวนการเรียนตามแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

มีนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านได้นำเอารูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น Problem–Based Learning, Project–Based Learning, Engineering Design Process เพื่อมา จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ดังนี้

Lou, et al. (2010) ได้ทำการศึกษาผลกระทบและทัศนคติที่เกิดจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ Problem–Based Learning มาใช้เป็นการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนหญิงระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นการยืนยันปัญหา (The problem confirmation Stage) โดยจะให้นักเรียนตั้งถามเพื่อจะช่วยกันตอบคำถามและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปราย

2. ขั้นอธิบายหรือชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage) นักเรียนจะได้ศึกษาองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหาที่ตั้งขึ้น และช่วยกันแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้าช่วยในการอธิบายหรือชี้แจงปัญหา

3. ขั้นตอนการวางแผน (The planning Stage) นักเรียนจะช่วยกันคิดแนวทาง การวางแผนงาน กรอบการทำงาน ขั้นตอนการผลิต และปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น

4. ขั้นวางแผนสำรอง (The contingency plan stage) นักเรียนจะช่วยกันคิดแผน ฉุกเฉินและขั้นตอนที่จะใช้เมื่อเจอปัญหาที่พบในแต่ละขั้น

5. ขั้นการปฏิบัติตามแผน (The planning reorganization stage) นักเรียนลงมือสร้างผลงานตามแผนที่วางไว้ และแนะนำหรืออธิบายลักษณะของงานที่สร้างขึ้น

6. ขั้นการประเมินผล (The assessment stage) เป็นขั้นการประเมินผลงานที่สร้าง ขึ้นตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงขั้นสุดท้าย เรียนรู้อะไรจากการทดสอบผลงานและขั้นตอนการปรับเปลี่ยน

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2556, หน้า 10) ได้กล่าวถึงวิธีการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) โดยมีขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. เลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา ประเด็นปัญหาต้องเป็นประเด็นที่นักเรียน สนใจสงสัยและต้องการหาคำตอบ

2. วางแผนการศึกษา จะเน้นเป็นการศึกษาด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ

2.1 กำหนดจุดประสงค์ เพื่อเป็นการระบุจุดประสงค์หรือประเด็นปัญหาที่ศึกษาให้ชัดเจนขึ้น

2.2 ตั้งสมมุติฐาน เพื่อเป็นการคาดการณ์ผลในการแก้ปัญหาที่ศึกษา

2.3 กำหนดวิธีการศึกษา เพื่อตัดสินใจเลือกที่เหมาะสมในการศึกษาข้อมูล

3. ลงมือปฏิบัติ ตามที่วางแผนไว้ในขั้นตอนการกำหนดวิธีการศึกษาที่เหมาะสม

4. เขียนรายงาน เพื่อสรุปงานตามขั้นตอนการทำงานที่วางไว้ทั้งหมด

5. นำเสนอผลงาน เพื่อสรุปผลงานจากขั้นแรกจนถึงขั้นสุดท้าย

Schachter (2012, p. 45) ได้กล่าวถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ชื่อว่า "The Engineering Design Process ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดย Engineering is Elementary (EIE) ซึ่งออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. Ask เป็นการเริ่มต้นเรื่องที่เรียนโดยใช้ปัญหา ซึ่งไม่ควรเป็นปัญหาที่หนักเกินไป สำหรับเด็กในการที่จะให้เด็กค้นหาปัญหาที่พวกเขาต้องการที่จะแก้ปัญหา ฟังการสนทนาของ นักเรียน ยึดความสนใจของนักเรียนเป็นหลัก

2. Imagine เมื่อพบปัญหาที่จะตรวจสอบหรือแก้ไข สนับสนุนให้นักเรียนคิดจินตนาการ วิธีการแก้ปัญหาให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ อย่ากำหนดขอบเขตความคิดสร้างสรรค์ของพวกเขา

3. Plan เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อปฏิบัติจริง ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อระดมสมองแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และจดบันทึกวางแผนขั้นตอนที่จะทำงาน

4. Create มีวัสดุจำนวนมากเพื่อให้นักเรียนเลือกใช้ในการทำกิจกรรม ได้แก่ โฟม พลาสติก กระดาษแข็ง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ก่อสร้างพื้นฐาน

5. improve ถ้าสิ่งที่นักเรียนทำในตอนแรกไม่ประสบความสำเร็จ ให้นักเรียนลองคิด ปรับปรุงแก้ไขงานที่ทำอีกครั้ง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ Engineering Design Process (EIE) เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่กระชับ เข้าใจง่าย และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึง กระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทาง ที่หลากหลาย เพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เป็นการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญ ของการเรียนรู้ทฤษฎี และสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35–36)

บทบาทครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

บทบาทของครู

1. ครูต้องออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ

2. ครูต้องเตรียมพร้อมล่วงหน้าเป็นอย่างดี ในเรื่องความรู้ที่นำมาสอน ลำดับการถ่ายทอดความรู้ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้พร้อมสำหรับ ให้ผู้เรียนทำกิจกรรม

3. ระหว่างจัดกิจกรรมต้องคอยตั้งคำถามที่สร้างความสนใจให้ผู้เรียน และนำไปสู่การอภิปรายข้อมูลได้ และเป็นคำถามที่เหมาะกับผู้เรียนในแต่ละวัย

4. ครูต้องคอยตั้งคำถามที่นำไปสู่การคิด วิเคราะห์ เพื่อให้นักเรียน นำความรู้ที่ได้ไปสู่การแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ผลงาน

5. ครูต้องมีความรู้ ความเข้าใจ ในข้อมูลของแต่ละสาขาวิชา ที่นำมาบูรณาการเข้าด้วยกันได้

บทบาทของผู้เรียน

1. ผู้เรียนต้องทำงานร่วมกันเป็นทีม

2. ผู้เรียนต้องแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นกันในกลุ่ม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

3. ผู้เรียนต้องเรียนรู้ปัญหา ฝึกคิด ฝึกแก้ปัญหา การวางแผน การศึกษาข้อมูล การออกแบบ การคำนวณ ในระหว่างทำกิจกรรม

4. ผู้เรียนต้องลงมือสืบค้นข้อมูล และปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และนำความรู้ ที่ได้มาใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหา และวิธีการในการแก้ปัญหา

5. ผู้เรียนต้องฝึกสังเกต ตั้งคำถาม ลงมือทดสอบผลงานที่สร้างเอง และปรับปรุง ผลงานให้ดีกว่าเดิม

สรุปบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ เป็นผู้เตรียมข้อมูลอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้พร้อมเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าได้ลงมือทำเอง และคอยกระตุ้นถามคำถามเพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการต่าง ๆ ส่วนผู้เรียนจะได้ทำงานเป็นทีม ค้นคว้าข้อมูลและทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง ได้ฝึกกระบวนการคิด ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

5. ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามี ดังนี้ (นาธาน เอ็ม, 2556)

1. ส่งเสริมให้เข้าใจในวิชาทั้ง 4 ได้ลึกซึ้ง (Deep learning)

2. ช่วยให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีความหมายมากยิ่งขึ้น ผ่านการนำไปใช้ออกแบบและแก้ปัญหาตามแนวทางของวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

3. ส่งเสริมให้มีความเข้าใจและมีทักษะในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ดี

4. ผู้เรียนมีทักษะในการเรียนรู้ และการประยุกต์ใช้ข้ามศาสตร์ทั้ง 4 อย่างไม่ติดขัด

5. ผู้เรียนเห็นความสำคัญของวิศวกรรมศาสตร์มากขึ้น

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามี ดังนี้ (นาธาน เอ็ม, 2556)

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ต้องใช้เวลานานและต้องใช้ระยะเวลาในการจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการสอนเป็นเวลานาน

2. ผู้บริหารโรงเรียนและครูผู้สอนอาจจะไม่ให้ความร่วมมือในการนำการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษามาใช้ในโรงเรียน สาเหตุหลัก คือ โรงเรียนจะมีหลักสูตรและกิจกรรมต่าง ๆ ที่ถูกจัดไว้ค่อนข้างแน่นอนแล้ว การเปลี่ยนแปลงเพิ่มหรือลดเนื้อหาที่ต้องการสอนจะทำให้ครูผู้สอนและผู้บริหารโรงเรียนไม่พร้อมที่จะให้ความร่วมมือ

3. ครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมต้นหรือมัธยมปลายอาจจะไม่สามารถสอนข้ามศาสตร์ได้ เนื่องจากเนื้อหาในศาสตร์อื่นเป็นเนื้อหาที่ครูผู้สอนไม่ได้เรียนมาโดยตรงและบางเนื้อหายากต่อ การทำความเข้าใจ

4. ในการเรียนการสอนวิชาทั้ง 4 แบบบูรณาการ ถึงแม้จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ ข้ามศาสตร์ต่าง ๆ ได้ดี แต่เป็นการยากที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและเห็นคุณค่าลักษณะจำเพาะศาสตร์แต่ละศาสตร์ในสะเต็มศึกษา

5. เป็นการยากที่จะผนวกศาสตร์ทั้ง 4 เข้าด้วยกันในเชิงกระบวนการคิด

6. บางครั้งผู้เรียนอาจเกิดความสับสนในการทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ไม่ได้มีการสอนแบบแยกเป็นรายวิชา

สรุป ได้ว่าถึงแม้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะสามารถส่งเสริม ให้ผู้เรียนเกิดทักษะในด้านต่าง ๆ ที่จะสามารถเตรียมพร้อมให้ผู้เรียนเป็นเยาวชนที่มีคุณภาพ แต่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษายังเป็นเรื่องท้าทายสำหรับครูผู้สอนเป็นอย่างมาก เพราะต้องใช้เวลาและเตรียมพร้อมในการนำวิชาทั้ง 4 มาบูรณาการเพื่อจัดการเรียนการสอน ในชั้นเรียน

6. ผลที่คาดหวังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, หน้า 5) ได้สรุปผล การเรียนรู้ที่คาดหวังจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะเต็มศึกษาเป็นพื้นฐาน

2. ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข และมองเห็นเส้นทางประกอบอาชีพในอนาคต

3. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสูงขึ้น

4. ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างมั่นใจ

5. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รูปแบบการจัดการศึกษา สะเต็มศึกษาที่เชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและเพิ่มพูนโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในบริบทที่หลากหลาย มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

6. ประเทศไทยมีกำลังคนด้านสะเต็มศึกษา ที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคตกาล

สรุปผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้คาดหวังให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนอย่างมีความสุข มีทักษะต่าง ๆ ที่พร้อมกับการนำไปใช้ประกอบอาชีพในอนาคต มีทักษะที่พร้อมรับกับโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 และเป็นกำลังสำคัญของประเทศที่จะช่วยพัฒนาเศรษฐกิจให้ดีขึ้นกว่าเดิม

อภิปัญญา

1. ความหมายของอภิปัญญา

จากการศึกษาเอกสารและตำราพบว่า คำว่า “Metacognition” มีนักการศึกษาเรียกในชื่ออื่น เช่น กลวิธีอภิปัญญา และอภิปัญญา สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า อภิปัญญา ถ้ามีนักจิตวิทยานักการศึกษาได้ให้ความหมายหลายท่าน ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2553, หน้า 82) แปลว่า Metacognition เป็นส่วนของการรู้ตัวถึงความคิดของตนเอง ในการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือการประเมินการรู้คิดของตนเอง และใช้ความรู้ในการควบคุม หรือปรับการกระทำของตนเอง ครอบคลุมการวางแผน การควบคุมกำกับการกระทำของตนเอง การตรวจสอบความก้าวหน้า และการประเมินผล

อัญชลา โชติวุฒิเดชา (2553, หน้า 72) ได้กล่าวไว้ว่า อภิปัญญา คือการที่บุคคลมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดของตน และยังสามารถควบคุม จัดระบบความคิดนั้น อย่างมีสติ ตระหนักถึงขั้นตอนต่าง ๆ รวมถึงสามารถที่จะวางแผน และประเมินผลความคิดตนเอง เพื่อให้ดำเนินไปอย่างมีทิศทางและบรรลุเป้าหมาย

Flavell (1979, p. 906) ได้กล่าวไว้ว่า metacognition หมายถึง การเรียนรู้ที่จะเรียน ในลำดับแรกของการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ และเป็นการพัฒนาตนเองในฐานะที่เป็นผู้เรียน ลำดับที่ 2 เป็นการวางแผนการเรียนรู้ และลำดับที่ 3 เป็นการค้นหาและเลือกใช้กลวิธีต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในแผน นอกจากนี้อภิปัญญายังเกี่ยวข้องกับการคิด

McGuire (2003, unpaged อ้างถึงใน ศิริกัญญา ดรครชุม, 2550, หน้า 42) กล่าวว่า metacognition หมายถึง การคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเองซึ่งรวมถึง 1) ตระหนักรู้อย่างสมเหตุสมผลว่าตนเองเป็นนักแก้ปัญหา 2) สามารถกำกับและควบคุมกระบวนการทางสติปัญญาหรือการคิดของตนเอง 3) รับรู้ว่าการจดจำข้อเท็จจริงและสื่อต่าง ๆ อย่างง่าย ๆ จะไม่ช่วยให้สามารถเข้าใจและนำข้อสนเทศดังกล่าวไปใช้ได้ และ 4) รู้ว่าความรู้และความเข้าใจไม่ได้รับการถ่ายทอดมาจากครูโดยตรง แต่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างขึ้นมาด้วยตนเอง

Anderson (2003 อ้างถึงใน ธูปทอง กว้างสวัสดิ์, 2554, หน้า 334) ได้ให้ความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นการคิด เกี่ยวกับความคิด การใช้กลวิธีอภิปัญญากระตุ้นความคิดของนักเรียนสามารถนำไปสู่การเรียนรู้ในขั้นที่สูงขึ้น และการแสดงออกที่ดีขึ้น

Lee & Baylor (2006 อ้างถึงใน ธูปทอง กว้างสวัสดิ์, 2554, หน้า 334) ได้ให้ความหมายของอภิปัญญาว่า คือ การตระหนักรู้กิจกรรมด้านปัญญาของตนเอง วิธีการที่ถูกใช้ในการควบคุมกระบวนการคิดด้านปัญญาของตนเอง หรือวิธีการที่เกี่ยวกับการวางแผนและการตรวจสอบกิจกรรมด้านปัญญา

Cubukcu (2008 อ้างถึงใน ธูปทอง กว้างสวัสดิ์, 2554, หน้า 334) ได้ให้คำจำกัดความของอภิปัญญาว่า เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการและผลผลิตด้านปัญญาของบุคคลหรือสิ่งใด ๆ ก็ตามที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการและผลผลิตนั้น อภิปัญญามีความหมายรวมไปถึงการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพ การควบคุมผลอย่างต่อเนื่อง และการประสานกิจกรรมซึ่งผ่านกระบวนการสร้างและรวบรวมข้อมูล

Yang (2009 อ้างถึงใน ธูปทอง กว้างสวัสดิ์, 2554, หน้า 334) กล่าวว่า อภิปัญญาคือกระบวนการที่เป็นพื้นฐานในการใช้กลวิธี การเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและเป็นปัจจัยสำคัญของกิจกรรมทางปัญญา นอกจากนั้นอภิปัญญายังรวมถึงความรู้ที่เหนือกว่าระดับปัญญา ทักษะการควบคุมตนเอง ความคิดระดับสูงที่นักเรียนใช้ในการควบคุมความคิด พฤติกรรมและการใช้สติปัญญาในการคิดวางแผน การเรียนรู้ที่จะทำให้ตนเองเรียนได้ผล การควบคุมตนเองระหว่างเรียนโดยการตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีสติและประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง

จากแนวคิดของนักการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า อภิปัญญา หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองให้รู้ว่าตัวเองคิดอะไรอยู่ คิดอย่างไรแล้วควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง โดยมีการวางแผนควบคุมกำกับการกระทำของตัวเอง และรู้ว่าใช้วิธีใดในการเรียนรู้ถึงจะเหมาะสม มีการประเมินผลเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของตนเองที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งเป็นความรู้ที่เหนือกว่าระดับปัญญา

2. ความสำคัญของอภิปัญญา

มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายคนกล่าวถึง ความสำคัญของอภิปัญญา ดังนี้

Anderson (2002 อ้างถึงใน ธูปทอง กว้างสวัสดิ์, 2554, หน้า 335) กล่าวว่าถึง ความสำคัญของอภิปัญญาว่า การใช้อภิปัญญาจะเป็นการจุดประกายความคิดให้นักเรียน และสามารถทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและทำให้การเรียนรู้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนที่กำลังต่อสู้กับปัญหาทางการเรียน การเข้าใจและการควบคุมกระบวนการเรียนรู้ด้านปัญญา อภิปัญญาเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญที่ครูผู้สอนต้องสอนนักเรียนให้สามารถพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองพร้อม ๆ กับการสอนด้านปัญญาในเวลาเดียวกัน

Rasekh & Ranjilbary (2003 อ้างถึงใน ธูปทอง กว้างสวัสดิ์, 2554, หน้า 335) กล่าวว่านักเรียนที่เรียนโดยปราศจาก อภิปัญญา คือ นักเรียนที่เรียนแบบไม่มีทิศทางหรือไม่โอกาสในการตรวจดูความก้าวหน้า ความสำเร็จ และทิศทางของตนเองในอนาคต

Ahmed Abdel Hafez (2006 อ้างถึงใน ธูปทอง กว้างสวัสดิ์, 2554, หน้า 335) กล่าวว่า อภิปัญญาเป็นกลวิธีที่สำคัญมากในการพัฒนาการอ่านตัวอย่างเช่นผู้อ่านที่ประสบความสำเร็จจะวางแผนการอ่าน ใช้ความพยายามอย่างเหมาะสมในการพัฒนาและ

ประเมินความสำเร็จในการอ่าน ในการพัฒนาการฟัง การรู้จักจุดประสงค์ของการฟัง (องค์ประกอบหนึ่งของอภิปัญญา) จะลดภาระในการทำความเข้าใจเนื้อหาการฟังเพราะผู้เรียนรู้ว่าจะต้องฟังเฉพาะอย่างเท่านั้นแทนที่จะฟังทุกคำ

จากแนวคิดของนักการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า อภิปัญญามีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ในฐานะที่เป็นสิ่งนำบุคคลในการเรียนรู้ ด้านปัญญา ซึ่งเป็นการคิดเกี่ยวกับความคิด และใช้ในการช่วยเหลือนักเรียนเกี่ยวกับกลวิธีการเรียนรู้ นอกจากนั้นอภิปัญญายังมีอิทธิพลต่อความเชื่อของคน เกี่ยวกับทัศนคติต่อการเรียนซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมของตนเอง เช่นในด้านภาษา มีการแสดง เป็นต้น

3. องค์ประกอบของอภิปัญญา

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้แบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญาไว้ ดังนี้

Flavell (1979, pp. 103–110 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 77) ได้แบ่งอภิปัญญาเป็น 2 องค์ประกอบที่สำคัญ คือความรู้ในเรื่องอภิปัญญา และประสบการณ์เกี่ยวกับอภิปัญญาซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ในเรื่องอภิปัญญา เป็นส่วนของความรู้ทั้งหมดที่บุคคลสะสมไว้ในความจำระยะยาว เป็นการที่บุคคลระบุว่าตนเองรู้อะไรคิดอย่างไรคิดถึงเป้าหมายและการบรรลุเป้าหมายอย่างไร ซึ่งความรู้ในเรื่องอภิปัญญานั้นประกอบด้วยความรู้เบื้องต้นหรือความเชื่อในเรื่องของตัวแปรองค์ประกอบที่มีผลต่อกิจกรรมการคิด โดยได้แบ่งความรู้ในเรื่องอภิปัญญาออกเป็น 3 ตัวแปร คือ

1.1 ตัวแปรด้านบุคคล หมายถึง การที่บุคคลมีความรู้เกี่ยวกับลักษณะที่บุคคลทั่วไปมีอยู่ในด้านความสามารถทางปัญญาการเรียนรู้หรือในการทำงาน เช่นรู้ถึงความถนัด และความสามารถของบุคคล รู้ว่าบุคคลต้องมีลักษณะเป็นอย่างไรจึงจะทำงานเฉพาะได้ดี

1.2 ตัวแปรด้านงาน หมายถึง การตระหนักรู้ลักษณะของงานที่ทำซึ่งมีผลต่อการปฏิบัติงานของบุคคลนั้น ๆ การรู้ว่าสิ่งใดทำให้งานนั้นยากสิ่งใดทำให้งานนั้นง่ายรวมถึงปัญหาและอุปสรรคของงานนั้นที่จะเกิดขึ้นกับตนเอง

1.3 ตัวแปรด้านกลวิธี หมายถึง ความรู้ของบุคคลเกี่ยวกับกลวิธีที่เหมาะสม ที่จะใช้ในการทำให้งานนั้นบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจการจัดระบบการวางแผน การลงมือปฏิบัติ และการประเมินผลทั้งในสิ่งที่ทำไปแล้วและสิ่งที่จะทำต่อไป ตัวแปรด้านนี้ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการคิดอภิปัญญา

2. ประสบการณ์ในทางอภิปัญญาเต็มประสบการณ์คิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้และประสบการณ์นี้มีความสำคัญต่อการกำกับตนเองในกิจกรรมการคิดตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกการกระทำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อยซึ่งเป็นกิจกรรมทางการคิดคือ

2.1 การวางแผน (planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไรตั้งแต่เริ่มกำหนดเป้าหมายจนกระทั่งปฏิบัติงานได้บรรลุเป้าหมาย

2.2 การกำกับ (monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเข้าใจสิ่งที่เรียนมากน้อยเพียงใด สิ่งใดเคยเรียนรู้มาแล้ว ตนเองมีความรู้เพียงพอที่จะเข้าใจบทเรียนนั้นหรือไม่

2.3 การประเมิน (evaluation) เป็นการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นว่าผลการเรียนรู้เป็นอย่างไรมีสิ่งใดแก้ไขปรับปรุง

Baker and Brown (1984, pp. 501–503 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 79) กล่าวว่า metacognition ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. การตระหนักรู้ตนเอง เป็นการตระหนักรู้ถึงทักษะกลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและรู้ว่าจะต้องทำอย่างไร เป็นเรื่องของการที่บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิดและความสอดคล้องกับสถานการณ์การเรียนรู้ รวมไปถึงการแสดงออกในสิ่งที่รู้ออกมาโดยการอธิบายให้ผู้อื่นฟังได้ สามารถสรุปใจความสำคัญของสิ่งที่เรียนรู้นั้นมีวิธีทำสิ่งนั้นได้ง่ายตลอดจนการทำแบบทดสอบการวางขอบข่ายและการจดบันทึกความสามารถในกระบวนการสะท้อนความคิดของตนเองออกมาในขณะที่อ่านเรื่องราวหรือการแก้ปัญหา เป็นทักษะที่ทำให้บุคคลทำงานอย่างมีแบบแผน เพราะจะทำให้รู้ว่าในงานนั้น ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการอ่านการแก้ปัญหา หรืองานอื่น ๆ ที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ว่าจะต้องประกอบด้วยสิ่งใดบ้างที่จะทำให้การทำงานนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. การกำกับควบคุมตนเอง เป็นการเรียนรู้ว่าจะทำงานนั้นอย่างไรแล้วเมื่อไหร่เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จเป็นกลวิธีในการกำกับตนเองในขณะที่กำลังคิดแก้ปัญหา ซึ่งรวมถึงการพิจารณาว่ามีความเข้าใจในสิ่งนั้นหรือไม่การประเมินความพยายามในการทำงาน การวางแผนและขั้นตอนในการทำงาน การทดสอบวิธีการที่ใช้ การตัดสินใจในการใช้เวลา การใช้ความสามารถที่มีอยู่และการเปลี่ยนไปใช้กลวิธีอื่นเพื่อให้แก้ปัญหาได้

Cross and Paris (1988, unpaged อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 79) ได้แบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญาออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านการประเมินตนเองเกี่ยวกับความรู้ความคิด ประกอบด้วยการดูลักษณะและสภาพของงานที่มีความรู้ในการใช้ทักษะใดหรือการประยุกต์ใช้ทักษะนั้นอย่างไรจะนำไปสู่จุดประสงค์ที่ต้องการและมีความรู้ความเข้าใจถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดของยุทธวิธีแต่ละยุทธวิธี รู้ว่าจะใช้ยุทธวิธีนั้นเมื่อไหร่

2. องค์ประกอบด้านการจัดการเกี่ยวกับการคิดของตนเอง ประกอบด้วย การวางแผนเป็นการคัดเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในขณะทำกิจกรรม การกำกับเพื่อควบคุมและกำหนดทิศทางในการดำเนินกิจกรรม การประเมินเป็นการวิเคราะห์และประเมินความสามารถของตนเองเพื่อที่จะดำเนินการตามกิจกรรมนาน ๆ ในขั้นต่อไป

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่าองค์ประกอบของอธิปัญญาประกอบด้วย 2 องค์ประกอบก็คือความรู้ในอภิปัญญาซึ่งประกอบด้วยตัวแปรด้านบุคคลด้านงานด้านกลวิธี และ ประสบการณ์ในอภิปัญญาซึ่งประกอบด้วยการวางแผนการควบคุม ตรวจสอบและประเมินผล

4. การพัฒนาอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหา

มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายคนกล่าวถึงการพัฒนาอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้

ทิศนา แขมณี (2544 อ้างถึงใน ธิภาวดี มูลสุวรรณ, 2555, หน้า 15) ซึ่งการฝึกให้ผู้เรียนได้รู้จักการวางแผน ประกอบด้วย

1. ฝึกการวางแผน ประกอบด้วย

1.1 ฝึกการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา โดยให้บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และเป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหานั้น

1.2 ฝึกการเลือกใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา ซึ่งมีหลากหลายวิธี โดยให้ผู้เรียนตัดสินใจ เลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งยุทธวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การเดาและตรวจสอบ การวาดภาพ การสร้างตาราง การสร้างรายการ การเขียนแผนภาพ การให้เหตุผล การค้นหาแบบแผนการแก้ปัญหาที่ง่ายขึ้นกว่าเดิมและการทำย้อนกลับ

1.3 เรียงลำดับขั้นตอนตามยุทธวิธีที่เลือกไว้

1.4 ประมาณคำตอบที่คาดว่าจะได้ โดยวิเคราะห์เงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้อย่างมีเหตุผล

2. ฝึกการกำกับควบคุมและตรวจสอบความคิดของตน ดังนี้

2.1 กำหนดเป้าหมายไว้ในใจ เป็นการตรวจสอบว่า หลังการดำเนินการตามขั้นตอน แล้ว สามารถบรรลุเป้าหมายหรือไม่

2.2 กำกับวิธีการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามขั้นตอน

3. ฝึกการประเมินกระบวนการคิด ดังนี้

3.1 ประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย เป็นการตรวจสอบว่าหลักการดำเนินการตาม ขั้นตอนแล้ว สามารถบรรลุเป้าหมายหรือไม่

3.2 ตรวจสอบคำตอบ

3.3 ตรวจสอบขั้นตอนในการปฏิบัติ ว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์เพียงใด ช่วยให้พบ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

Garofalo & Lester (1985 อ้างถึงใน นภัสสร พฤฒยาคี, 2552) ได้เสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับ อภิปัญญาในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยกลวิธี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเริ่มต้นกำหนดวิธีการแก้ปัญหา เป็นพฤติกรรมในการวิเคราะห์ข้อมูลและทำความเข้าใจปัญหา ประกอบด้วย

1.1 การทำความเข้าใจกลวิธี

1.2 การวิเคราะห์ข่าวสารข้อมูลและเงื่อนไข

1.3 การพิจารณาความคุ้นเคยกับปัญหา

1.4 การสร้างตัวแทนปัญหา

1.5 การประเมินความยากและโอกาสที่จะทำสำเร็จ

2. การกำหนดโครงสร้างของการแก้ปัญหา เป็นการวางแผนกำหนดพฤติกรรมและการปฏิบัติ ประกอบด้วย

2.1 การระบุเป้าหมายย่อยและเป้าหมายสุดท้าย

2.2 การวางแผนรวม

2.3 การวางแผนย่อย

3. การดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการดำเนินการตามแผน ประกอบด้วย

3.1 ดำเนินการตามแผนย่อย

3.2 กำกับ ประเมินความก้าวหน้าของการดำเนินการตามแผนย่อยและแผนรวม

3.3 กำกับตนเองในด้านความถูกต้องของงาน และการใช้เวลา

4. การประเมินความถูกต้อง เป็นการประเมินการตัดสินใจและผลลัพธ์ของการปฏิบัติตาม แผน ประกอบด้วย

4.1 ประเมินการนิยามปัญหาและการวางแผนการแก้ปัญหา ได้แก่ ความถูกต้องของ ตัวแทนปัญหา แผนการแก้ปัญหา ความสอดคล้องของแผนย่อยกับแผนรวม และความสอดคล้องของแผนรวมกับ เป้าหมาย

4.2 ประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา ได้แก่ ความถูกต้องของการดำเนินการ ความสอดคล้องของแผนกับการดำเนินการ ความสอดคล้องของผลลัพธ์แต่ละขั้นตอนกับเงื่อนไขของปัญหา และความสอดคล้องของผลสุดท้ายกับเงื่อนไขของปัญหา

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การใช้อภิปัญญาในการแก้โจทย์หรือปัญหาจะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการคิด อย่างเป็นขั้นตอน โดยเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว แล้วเลือกยุทธวิธีในการคิด วางแผน กำกับหรือตรวจสอบและประเมินกระบวนการคิด

5. บทบาทของครูผู้สอนและผู้เรียน

พัทธ ทองต้น (2545, หน้า 17 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 84) ได้สรุปบทบาทของครูผู้สอนและผู้เรียน ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาอภิปัญญา ดังนี้

บทบาทของครูผู้สอน

1. ควรเน้นกิจกรรมและกระบวนการมากกว่าผลการเรียน

2. ช่วยเหลือผู้เรียนให้เกิดความตระหนักรู้ในกลวิธีการเรียนรู้ ทักษะการกำกับตนเองและความสัมพันธ์ของกลวิธี

3. ควรเน้นเชื่อมโยงการเรียนรู้และการบูรณาการ

4. ควรสอนให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการวางแผน กำกับและควบคุมตนเอง และการทบทวนหรือประเมินการเรียนรู้ของตนเอง

5. ควรออกแบบการสอนในแบบที่มีความสมดุลระหว่างคุณภาพและปริมาณของกิจกรรมการเรียนรู้

6. ควรร่วมมือและอภิปรายร่วมกับผู้เรียนในระหว่างเรียน

7. ควรเน้นเป้าหมายการเรียนรู้ทางปัญญาในระดับที่สูงขึ้น

8. การสอนต้องเหมาะสมกับภาวะ และความเข้าใจในมโนทัศน์ปัจจุบัน ของผู้เรียน

บทบาทของผู้เรียน

1. ควรมีเป้าหมายในการเรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวัน

2. ควรมีความรับผิดชอบในการเรียนมากขึ้น

3. ควรมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ปกครอง เพื่อกระตุ้นให้เกิดการกำกับและควบคุมตนเองตั้งแต่เป็นเด็กเล็ก

6. ขั้นตอนอภิปัญญาในการแก้ปัญหา

Beyer (1987, pp. 192–196) เพื่อใช้เป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. การวางแผนแก้ปัญหา planning เป็นการรู้ว่าตัวเองคิดจะทำงานนั้นอย่างไรตั้งแต่การกำหนดเป้าหมายจนถึงการปฏิบัติงานจนบรรลุผลสำเร็จโดยกระบวนการขั้นนี้จะนำไปสู่กระบวนการย่อยดังนี้ คือ

1.1 การกำหนดเป้าหมาย

1.2 การเลือกวิธีปฏิบัติ

1.3 การเรียงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

1.4 ปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นได้

1.5 การรวบรวมแนวทางเพื่อที่จะขจัดปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้น

1.6 การคาดคะเนหรือทำนายผลลัพธ์ไว้ล่วงหน้า

2. การกำกับแก้ปัญหา monitoring เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเป็นไปได้เพียงใดความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนที่เลือกใช้โดยค่านี้จะนำไปสู่กระบวนการย่อย ดังนี้

2.1 การกำกับจุดประสงค์ไว้ในใจ

2.2 การกำกับหน้าที่ของตนเองให้เป็นไปตามขั้นตอน

2.3 การรู้ว่าบรรลุจุดประสงค์ย่อยแล้ว

2.4 การตัดสินใจเพื่อการปฏิบัติขั้นต่อไป

2.5 การเลือกวิธีปฏิบัติขั้นต่อไปอย่างเหมาะสม

2.6 การรู้ทันว่ามีปัญหาและข้อผิดพลาด

2.7 การรู้วิธีที่จะขจัดปัญหาและข้อผิดพลาด

3. การประเมินการแก้ปัญหา (assessing) เป็นการมองย้อนกลับไปที่ขั้นตอนต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์เพียงใดประกอบด้วย

3.1 การประเมินความสำเร็จตามจุดมุ่งหมาย

3.2 การตัดสินใจผลลัพธ์อย่างถูกต้องและเพียงพอ

3.3 การประเมินความเหมาะสมของวิธีการที่ใช้

3.4 การประเมินการควบคุมปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ

3.5 การตัดสินประสิทธิภาพของแผนและการปฏิบัติตามแผน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 164–166) ด้านพัฒนาอธิปัญญาในการแก้ปัญหา ประมวลท่านอนของคุณวิธีอภิปัญญาโดยใช้คำว่า เทคนิคที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวางแผนซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนคือ เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์เป้าหมายของโจทย์ปัญหา ให้เลือกใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ การแก้ปัญหา มีคนวิธีการเดาและตรวจสอบ คำตอบของปัญหาอย่างมีเหตุผลและถูกต้อง มีคนวิธีการวาดภาพเพื่อเป็นการแสดงสภาพการของข้อมูลที่กำหนดให้เอามาเป็นภาพ มีการสร้างตาราง เป็นการจัดระบบข้อมูลจากปัญหาที่กำหนดโดยให้มีการจัดเรียงข้อมูล กลวิธีการสร้างรายการเป็นการเขียนแจกแจงแสดงความเป็นไปได้ของคำตอบทั้งหมดและอยู่ในขอบเขตและเงื่อนไขที่กำหนด กลวิธีเขียนแผนภาพ เป็นการเขียนแสดงสภาพการของปัญหาเพื่อทำให้มองเห็นปัญหาอย่าง อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น คุณวิธีการใช้เหตุผลเป็นการใช้ข้อมูลที่โจทย์ปัญหากำหนดให้เป็นเหตุบางคำให้เกิดผลซึ่งต้องผสมผสานกับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ กลวิธีค้นหาแบบแผน เป็นการศึกษาตัวอย่างหรือข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้และวิเคราะห์ค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นแผน กลวิธีแก้ปัญหาที่ง่ายขึ้นกว่าเดิม เป็นการปรับหรือดัดแปลงโจทย์ปัญหาที่ยากให้เป็นโจทย์ปัญหาที่ง่ายทั้งด้านของภาษาแล้วก็ขนาดของจำนวน กลวิธีทำย้อนกลับ เป็นการพัฒนาผลลัพธ์ครั้งสุดท้ายแล้วมองย้อนกลับมาที่โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนเป็นการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์โดยพิจารณาจากผลย้อนกลับไปหาเหตุซึ่งต้องหาเงื่อนไขเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการกับสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนด ซึ่งที่กล่าวมาเป็นยุทธวิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนต่อไปคือเป็นการเรียงลำดับขั้นตอนตามยุทธวิธีที่ได้เลือกไว้เป็นการนำยุทธวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่เลือกไว้มาเป็นลำดับขั้นตอนง่ายย่อยอย่างเป็นระบบ ประมาณคำตอบที่คาดว่าจะได้เป็นการคาดคะเนคำตอบให้ได้ใกล้เคียงกับคำตอบของโจทย์ปัญหามากที่สุดโดยการวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้อย่างมีเหตุผลเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบคำตอบ

2. การฝึกให้ผู้เรียนสามารถกำกับควบคุมและตรวจสอบความคิดของตนเองได้อย่างมีขั้นตอน มีการกำหนดเป้าหมายไว้ในใจเป็นการตรวจสอบว่าหลังจากที่ได้ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนหรือยุทธวิธีที่เลือกไว้แล้วสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ กำกับวิธีการต่าง ๆ ให้เป็นไปตามขั้นตอนของยุทธวิธีที่ได้เลือกไว้

3. การฝึกให้ผู้เรียนสามารถประเมินการคิดของตนเองได้ โดยมีการประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย เป็นการตรวจสอบว่าหลังจากที่ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนที่เลือกนั้นแล้วสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ ตรวจสอบคำตอบเป็นการตรวจสอบคำตอบหรือผลลัพธ์ของงานหรือกิจกรรมที่ทำ และตรวจสอบขั้นตอนในการปฏิบัติ เป็นการย้อนกลับไปมอง ถึง ขั้นตอน ของยุทธวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำกิจกรรมว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์เพียงใด เพื่อจะช่วยให้พบข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ดี ขึ้นต่อไป

จากการพิจารณากระบวนการอภิปัญญาในการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Beyer (1987, pp. 192–196) ขั้นตอนต่าง ๆ ที่กำหนดให้ไว้มีความสอดคล้องเหมาะสมในการใช้จัดการเรียนการสอนฝึกคิดแก้ปัญหา แต่ละท่านเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกควบคุมความคิดให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงตามแนวทางเนื่องจากเนื้อหาวิชาเคมีหน่วยเคมีอินทรีย์เป็นอาหารในภาพ ความรู้ความจำความเข้าใจและนำไปใช้ มีการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์ประเมินค่า ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ขั้นตอนอภิปัญญาตามแนวคิดของ Beyer เพื่อฝึกการคิด อย่างมีวิจารณญาณ จากการทำโจทย์ปัญหา โดยมีขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงบรรยายในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. ขั้นวางแผน planning โดยให้นักเรียนดำเนินการ วิเคราะห์โจทย์ระบบสิ่งที่โจทย์กำหนดให้บอกข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ ปัญหาหรืออุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นได้

2. ขั้นการกำกับ Monitoring โดยให้นักเรียนดำเนินการเขียนวิธีดำเนินการให้เป็นไปตามขั้นตอน

3. ขั้นประเมิน (Assessing) โดยให้นักเรียนดำเนินการตรวจสอบคำตอบและตรวจสอบขั้นตอนในการปฏิบัติพร้อมบอกปัญหาอุปสรรคที่พบขณะแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยนำอภิปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาและแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ในกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยนัยวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำเอาอภิปัญญามาสอดแทรกในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบ STEM Education ซึ่งเป็นขั้นที่มีการบูรณาการ การออกแบบเชิงวิศวกรรมเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้นำสิ่ง ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ชุดกิจกรรมเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หมายถึง เทคนิคการสอนโดยใช้สื่อการสอนที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นสื่อ เพื่อใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยจัดเนื้อหาเป็นชุด ๆ มีขั้นตอนให้นักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ครูจะเป็นผู้ดูแลและอำนวยความสะดวก เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน ให้เกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ส่วนประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีดังนี้

1.1 เอกสารสำหรับครู ประกอบด้วย คำแนะนำสำหรับครู คำอธิบายรายวิชา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ เฉลยใบงานกิจกรรม เฉลยแบบฝึกเสริมประสบการณ์ แบบทดสอบและเฉลยแบบทดสอบ

1.2 เอกสารสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย ใบงานกิจกรรม ใบความรู้ แบบฝึกเสริมประสบการณ์

2. ขั้นตอนการสอนด้วยชุดกิจกรรมเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ผู้วิจัยสังเคราะห์ขั้นตอนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ (S) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือ

ความท้าทาย วิเคราะห์โจทย์ วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้บอกข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (S, T) 3) การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา (S, E, M) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (S, M) 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (S, M) 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม (S, T, E, M) ร่วมกับใช้อภิปัญญา ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ในการคิดแก้ปัญหา 3 ขั้น ได้แก่ 3) ขั้นการวางแผน (Planning) โดยให้นักเรียนดำเนินการวิเคราะห์โจทย์ ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ บอกข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นได้ 2) ขั้นการกำกับ (Monitoring) โดยให้นักเรียนดำเนินการเขียนวิธีดำเนินการให้เป็นไปตามขั้นตอน 3) ขั้นประเมิน (Assessing) โดยให้นักเรียนดำเนินการตรวจสอบคำตอบ ตรวจสอบขั้นตอนในการปฏิบัติ ปัญหาอุปสรรคขณะแก้ปัญหา เพื่อนำไปใช้ดังตาราง 3

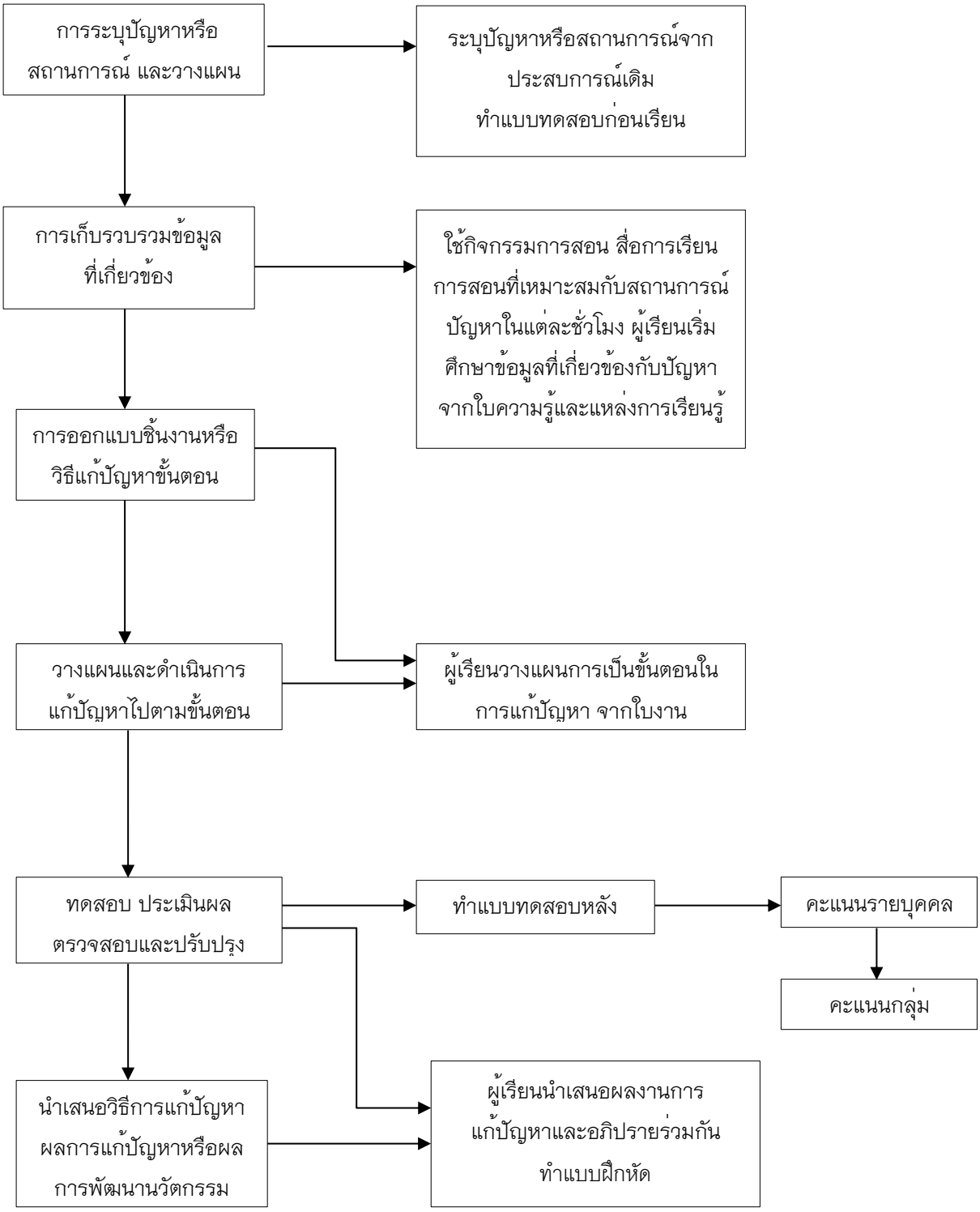
ตาราง 3 การวิเคราะห์ สังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนการสอนชุดกิจกรรมเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ขั้นตอน STEM Education	กระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา	การสังเคราะห์ขั้นตอนการสอน
1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ (S)	1. ขั้นวางแผน – วิเคราะห์โจทย์ ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ – ปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นได้	1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ และวางแผน
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (S, T)		2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3. การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา (S, E, M)	2. ขั้นการกำกับ – เขียนวิธีดำเนินการให้เป็นไปตามขั้นตอน	3. การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (S, M)		4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาไปตามขั้นตอน

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอน STEM Education	กระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา	การสังเคราะห์ขั้นตอนการสอน
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (S, M)	3. ขั้นประเมิน – ตรวจสอบคำตอบ ตรวจสอบขั้นตอนในการปฏิบัติ ปัญหาอุปสรรคขณะแก้ปัญหา	5. ทดสอบ ประเมินผล ตรวจสอบและปรับปรุง
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม (S, T, E, M)		6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม

ชุดกิจกรรมเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา กำหนดเป็นตัวแปรอิสระใช้จัดกิจกรรมการเรียนให้กลุ่มทดลอง มีขั้นตอน ดังนี้



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสอนด้วยชุดกิจกรรมเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

จากภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสอนด้วยชุดกิจกรรมเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ และวางแผน ครูตั้งคำถามกระตุ้นผู้เรียนระบุปัญหาหรือสถานการณ์จากประสบการณ์เดิมในเรื่องที่จะเรียนออกมา และครูได้ทบทวนความรู้ให้นักเรียนเพื่อปรับพื้นฐานความรู้ให้ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนมาใช้ในการระบุปัญหาที่จะแก้หรือสถานการณ์ที่ทำให้เกิดปัญหาเพื่อนำมาแก้ไข แจ้งผลการเรียนรู้และให้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เมื่อมีสถานการณ์ปัญหาแล้ว ครูอธิบายความรู้ หลักการ ทฤษฎีให้ผู้เรียนได้ฟังและให้ผู้เรียนได้ไปรวบรวมข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้อื่นเพิ่มเติม เพื่อนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล มาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่อไป

3. การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา ผู้เรียนวางแผนออกแบบ และแบ่งหน้าที่ในการแก้ปัญหา โดยมีครูคอยชี้แนะแนวทาง

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาไปตามขั้นตอนการสังเคราะห์ ขั้นตอนการสอน ผู้เรียนลงมือทำปฏิบัติตามแผนการที่วางไว้ในกิจกรรมการแก้ปัญหา และทำใบงาน

5. ทดสอบ ประเมินผล ตรวจสอบและปรับปรุง ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน และนำเสนองานหรือชิ้นงานในรูปแบบต่าง ๆ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายผล เพื่อตรวจสอบว่าการแก้ปัญหาสถานการณ์นี้มาสมบูรณ์ตรงไหน

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม ผู้เรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์แบบหรือนำเสนอผลงานที่ครบถ้วนตามกระบวนการออกแบบไว้ และสรุปผลการแก้ปัญหาสถานการณ์ในการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

3. ดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรม

ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) หมายถึง ตัวเลขที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียน โดยเปรียบเทียบคะแนนที่เพิ่มขึ้นจากคะแนนการทดสอบก่อนเรียนกับคะแนนที่ได้รับการทดสอบหลังเรียน เมื่อมีการประเมินสื่อการสอนที่ผลิตขึ้นจะดูมีประสิทธิภาพผลทางการสอน และการวัดประเมินผลสื่อการสอนนั้นตามปกติการประเมินความแตกต่างของค่าคะแนนใน 2 ลักษณะ คือ ความแตกต่างของคะแนนทด

สองก่อนเรียนและคะแนนการทดสอบหลังเรียนหรือเป็นการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มการทดลองกับกลุ่มควบคุมได้กำหนดสูตรการหาค่าดัชนีประสิทธิผลดังนี้ (เผชิญ กิจระการ, 2544, หน้า 44–45 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 102–103)

$$\text{E. I.} = \frac{P_2 - P_1}{\text{Total} - P_1}$$

เมื่อ

E.I. แทน ค่าดัชนีประสิทธิผล

P_1 แทน ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน

P_2 แทน ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน

Total แทน ผลคูณของจำนวนนักเรียนกับคะแนนเต็ม

ค่าดัชนีประสิทธิผลจะมีค่าอยู่ระหว่าง –1.00 ถึง 1.00 หากค่าทดสอบก่อนเรียนเป็น 0 และการทดสอบหลังเรียนปรากฏว่านักเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือ ได้คะแนนเท่าเดิม แต่ถ้าคะแนนสอบก่อนเรียน = 0 และการทดสอบหลังเรียนนักเรียนทำได้สูงสุด คือ เต็ม 100 ค่า E.I. จะมีค่าเป็น = 100 และในทางตรงกันข้าม ถ้าคะแนนทดสอบหลังเรียนน้อยกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียน ค่าที่ได้ออกมาจะมีค่าเป็นลบ เช่น P_1 = 73 P_2=45% ค่า E.I. = –0.38 ในสภาพของการเรียนเพื่อรอบรู้ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะต้องเรียนให้ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดัชนีประสิทธิผลสามารถนำมาดัดแปลง เพื่ออ้างอิงเกณฑ์ด้วยค่าอิงเกณฑ์สูงสุดที่สามารถเป็นไปได้ ซึ่งในกรณีดัชนีประสิทธิผล อาจจะมีค่าได้ถึง 1.00

สำหรับเกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่าสื่อหรือนวัตกรรมมีประสิทธิผล ช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสภาวะที่มีการเรียนรู้อย่างอิสระ จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เพราะเป็นภาษาที่มีการเรียบเรียงความคิดอย่างประณีต มีเหตุมีผล พัฒนาปัญญานำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างถูกต้องเหมาะสม อันจะส่งผลให้เป็นคนที่มีคุณภาพต่อไปข้างหน้า

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2540 อ้างถึงใน พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558, หน้า 33) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกสังเกต ฝึกการบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และทำการทดลอง เบื้องต้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ลำดับขั้นตอนการคิดและการกระทำที่ต่อเนื่องจนได้ความรู้ซึ่งต้องมีองค์ประกอบอื่นอื่นร่วมอยู่ด้วย ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และที่สำคัญ คือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2549 อ้างถึงใน อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์, 2556, หน้า 74) ได้กล่าวถึงนิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความชำนาญและความสามารถในการคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหา โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา ไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ เพราะเป็นการทำงานของสมองและเป็นการคิดทั้งในระดับพื้นฐานและการคิดขั้นสูง

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2551) แปลความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์และผู้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้าศึกษาหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยการลงมือปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์จนเกิดความชำนาญและความคล่องแคล่ว

นันทพร สงวนหงษ์ (2552, หน้า 25 อ้างอิงใน ปราณี โตยะบุตรม, 2557, หน้า 20) ได้กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาความรู้การคิด ค้นคว้าและการแกปัญหาอย่างเป็นระเบียบแบบแผนมีขั้นตอน ทั้งนี้ต้องเกิดจากการฝึกฝน การปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ ความคล่องแคล่วและสามารถนาไปใช้แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันประกอบด้วยกระบวนการและทักษะขั้นพื้นฐานและทักษะขั้นบูรณาการ เพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมา

จากความหมายดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและลงมือปฏิบัติอย่างมีระเบียบแบบแผนตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้รวมทั้งแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2. ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544 อ้างถึงใน พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558, หน้า 37) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนั้น จุดมุ่งหมายของการศึกษาควรเน้นการสอนให้ผู้เรียนรู้จักและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความความรู้ต่าง ๆ เพราะการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ได้มุ่งเฉพาะตัวเนื้อหาความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าแล้วเรียบเรียงไว้อย่างมีระเบียบเท่านั้น แต่ยังมีความหมายครอบคลุมไปถึงกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย การสอนวิทยาศาสตร์จึงควรให้ผู้เรียนได้รับทั้งผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ คือเนื้อหาความรู้และควรปลูกฝัง กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนไปด้วย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2553) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนา เพราะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดของผู้เรียนที่จะนำไปสู่การค้นคว้าหาความรู้และการแก้ปัญหา

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2551) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์มีความสำคัญกับผู้เรียนมาก ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เรียนคิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น โดยรู้จักนำหลักการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาให้มีขึ้นก่อนในระดับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ควรเป็นทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน ได้แก่ทักษะการสังเกต ทักษะการจัด จำแนก ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปส กับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล และทักษะการพยากรณ์ ซึ่งทักษะดังกล่าวถือว่าเป็นทักษะขั้นพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีและต้องพัฒนาให้มีขึ้นในระดับประถมศึกษาก่อนที่จะพัฒนาแนวความคิดและทักษะขั้นผสมผสานซึ่งเป็นทักษะขั้นสูงต่อไป

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะที่ใช้อธิบายลักษณะทั่วไปของการคิดอย่างมีเหตุผลซึ่งทำให้ผู้เรียนเรียนรู้และมีความเข้าใจ ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเชื่อมโยงระหว่าง

ประสบการณ์ใหม่ ประสบการณ์ เดิมที่มีอยู่ ทักษะเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียน สามารถขยายแนวความคิดจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้ (small idea) และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเพื่ออธิบายโดยภาพรวม (big idea) ของปรากฏการณ์ใด ๆ ได้อย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ยังต้องทดสอบ แนวคิดภาพรวมที่ผู้เรียนสร้างขึ้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ด้วย การเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้วยทักษะ กระบวนการวิทยาศาสตร์นี้เป็นการสะสมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องและเพิ่มเติม ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในเวลา นั้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงจากการทดลองด้วยตนเองด้วยการเรียนรู้ด้วย ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญใน การพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการพัฒนาทักษะ กระบวนการวิทยาศาสตร์จึง เป็นเป้าหมายสำคัญในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งปัจจุบันได้บรรจุใน หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วทุกภูมิภาคของโลก

ชะลอ เอี่ยมสะอาด (2550) ได้กล่าวว่าจุดมุ่งหมายของหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533) ของกระทรวงศึกษาธิการข้อ 4 ได้ กำหนดให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาโดยให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุและเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่เกิด ขึ้นกับตนเองและครอบครัวได้อย่างมีเหตุผลด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่ปลูกฝังให้กับเด็กในระดับประถมศึกษา เพราะเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นในการเสาะแสวงหาความรู้ช่วยให้คิดเป็นทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น จึงกล่าว ได้ว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา เป็นเรื่องที่สำคัญและยังเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อพัฒนาการสืบเสาะความรู้ซึ่งนำไปสู่การเป็นทรัพยากรบุคคลที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศและเป็นพลเมืองที่ดีมีคุณภาพ การปลูกฝัง วิธีการกระทำให้คิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาได้ แล้วนำวิธีการนี้ไปปรับใช้กับทุกสถานการณ์ที่เผชิญ จะทำให้เด็กสามารถอยู่ในโลกแห่งความเป็นจริงได้ตลอดเวลาอย่างรู้เท่าทัน เนื่องจากในปัจจุบันวิชา ความรู้ที่เกิดขึ้นมีศาสตร์แขนงต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาขึ้นใหม่อยู่ตลอดมีจำนวนมากมายไม่สามารถจะ สอนให้ได้หมดดังนั้นการสอนให้รู้จักวิธีการเรียนรู้ตามศักยภาพของเด็กคือ การสอนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดกับผู้เรียนทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ด้วยตนเอง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเป็นการเรียนรู้เพื่อดารงชีวิต ทักษะนี้เป็นสิ่งที่จะต้องไดรับการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอเช่น การฝึกทางานอยู่เสมอ การฝึกฝนตนเองจากการทางานจะช่วยหล่อหลอมให้เกิดเจตคติที่ดีต่อตนเองและต่อวิทยาศาสตร์ การทางานช่วยเสริมสร้างประสบการณ์เพิ่มมากขึ้น คิดค้นหาหนทางแก้ไขการทดลองทางวิทยาศาสตร์ย่อมเผชิญกับปัญหาอยู่ตลอดเวลา ต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาที่เชิญอยู่เหล่านี้

3. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้เสนอประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) (1970 อ้างถึงใน สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551, หน้า 28) จำแนก ทักษะกระบวนการตามลักษณะความยากง่ายของทักษะต่าง ๆ ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (basic or simpler science process skill) และทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (integrated or more complex science process skill) ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐานประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่

1.1 การสังเกต หมายถึง การใช้อวัยวะรับสัมผัสต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน สัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส โดยการ มองเห็น ได้ยิน ดมกลิ่น รับรส และสัมผัสวัตถุหรือประมาณได้ เหตุการณ์ต่าง ๆ เพื่อเก็บข้อมูลรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ใส่เอาความรู้สึกนึกคิดหรือ ประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตลงไป

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจำแนกลักษณะของ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ของสิ่งที่ศึกษา

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว ชี้บ่งและบรรยายลักษณะเชิงคุณภาพโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุ โดยการประมาณได้ บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

1.2 การวัด หมายถึง การเลือกและใช้เครื่องมือวัดเพื่อหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้ บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง วัดปริมาณต่าง ๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก ได้อย่างถูกต้อง ระบุหน่วยของตัวเลขจากการวัดได้

1.3 การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากสมบัติของสิ่งที่ศึกษานั้นเป็นเกณฑ์ ซึ่งอาจเป็นความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำลังศึกษา

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะ แล้วเรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้ บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

1.4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้น ครอบครองอยู่ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปสของวัตถุมีลักษณะเป็นสามมิติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติและรูปทรง 3 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ หนึ่งกับวัตถุอีกชนิดหนึ่ง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ การแสดงทิศทางหรือตำแหน่งของวัตถุในเวลาต่าง ๆ กัน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว ชี้บ่งรูป 2 มิติและวัตถุ 3 มิติที่กำหนดให้ได้ วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้ บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้ ได้แก่ (1) ระบุรูปทรง 3 มิติที่เห็นจากการหมุนรูป 2 มิติ (2) เมื่อเห็นเงารูป 2 มิติ ของวัตถุแล้วสามารถบอกรูปทรง 3 มิติของวัตถุต้นกำเนิดของเงาได้ (3) เมื่อเห็นวัตถุรูปทรง 3 มิติ สามารถบอกเงา 2 มิติ ที่จะเกิดขึ้นได้ (4) บอกรูปของรอยตัด 2 มิติที่เกิดขึ้นจากตัดวัตถุออกเป็น 2 ส่วนได้ เป็นต้น บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุใด ๆ ได้ บอกทิศทางที่สัมพันธ์ระหว่างวัตถุหนึ่งกับวัตถุอื่นได้ บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพ ที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับ

เวลาได้ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

1.5 การใช้ตัวเลข หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุหรือเหตุการณ์และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณ โดยใช้การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือวิธีการคำนวณอื่น ๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว สามารถนับจำนวนสิ่งของหรือเหตุการณ์ได้อย่างถูกต้องและใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง และแสดงวิธีคำนวณได้

1.6 การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัดการทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่ เช่น การหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ ที่สามารถแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น โดยอาจแสดงในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ แผนผัง วงจรกราฟ สมการ การเขียน และการบรรยาย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว เลือกรูปแบบการนำเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบนำเสนอข้อมูลได้ ออกแบบการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกได้ เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น บรรยายลักษณะของสิ่งใด ๆ ด้วยข้อความที่เหมาะสมกะทัดรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

1.7 การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงการเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมช่วยในการแสดงความคิดเห็นนั้น ๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิม

1.8 การทำนายหรือการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปผลลัพธ์หรือคำตอบล่วงหน้าก่อนทดลอง โดยอาศัยหลักฐาน จากข้อมูล ข้อเท็จจริงหรือปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ กัน หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้ว การพยากรณ์ข้อมูลเชิง

ปริมาณหรือข้อมูลที่สามารถแสดงเป็นตารางหรือกราฟได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่ศึกษา และการพยากรณ์ภายนอกของข้อมูลที่ศึกษา

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว การพยากรณ์ทั่วไป ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นผสมผสาน ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่

2.1 การตั้งสมมติฐาน หมายถึงการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต สังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้เป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็น หลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้าส่วน ใหญ่เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัว แปรต้นและตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิด ซึ่งจะทราบ ได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุน หรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต สังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม

2.2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว กำหนดความหมายและขอบเขตของคำศัพท์หรือตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตและวัดได้

2.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรเกิน ที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ สิ่งที่เป็นเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่า เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัว แปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนแปลงไปตัวแปรตาม จะเปลี่ยนแปลงตามด้วย

ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกจากตัว แปรต้นที่ส่งผลกระทบต่อการทดลอง ซึ่งจะต้อง ควบคุมให้เหมือน ๆ กัน จึงจะทำให้ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนของการทดลองได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม (Control variable) ได้

2.4 การทดลอง หมายถึง การทำปฏิบัติการด้วยวิธีใด ๆ เพื่อหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ทักษะนี้ประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ (1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการทดลอง ซึ่งต้องมีการกำหนดและควบคุมตัวแปรและเลือกใช้อุปกรณ์หรือสารเคมีต่าง ๆ ที่จะใช้ในการทดลองได้อย่างเหมาะสม (2) การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือทำปฏิบัติการทดลองจริง (3) การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลการสังเกต สำรวจ วัด หรือวิธีอื่น ๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ วางแผนการทดลอง โดยระบุขั้นตอน อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ต้องใช้ได้ ปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ได้จนสำเร็จ บันทึกผลการทดลองที่ได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง

2.5 การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของ ของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการอื่น ๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความ สัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของของข้อมูลที่มีอยู่ได้ สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและเปรียบเทียบกับข้อมูลของผู้อื่นได้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, หน้า 9 อ้างถึงใน อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์, 2556, หน้า 83) ได้จำแนกทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท โดยยึดตามแนวของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Science process skills) ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การใช้เลขจำนวน การหา ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและ สื่อความหมายข้อมูล และการพยากรณ์

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (integrated science process skills) ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ดังนั้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท 13 ทักษะ คือ 1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน จานวน 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ทักษะการจัดกระทาและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการพยากรณ์ 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งต้องอาศัยการบูรณาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลองและทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1. ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical Thinking) เป็นการคิดที่มีกระบวนการทางสมองที่มีความซับซ้อน ซึ่งมีนักจิตวิทยานักการศึกษาหลายคนได้ให้คำนิยามความหมายไว้ ดังนี้

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง (2546, หน้า 59-61) ได้กล่าวถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ว่าเป็นกระบวนการคิดที่ผู้คิดต้องคิดกว้าง คิดลึก คิดถูกทาง คิดชัดเจน คิดถูกต้อง อย่างมีเหตุผล การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์กับการคิดแก้ปัญหา โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะสำคัญของการแก้ปัญหา และการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นการคิดอย่างมีเหตุผล

Marzano (1998 อ้างถึงใน ธูปทอง กว้างสวัสดิ์, 2554, หน้า 334) กล่าวว่า การคิดวิจารณญาณนิยามได้ทั้งในมุมแคบ และมุมกว้าง ในมุมแคบ หมายถึง การประเมินความเที่ยงตรงถูกต้องของข้อความหรือข้อมูล ส่วนนิยามในมุมกว้าง หมายถึง การคิดหาเหตุผลและสะท้อนผลเพื่อที่จะตัดสินว่าจะเชื่อ หรือไม่เชื่อ จะปฏิบัติตามหรือไม่ปฏิบัติตามผู้ที่มีความคิดวิจารณญาณสามารถคิดวิเคราะห์โต้แย้งถกเถียง ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ หาหลักฐานมายืนยันความคิดของตนเองจนกระทั่งได้ข้อสรุป เป้าหมายของการสอนการคิดวิจารณญาณก็เพื่อพัฒนาให้เป็นคนที่คิดอย่างยุติธรรมชัดเจนและถูกต้อง ถ้าย้อนไปในสมัยอริสโตเติ้ลการคิดวิจารณญาณ หมายถึง การคิดหาเหตุผลเพื่อจุดประสงค์ให้มีพฤติกรรมที่ดีงาม ความมุ่งหมายของการศึกษาในปัจจุบันต่างมุ่งเน้นให้ผู้เรียน มีความสามารถในการคิดวิจารณญาณ ซึ่งถือว่าเป็นความจำเป็นในสังคมประชาธิปไตย

Dewey (1933, p. 9 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 72) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าเป็นการคิดอย่างใคร่ครวญไตร่ตรองเริ่มจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก และสิ้นสุดลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

Hilgard (1962, p. 336 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 72) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าหมายถึง ความสามารถในการตัดสินข้อความหรือปัญหาว่าเป็นข้อเท็จจริงหรือเป็นเหตุเป็นผลกัน

Good (1973, p. 680 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 72) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าหมายถึง การคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิง เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและใช้กระบวนการทางตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

Ennis (1985, p. 46 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 72) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าหมายถึง การคิดอย่างมีพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผลที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการตัดสินใจว่า สิ่งใดควรเชื่อหรือสิ่งใดควรทำ ช่วยให้ตัดสินใจสภาพการณ์ได้ถูกต้อง

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดที่ใช้เหตุผลโดยมีการศึกษาข้อเท็จจริง หลักฐาน และข้อมูลต่างๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจ แล้วนำมาพิจารณาวิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผล ก่อนตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อ

หรือไม่ควรเชื่อ ผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเป็นผู้มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ไปยึดถือความคิดเห็นของตนเอง ก่อนจะตัดสินใจในเรื่องใดก็จะต้องมีข้อมูลหลักฐานเพียงพอและสามารถเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองให้เข้ากับผู้อื่นได้ ถ้าผู้นั้นมีเหตุผลที่เหมาะสมถูกต้องกว่า เป็นผู้ที่มีความกระตือรือร้นในการค้นหาข้อมูลและความรู้ กล่าวได้ว่าผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเป็นผู้มีเหตุผล

2. องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

นักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ดังนี้

Feeley (1976 อ้างอิงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 73) ได้แยกองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 10 ประการ คือ

1. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริง และความรู้สึกหรือความคิดเห็น
2. การพิจารณาความเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล
3. การพิจารณาความถูกต้องตามข้อเท็จจริงของข้อความนั้น
4. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อมูล ข้อคิดเห็น หรือเหตุผลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้น
5. การค้นหาสิ่งที่เป็นอคติหรือความลำเอียง
6. การระบุถึงข้ออ้าง ข้อสมมติที่ไม่กล่าวไว้ก่อน
7. การระบุถึงข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งที่ยังคลุมเครือ
8. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อคิดเห็นที่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้
9. การตระหนักในสิ่งที่ไม่คงที่ตามหลักการและเหตุผล
10. การพิจารณาความมั่นคงหนักแน่นในข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็น

การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีองค์ประกอบ 7 ประการ คือ (center for critical thinking อ้างถึงใน สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543, หน้า 159–161)

1. จุดหมาย คือ เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ทางการคิด คือคิดเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาหรือคิดเพื่อหาความรู้

2. ประเด็นคำถาม คือ ปัญหาหรือคำถามที่ต้องการรู้ คือ ผู้คิดสามารถระบุคำถามของปัญหาต่าง ๆ รวมทั้งระบบปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไข หรือคำถามสำคัญที่ต้องการรู้

3. สารสนเทศ คือข้อมูลความรู้ต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการคิดข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มา ควรมีความกว้าง ลึก ชัดเจน ยืดหยุ่นได้ และมีความถูกต้อง

4. ข้อมูลเชิงประจักษ์ คือ ข้อมูลที่ได้มานั้นต้องเชื่อถือได้ มีความชัดเจน ถูกต้อง และมีความเพียงพอต่อการใช้เป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผล

5. แนวคิดอย่างมีเหตุผล คือ แนวคิดทั้งหลายที่มีอาจรวมถึงกฎ ทฤษฎี หลักการ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีความจำเป็นสำหรับการคิดอย่างมีเหตุผลและแนวคิดที่ได้มานั้นต้องมีความเกี่ยวข้องกับปัญหา หรือคำถามที่ต้องการหาคำตอบและเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง

6. ข้อสันนิษฐาน เป็นองค์ประกอบสำคัญของทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล เพราะผู้คิดต้องมีความสนใจในการตั้งข้อสันนิษฐานให้มีความชัดเจน สามารถตัดสินได้ เพื่อประโยชน์ในการหาข้อมูลมาใช้ในการคิดอย่างมีเหตุผล

7. การนำไปใช้และผลที่ตามมา เป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งผู้คิดต้องคำนึงถึงผลกระทบ คือ ต้องมีความสามารถคิดไกล คือ มองถึงผลที่ตามมารวมกับการนำไปใช้ได้เพียงใด หรือไม่

ชนาธิป พรกุล (2544, หน้า 177–178 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 74) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มี 4 องค์ประกอบ และในแต่ละองค์ประกอบจะมีทักษะที่สามารถนำมาใช้ในชั้นเรียนได้แก่

1. การให้คำจำกัดความและการทำให้กระจ่าง ทักษะที่ฝึก ได้แก่ การระบุข้อสรุปการระบุเหตุผลที่กล่าวถึง การระบุเหตุผลที่ไม่ได้กล่าวถึง การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง การระบุและการจัดการกับสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องและการสรุปย่อ

2. การตั้งคำถามที่เหมาะสมเพื่อทำให้กระจ่างหรือท้าทาย เช่น ข้อความสำคัญคืออะไรหมายความว่าอย่างไรตัวอย่างคืออะไร อะไรไม่ใช่ตัวอย่างจะนำเรื่องนี้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไร อะไรคือข้อเท็จจริง นี่คือสิ่งที่กำลังพูดถึงหรือไม่มีอะไรที่ยังไม่ได้พูดถึง

3. การตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล โดยพิจารณาจากความมีชื่อเสียงความสอดคล้องกันระหว่างแหล่งข้อมูล ความไม่ขัดแย้งผลประโยชน์ ความสามารถในการให้เหตุผล

4. การแก้ปัญหาและการลงข้อสรุป โดยวิธีการนิรนัยและตัดสินอย่างเที่ยงตรง วิธีการอุปนัยและตัดสินข้อสรุปการคาดคะเนผลที่จะเกิดตามมา

เพ็ญพิสุทธิ์ เนคมานุรักษ์ (2537 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 74) ได้แบ่งองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็น 7 ด้าน คือ

1. การระบุประเด็นปัญหา เป็นการระบุหรือทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหา ข้อคำถาม ข้ออ้าง หรือข้อโต้แย้ง ประกอบด้วย ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ รวมทั้งความหมายของคำหรือความชัดเจนของข้อความเพื่อกำหนดประเด็นข้อสงสัยและประเด็นหลักที่ควรพิจารณาและการแสวงหาคำตอบ

2. การรวบรวมข้อมูล เป็นความสามารถในการรวบรวมข้อมูลทั้งทางตรงและทางอ้อมจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงดึงข้อมูลจากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ซึ่งได้จากการคิด การพูดคุย การสังเกตที่เกิดขึ้นจากตนเองและผู้อื่น

3. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลเป็นการวัดความสามารถในการพิจารณาประเมินตรวจสอบ ตัดสินข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาถึงที่มาของข้อมูลสถิติและหลักฐานที่ปรากฏ รวมทั้งความเพียงพอของข้อมูลในแง่มุมต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่การลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล หากยังไม่เกี่ยวข้องที่จะใช้พิจารณาลงข้อสรุปก็จะต้องใช้รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม

4. การระบุลักษณะของข้อมูล เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกประเภทของข้อมูล ระบุแนวคิดที่อยู่เบื้องต้นหลังข้อมูลที่ปรากฏซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการพิจารณาแยกแยะ เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการตีความข้อมูล ประเมินว่าข้อมูลใดเป็นข้อเท็จจริงข้อมูลใดเป็นข้อคิดเห็น รวมถึงการระบุข้อสันนิษฐานหรือข้อตกลงเบื้องต้น เบื้องหลังข้อมูลที่ปรากฏ เป็นการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่อาศัยข้อมูลจากประสบการณ์เดิมมาร่วมพิจารณา เพื่อทำการสังเคราะห์จัดกลุ่มและจัดลำดับความสำเร็จของข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการพิจารณาตั้งสมมติฐานต่อไป

5. การตั้งสมมติฐานเป็นการวัดความสามารถเหนือกำหนดขอบเขต แนวทางการพิจารณาหาข้อ สรุปของคำถาม ประเด็นปัญหาและข้อโต้แย้งประกอบด้วย ความสามารถในการคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อระบุทางเลือกที่เป็นไปได้โดยเน้นที่ความสามารถพิจารณาเชื่อมโยงเหตุการณ์และสถานการณ์

6. การลงข้อสรุปเป็นการวัดความสามารถในการลงข้อสรุปโดยการใช้เหตุผลซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลนั้นอาจใช้เหตุผลเชิงอุปนัยหรือเหตุผลเชิงนิรนัย

7. การประเมินผล เป็นการวัดความสามารถในการพิจารณาประเมินความถูกต้องสมเหตุสมผลของข้อสรุป ซึ่งต้องอาศัยหลักความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินอย่าง ไตร่ตรอง รอบคอบเพื่อพิจารณาความสมเหตุสมผลเชิงตรรกะจากข้อมูลที่มีอยู่ ข้อสรุปนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่มีผลตามมาอย่างไร มีการตัดสินคุณค่าได้อย่างไร และมีหลักเกณฑ์อย่างไร

จากการศึกษาสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบทั้ง 3 ส่วน คือ ข้อมูล ความรู้ ทักษะการคิด โดยใช้วิธีการค้นหาสมมติฐานและติดตามผลเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาไปสู่ข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลต่อไป

3. กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

นักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ดังนี้

Decaroli (1973, pp. 67–69 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 76) กล่าวว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย

1. การนิยามเป็นการกำหนดปัญหา ทำความตกลงเกี่ยวกับความหมายของคำและข้อความและกำหนดเกณฑ์

2. การกำหนดสมมติฐานการคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล หาทางเลือก และการพยากรณ์

3. การประมวล ผลข่าวสาร เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องหาหลักฐานและจัดระบบข้อมูล

4. การตีความข้อเท็จจริงและการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน

5. การใช้เหตุผลโดยระบุเหตุและผลความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์

6. การประเมินผลโดยอาศัยหลักเกณฑ์ความสมเหตุผล

7. การประยุกต์ใช้หรือนำไปปฏิบัติ

Watson-Glaser (1964, p. 24 อ้างถึงใน สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552, หน้า 76)

1. การอุปนัย

2. การระบุสมมติฐาน

3. การอุปมาน

4. การตีความ

5. การประเมินการอ้างอิงเหตุผล

ทิศนา แขมมณี (2540, หน้า 60-61 อ้างถึงใน ฆนัท ธาตุทอง, 2554, หน้า 50) ได้นำเสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ดังนี้

1. จุดมุ่งหมายของการคิด เป็นการตั้งจุดหมายของการคิดเพื่อให้ได้ความคิดที่รอบคอบสมเหตุสมผล ผ่านการพิจารณาปัจจัยรอบด้านอย่างกว้างไกลลึกซึ้ง และผ่านการพิจารณากลั่นกรอง ไตร่ตรอง ทั้งทางด้านคุณและโทษ และคุณค่าที่แท้จริงของสิ่งนั้นมาแล้ว

2. เกณฑ์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้ที่คิดอย่างมีวิจารณญาณจะมีความสามารถ ดังนี้

2.1 สามารถกำหนดเป้าหมายในการคิดอย่างถูกทาง

2.2 สามารถระบุประเด็นในการคิดได้อย่างชัดเจน

2.3 สามารถประมวลข้อมูลทางด้านข้อเท็จจริง และความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิดทั้งทางกว้าง ทางลึก และไกล

2.4 สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะใช้ในการคิดได้

2.5 สามารถประเมินข้อมูลได้

2.6 สามารถใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล และเสนอคำตอบทางเลือกที่สมเหตุสมผลได้

2.7 สามารถเลือกทางเลือก ลงความเห็นในประเด็นที่คิดได้

3. วิธีคิด กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีวิธีคิด ดังนี้

3.1 ตั้งเป้าหมายในการคิด

3.2 ระบุประเด็นในการคิด

3.3 ประมูลข้อมูลทั้งทางด้านข้อเท็จจริง และความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิดทั้งทางกว้าง ลึก และไกล

3.4 วิเคราะห์จำแนกแยกแยะข้อมูล จัดหมวดหมู่ของข้อมูลและเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้

3.5 ประเมินข้อมูลที่จะใช้ในแง่ความถูกต้อง ความเพียงพอและความน่าเชื่อถือ

3.6 ใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล เพื่อแสวงหาทางเลือกคำตอบที่สมเหตุสมผลตามข้อมูลที่มี

3.7 เลือกทางที่เหมาะสม โดยพิจารณาถึงผลที่จะตามมาและคุณค่า หรือความหมายที่แท้จริงของสิ่งนั้น

3.8 ประเมินผลได้ผลเสีย คุณและโทษ ในระยะสั้นและระยะยาว

3.9 ไตร่ตรอง ทบทวนกลับไปมาให้รอบคอบ

3.10 ประเมินทางเลือก และลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด

สรุปได้ว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารญาณนั้นมีขั้นตอนการฝึกที่สามารถสรุปได้ว่ามีความคล้ายคลึงกันในเรื่องต่อไปนี้ คือ การทำความเข้าใจกับปัญหาหรือประเด็นที่สำคัญหรือสถานการณ์ที่พบ และมีการรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำมาเป็นแนวทางการแก้ปัญหา ฉะนั้นก็วิเคราะห์ข้อมูลพิจารณาข้อมูลเพื่อหาทางเลือกหรือคำตอบที่ถูกต้องอย่างรอบคอบประเมินทางเลือกในหลายทางและสรุปเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ

4. ลักษณะของผู้มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นพฤติกรรมภายใน ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบาย ลักษณะของผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้สรุปได้ ดังนี้

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551, หน้า 102) คุณลักษณะที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย 5 ลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. เป็นผู้มีใจกว้าง คือ ยอมรับฟังและพิจารณาความคิดเห็นไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองเป็นหลักไม่อคติ มีใจเป็นกลาง และตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลประกอบเพียงพอ การมีใจกว้างขวางจะทำให้ได้ข้อมูลที่กว้างขวาง หลากหลาย มากพอต่อการใช้ในการตัดสินใจได้ดีมากขึ้น

2. มีความไวต่อความรู้สึกของผู้อื่น เข้าใจผู้อื่น การมีความรู้สึกที่ไวจะทำให้สามารถรับรู้สถานการณ์ ความคิด ความรู้สึกของผู้อื่นได้ดีกว่า

3. เปลี่ยนความคิดเห็นที่ตนมีอยู่ได้ ถ้ามีข้อมูลที่มีเหตุผลมากกว่า

4. กระตือรือร้นในการค้นหาข้อมูลและความรู้ การมีข้อมูลและความรู้มาก ทำให้การตัดสินใจย่อมถูกต้องและแม่นยำ การคิดวิจารณญาณต้องการข้อมูลความรู้มาก ๆ เพื่อประกอบในการตัดสินใจ แม้ว่าบางข้อมูลอาจมีประโยชน์น้อยก็ตาม

5. เป็นผู้มีเหตุผล ไม่ใช้อคติหรืออารมณ์ในการตัดสินใจ การยอมรับข้อมูลใด ๆ หรือการตัดสินใจใด ๆ จะไม่เชื่อมั่นในตัวบุคคลหรืออารมณ์ ข้อมูลที่มีเหตุผลจะทำให้การตัดสินใจดีกว่า

Bassham and others (2011, pp. 25–26 อ้างถึงใน ปรณัฐ กิจรุ่งเรือง, 2553 หน้า 97) เสนอลักษณะของนักคิดอย่างมี วิจารณญาณไว้ ดังนี้

1. มีแรงขับและกระตือรือร้นที่จะแสวงหาความถูกต้อง เที่ยงตรงและแม่นยำ

2. มีความสามารถใช้วิจารณญาณในสถานการณ์ที่เป็นอุปสรรค

3. มีความสามารถทำความเข้าใจ วิเคราะห์ และประเมินข้อโต้แย้งและมุมมองที่แตกต่าง

4. มีเหตุผลเชิงตรรกะและสามารถลงข้อสรุปจากข้อมูลหลักฐานที่มี

5. ตระหนักในสติปัญญาและข้อจำกัดของตนเอง

6. รับฟังมุมมองที่แตกต่างอย่างเปิดใจ

7. เชื่อตามข้อเท็จจริงและหลักฐานมากกว่าความชอบส่วนตัว

8. รับรู้เหตุการณ์โดยปราศจากอคติ

9. คิดอย่างอิสระโดยไม่กังวลกับความคิดของผู้อื่นที่ไม่เห็นด้วย

10. สามารถเข้าถึงประเด็นโดยไม่สับสนกับรายละเอียดย่อย

11. กล้าคิดกล้าเผชิญความคิดที่ท้าทายความคิดเดิมของตนเอง

12. อยากรู้อยากเห็นความจริงต่าง ๆ

Paul (1993 อ้างถึงใน ปรณัฐ กิจรุ่งเรือง, 2553, หน้า 97) ได้สรุปลักษณะของผู้ที่มีการคิด อย่างมีวิจารณญาณ ว่าประกอบด้วยการคิดอย่างอิสระ ใส่ใจในความคิดเห็นของผู้อื่น รู้ข้อจำกัดในความคิดของตน กล้าทางปัญญา ซื่อสัตย์ มีความเพียร ใช้เหตุผล อยากรู้อยากเห็น มีคุณธรรม และรับผิดชอบ

Hudgins (1997) กล่าวว่าผู้คิดอย่างมีวิจารณญาณจะมีลักษณะ ดังนี้

1. เป็นบุคคลที่มีความเข้าใจถึงองค์ประกอบสำคัญของข้อโต้แย้ง กล่าวคือ ต้องมีข้อมูล เพียงพอในการพิจารณาความน่าจะเป็นของข้อโต้แย้ง และสามารถทำนายผลที่น่าจะเกิดขึ้นได้

2. สามารถแสวงหาหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งหรือข้อสรุปได้ ลักษณะนี้มีความสำคัญมาต่อการตัดสินและหาข้อสรุปให้ถูกต้องมีเหตุผล ผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ จะต้องพิจารณาทั้งข้อเท็จจริง และความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่จะนำไปสู่ข้อสรุป

3. เป็นบุคคลที่สามารถประเมินข้อมูลที่นำมาใช้ก่อนที่จะสรุป ไม่สรุปจนกว่าจะมี หลักฐานเพียงพอ

4. เป็นบุคคลที่สนใจบันทึกและสังเกตสิ่งที่ไม่ได้กล่าวในข้อสรุป เพื่อใช้เป็นข้อมูลใน การตรวจสอบและติความสิ่งที่ยังคลุมเครือ

Hanadek (1989, p. 21) ศึกษาลักษณะบุคคลที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ สรุปได้ดังนี้

1. เปิดใจยอมรับความคิดเห็นใหม่ ๆ
2. ไม่โต้แย้งในเรื่องใด ๆ ถ้ายังไม่ทราบรายละเอียดข้อมูลของเรื่องนั้น
3. รู้ว่าเมื่อไรที่จำเป็นต้องหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา
4. จำแนกข้อสรุปที่อาจจะเป็นจริงกับข้อสรุปที่ต้องเป็นจริงได้
5. ยอมรับว่าคนเรานั้นมีความคิดแตกต่างกันเกี่ยวกับความหมายของคำ
6. พยายามหลิกเลี่ยงการให้เหตุผลที่ผิดพลาด
7. พยายามถามทุก ๆ สิ่งที่ไม่เข้าใจ
8. พยายามจำแนกความคิดด้วยอารมณ์ออกจากความคิดด้วยเหตุผล
9. พยายามเรียนรู้คำใหม่ ๆ เพื่อจะได้เข้าใจเมื่อได้ยินผู้อื่นกล่าวถึง ขณะเดียวกันก็สามารถ เสนอความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน

Ennis (1991) ได้จำแนกลักษณะของผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ ออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1. ค้านลักษณะที่แสดงออก (dirportion) ได้แก่

1.1 พูด เขียน หรือสื่อความเข้าใจโดยมีความหมายชัดเจน

1.2 กำหนดประเด็นปัญหาที่แน่นอน โดยมุ่งการสรุปประเด็นปัญหา

1.3 มองภาพรวมของสถานการณ์ทั้งหมดได้

1.4 แสวงหาเหตุผลและให้เหตุผลที่เหมาะสมได้

1.5 เป็นผู้มีความทันสมัยอยู่เสมอ

1.6 มองหาทางเลือกหลายๆทาง

1.7 แสวงหาความถูกต้องแม่นยำให้มากที่สุดตามที่สถานการณ์ต้องการ

1.8 รู้จักตนเองดีว่ามีอะไรเป็นความเชื่อพื้นฐาน

1.9 เปิดใจกว้าง พิจารณาแนวคิดอื่นที่นอกเหนือจากแนวคิดของตน

1.10 ไม่ด่วนตัดสินในกรณีที่หลักฐานไม่เพียงพอ

1.11 ยืนยันความคิดหรือเปลี่ยนแปลงความคิดเมื่อเห็นว่าหลักฐานและเหตุผลเพียงพอ

1.12 ใช้วิจารณญาณของตนเองในการคิดหาข้อสรุป

2. ด้านความสามารถ (abilities)

2.1 บอกได้ว่าประเด็นนั้นเป็นการอ้างเหตุผล ปัญหาหรือข้อสรุป

2.2 วิเคราะห์การอ้างเหตุผลได้

2.3 ถามหรือตอบคำถามเกี่ยวกับการให้ความกระจ่างความชัดเจนได้

2.4 ให้นิยาม วินิจฉัยคำนิยาม และจัดระบบด้วยคำ ความคิดที่มีความหมายกำกวมให้ชัดเจนได้

2.5 ชี้ให้เห็นแนวคิดที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังของประเด็นปัญหาได้

2.6 วินิจฉัยความน่าเชื่อถือของที่มาของแนวคิดและเหตุผลต่าง ๆ ได้

2.7 สังเกตและวินิจฉัย ตัดสิน รายงานการสังเกตได้

2.8 ประเมินค่าการวินิจฉัยข้อมูลได้

2.9 คิดด้วยเหตุผลจากข้อมูลจริงที่มีอยู่และสรุปเป็นกฎหรือหาข้อสรุปได้

2.10 วินิจฉัยติตสินคำนิยามต่าง ๆ ได้

2.11 ผสมผสานความสามารถและพฤติกรรมอื่น ๆ ในการติดสินใจและการเสนอผล การตัดสินเพื่อให้เป็นที่ยอมรับได้

2.12 ดำเนินการตามระเบียบแบบแผนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

2.13 ไวต่อความรู้สึก ระดับความรู้ และความเป็นผู้รู้ของบุคคลอื่น

2.14 ใช้วิธีการสื่อความคิดที่เหมาะสมในการเสนอความคิดเห็น

2.15 ควบคุมความรู้สึกต่อแนวความคิดหรือความเชื่อที่ผิด ๆ ได้อย่างเหมาะสม

จากลักษณะของผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมา สามารถสรุปลักษณะการแสดงออกหรือพฤติกรรมที่สังเกตได้ของผู้มีความคิดอย่างวิจารณญาณได้ดังนี้

1. สามารถพิจารณาข้อมูล แล้วระบุประเด็นปัญหาหรือข้อสังเกตที่แน่นอนได้

2. สามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยประเมินว่าข้อมูลที่ได้รับมาจาก แหล่งที่มาที่น่าเชื่อถือหรือไม่ ข้อมูลเพียงพอต่อการพิจารณาหาข้อสรุปหรือไม่ ถ้าพบว่าไม่เพียงพอ ต่อการสรุปก็สามารถค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ ไม่ด่วนวินิจฉัยในกรณีที่หลักฐานไม่เพียงพอ

3. สามารถแยกยะความแตกต่างของข้อมูล ติความข้อมูลสร้างทางเลือกที่เป็นไปได้หลาย ๆ ทางโดยไม่ยึดติดกับแนวคิดของตนเอง รวมทั้งประเมินว่าข้อมูลใดเป็นข้อเท็จจริงหรือ ข้อคิดเห็น

4. สามารถหาข้อสรุปจากหลักฐานข้อมูลที่ได้อย่างมีเหตุผล

5. สามารถทำนายผลหรือหาข้อสรุปใหม่ได้ในกรณีที่ข้อมูลที่ได้รับมีการเปลี่ยนแปลง และนำข้อสรุปไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

5. ทักษะสำคัญที่ใช้ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

นักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายทักษะสำคัญของผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ดังนี้

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553, หน้า 109–110) ได้กล่าวถึงทักษะที่สำคัญในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การนิยามทำความกระจ่างกับปัญหา เป็นการระบุปัญหาระบุสาระสำคัญ บอกจุดเด่นของสิ่งต่าง ๆ

2. การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการรวบรวมข้อมูล สังเกต จำแนกแยกแยะความแตกต่างของ ข้อมูล ระบุรายละเอียดได้ การเปรียบเทียบข้อมูลและจัดหมวดหมู่ข้อมูล

3. การสังเคราะห์ เป็นการเลือกใช้ข้อมูลรู้ว่าข้อมูลชัดเจนไม่คลุมเครือ ข้อมูลใดจำเป็นไม่จำเป็น ข้อมูลใดน่าเชื่อถือไม่น่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลมาประมวลแล้วสรุปเป็นความคิดได้

4. การประเมินและพิจารณาตัดสินข้อมูล เป็นการตัดสินได้ว่าข้อมูลใดเป็นข้อเท็จจริงข้อมูลใดเป็นความคิดเห็น สิ่งใดเกี่ยวไม่เกี่ยวข้อง ระบุสิ่งที่เป็นอคติ การเข้าข้างตนเอง ขจัดอารมณ์ความรู้สึก ระบุได้ว่าสิ่งใดถูกสิ่งใดผิด สิ่งควรเชื่อสิ่งใดควรทำสิ่งใดมีคุณค่าสิ่งใดไม่มีคุณค่า

วัชรา เล่าเรียนดี (2552, หน้า 30) กล่าวถึงทักษะอื่นที่เกี่ยวข้อกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1. การแสวงหาความเหมือน การมองหาในแบบต่าง ๆ ของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ของความรู้

2. การพิจารณาความเกี่ยวข้อง ความน่าเชื่อถือ ความมีเหตุมีผลของสาระข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3. การแสวงหามองหาและประเมินผล แนวทางการแก้ปัญหาทางเลือกต่าง ๆ ที่จะใช้ใน การแก้ปัญหา

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ทักษะที่สำคัญในการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย การนิยาม การวิเคราะห์ข้อมูล การสังเคราะห์ และการประเมินและพิจารณาตัดสินข้อมูล

6. แนวคิดในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ประพันธ์คีรี สุเสารัจ (2553, หน้า 110) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตัวอย่างเช่น

1. เตรียมข้อมูล หรือ สถานการณ์อย่างน้อย 2 สถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนสังเกตและพิจารณาตัดสินว่า ข้อมูลใดถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน

2. เตรียมคำถามหรือสถานการณ์ที่มีผู้ตั้งข้อสังเกตหรือให้คำตอบไว้แล้ว นำมาให้นักเรียน ตัดสินใจว่าข้อสังเกตนั้น มีข้อสนับสนุน ข้อคัดค้าน หรือไม่มีความเกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงเลย

3. เตรียมข้อความหรือสถานการณ์ที่เป็นเหตุเป็นผลกันแล้วนำมาให้นักเรียนสรุปจาก ข้อความหลักที่กำหนด

4. เตรียมข้อความหรือ สถานการณ์ที่สัมพันธ์กันแล้วนำมาให้นักเรียนตัดสินใจว่า ข้อความใดจำเป็นที่สุด หรือจำเป็นต้องเกิดขึ้นก่อนจึงจะสมเหตุสมผล

สุคนธ์ สินทพานนท์ และคณะ (2551, หน้า 30–81) ได้เสนอให้ครูผู้สอนจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รูปแบบต่าง ๆ เช่น

1. ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการสอน โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการ คิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดในสิ่งที่เรียน รู้จักคิดในแง่ความหมายในรายละเอียด รู้จักขยายผลของสิ่งที่คิดและปรับสิ่งที่ได้จากการคิดดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ฝึกให้นักเรียนได้รู้ปัญหา วิธีแก้ปัญหาบนพื้นฐานของข้อมูลต่าง ๆ โดยนำมาวิเคราะห์พิจารณาความน่าเชื่อถือก่อนการตัดสินใจ ประเด็นสำคัญ คือ การสร้างให้นักเรียนรู้จักคิดก่อนทำและสามารถอธิบายการกระทำของคนว่ามีเหตุผลอย่างไร การฝึกให้นักเรียนมีเหตุผลจะใช้คำถามว่า “ทำไม” ให้นักเรียนตอบโดยมีพื้นฐานข้อมูลรองรับเสมอ

2. ส่งเสริมให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เป็นการพัฒนาทักษะการคิด มีความมั่นใจในตนเองและมีความรู้สึกที่เป็นอิสระ ซึ่งผู้สอนอาจจัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน และให้นักเรียนมีโอกาสตัดสินใจในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เป็นการฝึกฝนและพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณอันเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง

3. จัดสื่อการเรียนรู้แบบต่างๆเพื่อส่งเสริมการฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีสื่อหลายรูปแบบ สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ บทความประเภทต่าง ๆ หนังสือพิมพ์ นิทานฯ เมื่ออ่านแล้วครูอาจใช้คำถามฝึกการคิด เช่น เรื่องคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันออย่างไร ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการอ่านจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้วิธีหนึ่ง หรือครูอาจทำแบบฝึกทักษะการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน ซึ่งอาจมีรูปแบบหลากหลาย เช่น ฝึกคิดจากสถานการณ์จำลอง ฝึกการคิดจากภาพ เป็นต้น

4. ฝึกให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันตามหัวข้อต่าง ๆ ที่น่าสนใจ หรือเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จากข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ จากความคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในข่าวประจำวัน จากการ์ตูนล้อการเมือง จะทำให้นักเรียนมีทักษะการอภิปรายเชิงวิเคราะห์ วิจารณ์ ฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการลงข้อสรุปและรู้จักประเมินความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้นักเรียนรู้จักการอ้างเหตุผลและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นกลาง

5. ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ โดยแนะนำให้นักเรียนวางเป้าหมาย ตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ โดยมีข้อมูลหลักฐานในการตรวจสอบและใช้เหตุผลในการพิจารณาตัดสินใจปรับปรุงหรือดำเนินงานตามแผน และรู้จักวิธีการในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม รอบคอบ และควบคุมตนเองให้ดำเนินงานตามแผน การทำงานหรือกิจกรรมใด ๆ ก็ตามที่ครูฝึกให้นักเรียนรู้จักวางแผนการดำเนินงานแล้วมีการประเมินผลการทำงานนั้น จัดได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทิศนา แขมณี (2548, หน้า 64 อ้างถึงใน สุทธภา บุญแซม, 2553 หน้า 63) ได้ให้แนวทางการสอนเพื่อพัฒนาการคิด ดังนี้

แนวที่ 1 การสอนเพื่อพัฒนาการคิดโดยตรง โดยใช้โปรแกรมสื่อสำเร็จรูปหรือบทเรียน กิจกรรมสำเร็จรูป

แนวที่ 2 การสอนที่เนื้อหาสาระต่าง ๆ โดยใช้รูปแบบ หรือกระบวนการสอนที่เน้นการพัฒนาการคิดที่มีผู้พัฒนาขึ้น การสอนเพื่อพัฒนาการคิดในลักษณะนี้เป็นการสอนที่มุ่งเน้นที่เนื้อหาสาระตาม วัตถุประสงค์ของหลักสูตร แต่เพื่อให้การสอนนั้นเป็นการช่วยพัฒนาความสามารถทางการคิดของ นักเรียนไปในตัว ครูสามารถนำรูปแบบการสอนต่าง ๆ ที่เน้นกระบวนการคิด มาใช้เป็นกระบวนการสอน ซึ่งจะช่วยให้ครูสามารถพัฒนาผู้เรียนได้ทั้งทางด้านเนื้อหาและกระบวนการคิดไปพร้อม ๆ กัน

แนวที่ 3 การสอนที่เนื้อหาสาระต่าง ๆ โดยพยายามส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดแบบต่าง ๆ รวมทั้งทักษะการคิดทักษะย่อยและทักษะผสมผสานในกิจกรรมการเรียนการสอนการพัฒนาการคิดตามแนวทางนี้ครูสามารถทำได้มากที่สุดสะดวกที่สุด เนื่องจากครูสอน เนื้อหาสาระอยู่แล้ว และมีกิจกรรมการสอนอยู่แล้ว เมื่อครูมีความเข้าใจเรื่องการคิด ครูจะสามารถ นำความเข้าใจนั้นมาใช้ปรับกิจกรรมการสอนที่มีอยู่แล้วให้มีลักษณะให้โอกาสผู้เรียนได้พัฒนา ทักษะการคิด ลักษณะการคิดและกระบวนการคิดที่หลากหลาย

สรุปการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถได้จากกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนโดยอาศัยการฝึกฝน และหาวิธีการที่เหมาะสมมากระตุ้นผู้เรียนคิดโดยการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนหาคำตอบ การอภิปรายร่วมกันการทำงานเป็นกลุ่มมีสื่อสื่อการเรียนรู้ที่ หลากหลาย และนักเรียนสามรถตัดสินใจด้วยตนเอง โดยการสอนเพื่อพัฒนาการคิดในลักษณะ สอดแทรกในสาระการเรียนตามตัวชี้วัดของหลักสูตร หรือการสอนเพื่อพัฒนาการคิดโดยใช้สื่อแบบฝึกสำเร็จรูป เป็นต้น

7. กิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

วีระ สุดสังข์ (2550, หน้า 39) ได้กล่าวไว้ว่า ผู้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็น กระบวนการพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถกระทำได้โดยการสร้างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เป็นปัญหาในระดับที่ยากซับซ้อน และไม่สามารถแก้ไขได้ทันท่วงทีแต่ต้องประมวลข้อมูล ความรู้หรือข้อคิดเห็นอย่างกว้างขวางมาประกอบการพิจารณากลั่นกรองไตร่ตรองและประเมินผลอย่างรอบด้านเพื่อให้เกิดผลการคิดที่รอบคอบและสมเหตุสมผล

ทิศนา แขมมณี (2551, หน้า 311) กล่าวว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความสามารถทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ ความจำ ความเข้าใจ จนถึงขั้นการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า ตามแนวคิดของ บลูม (Bloom) หรือตามแนวคิดของ กานเย (Gagne) ที่เริ่มจากการเรียนรู้สัญลักษณ์ทางภาษาจนโยงเป็นความคิดรวบยอด เป็นกฎเกณฑ์และนำกฎเกณฑ์ไปใช้ ผู้สอนควรพยายามใช้เทคนิคดังต่อไปนี้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้เป็นขั้น ๆ อาจจะเลือกใช้เทคนิคใดก่อนหลังก็ได้ ขึ้นอยู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แต่ควรพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนผ่านขั้นตอนย่อยทุกขั้นตอนดังนี้

1. สังเกต ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมรับรู้แบบปรนัยให้เกิดความเข้าใจได้ความคิดรวบ ยอด เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ สรุปเป็นใจความสำคัญครบถ้วนตรงตามหลักฐานข้อมูล

2. อธิบาย ให้ผู้เรียนตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นเชิงเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย กับสิ่งที่กำหนดเน้นการใช้เหตุผลด้วยหลักการกฎเกณฑ์ และอ้างหลักฐานข้อมูลประกอบให้น่าเชื่อถือ

3. รับฟัง ให้ผู้เรียนได้ฟังความคิดเห็นเป็นคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีต่อความคิดเห็น ของตนได้ตอบคำถาม โต้ตอบ และแสดงความคิดเห็นของตน ฝึกให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนความคิด เดิมของตนเองตามเหตุผลหรือข้อมูลที่ดีโดยไม่ใช้อารมณ์

4. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ ให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบความแตกต่างและความคล้ายคลึงของสิ่งต่าง ๆ ให้สรุปจัดกลุ่มสิ่งที่เป็นพวกเดียวกัน เชื่อมโยงเหตุการณ์เชิงสาเหตุ และผล หากฎเกณฑ์การเชื่อมโยงในลักษณะอุปมาอุปไมย

5. วิจารณ์ จัดกิจกรรมให้วิเคราะห์เหตุการณ์ คำกล่าว แนวคิด หรือการกระทำ แล้วให้จำแนกหาจุดเด่น–จุดด้อย ส่วนดี–ส่วนเสีย ส่วนสำคัญ–ไม่สำคัญ จากสิ่งนั้นด้วยการยก เหตุผลหลักมาประกอบการวิจารณ์

6. สรุป จัดกิจกรรมให้พิจารณาส่วนประกอบของการกระทำหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกันแล้วให้สรุปผลอย่างตรงและถูกต้องตามหลักฐานข้อมูล

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551, หน้า 102) กล่าวถึงแนวการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. สร้างความกระตือรือร้น อยากรู้ อยากเห็น (Curiosity) โดยต้องได้รับการกระตุ้น ยั่วยุ โดยใช้สื่อ คำถาม กิจกรรม

2. ฝึกให้มีความกล้าเสี่ยง (Risk taking) กล้าคิดแตกต่างไปจากคนส่วนใหญ่ กล้าเสี่ยงที่จะสร้างสิ่งใหม่หรือแตกต่างไปจากเดิม โดยใช้สถานการณ์ที่ยั่วยุให้คาดการณ์และคาดเดาสิ่งต่าง ๆ ซึ่งอาจมีคำตอบหลาย ๆ แนวทาง

3. ความยุ่งยากซับซ้อน (Complexity) ความยุ่งยากซับซ้อนจะทำให้เกิดการพัฒนา ความคิดระดับสูงได้ต้องพัฒนาจากง่ายไปหายาก กิจกรรมที่ใช้และระดับความยากง่ายต้อง สอดคล้องเหมาะสมกับเด็กแต่ละคน

4. กระตุ้นให้เกิดจินตนาการ (Imagination) เด็กต้องได้รับการกระตุ้นให้มีความคิด จินตนาการ สร้างสรรค์อย่างหลากหลาย ทั้งที่เป็นการจินตนาการจากภาพจากนิทานจาก ประสบการณ์เดิม จากเหตุการณ์สิ่งแวดล้อมรอบตัว จากความรู้สึกของตนเอง

5. ฝึกฝนให้ใจกว้าง (Open mind) เด็กควรได้รับการฝึกฝนให้ทำงานกลุ่ม การอภิปรายกลุ่ม การรับฟัง และยอมรับความคิดเห็นของคนอื่น ยอบรับในเหตุผลและข้อมูล ของกลุ่ม หรือของคนอื่นที่ดีกว่าหรือมีมากกว่า

6. สร้างความมั่นใจในตนเอง (Self confidence) ความมั่นใจในตนเองจะทำให้เด็ก ได้มีการพัฒนาการคิดและกล้าแสดงออกซึ่งความคิด การเลือกสรรกิจกรรมที่

หลากหลายและเหมาะสมจะทำให้เด็กกล้าแสดงออก เริ่มจากการตั้งคำถามง่าย ๆ การแสดงออกอย่างง่ายแล้วยากขึ้นตามลำดับ การเล่นและการทำงานเป็นกลุ่ม แล้วลดลงจนเหลือคนเดียวซึ่ง การแสดงออกของเด็กต้องได้รับกำลังใจและการสนับสนุน จะทำให้เด็กมีความมั่นใจมากขึ้น

8. ประโยชน์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คุสิต ฟังเสวก (2552, หน้า 29) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. ช่วยให้ปฏิบัติงานอย่างมีหลักการและเหตุผลและได้งานที่มีประสิทธิภาพ
2. ช่วยให้สามารถประเมินงานโดยใช้เกณฑ์ที่สมเหตุสมผล
3. ส่งเสริมให้รู้จักการประเมินตนเองอย่างมีเหตุผล รวมทั้งฝึกการตัดสิน
4. ช่วยให้รู้เนื้อหาอย่างมีความหมายและเป็นประโยชน์
5. ช่วยฝึกทักษะการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา
6. ช่วยฝึกการกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ค้นหาความรู้ ทฤษฎี หลักการ ตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมายและลงข้อสรุป
7. ช่วยฝึกให้ประสบผลสำเร็จในการใช้ภาษาและสื่อความหมาย
8. ช่วยให้คิดอย่างชัดเจน คิดอย่างถูกต้อง คิดอย่างจ่มแจ้ง คิดอย่างกว้าง และคิดอย่างลุ่มลึกตลอดจนคิดอย่างสมเหตุสมผล
9. ช่วยให้เป็นผู้มีปัญญา มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย มีความเมตตา และเป็นผู้มีประโยชน์
10. ช่วยให้สามารถอ่าน เขียน พูด ฟัง ได้ดี
11. ช่วยให้พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่อง ในสถานการที่โลกมีความเปลี่ยนแปลงสู่ยุคข้อมูลสารสนเทศ

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2552) สรุปประโยชน์ของการรู้จักนำวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในการดำเนินชีวิตมีดังนี้

1. มีความมั่นใจในการเผชิญต่อปัญหาต่าง ๆ และแก้ไขปัญหานั้น ๆ ได้ถูกทาง
2. สามารถตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีเหตุผล
3. มีบุคลิกภาพดี เป็นคนสุขุมรอบคอบ ละเอียดลออก่อนตัดสินใจในเรื่องใดจะต้องมีข้อมูลหลักฐานประกอบแล้ววิเคราะห์ด้วยเหตุผลก่อนตัดสินใจ

4. ทำกิจการงานต่าง ๆ ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดอย่างมีคุณภาพ เนื่องจากมีระบบความคิดอย่างเป็นขั้นตอน

5. มีทักษะในการสื่อสารกับผู้อื่นได้ดี ทั้งด้านการอ่าน เขียน ฟัง พูด

6. การพัฒนาวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่เสมอ ส่งผลให้สติปัญญาเฉียบแหลม พัฒนา ความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง

7. เป็นผู้มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย

8. เป็นผู้ปฏิบัติงานอยู่บนหลักการและเหตุผล ส่งผลให้งานสำเร็จอย่างมีคุณภาพ

จากประโยชน์ที่นักวิชาการการศึกษาได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทักษะการคิดอย่าง มีวิจารณญาณสามารถทำให้เรามีความมั่นใจในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ถูกทาง ตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผลทำให้เป็นผู้ที่มีบุคลิกภาพที่ดีเป็นคนที่มีความรอบคอบ ก่อนที่จะ ตัดสินใจทำเรื่องใดจะต้องมีหลักฐานประกอบ ในการวิเคราะห์ตัดสินใจ ทำให้ประสบความสำเร็จตาม เป้าหมายที่วางไว้อย่างมีคุณภาพเพราะมีการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน มีทักษะในการสื่อสารกับ ผู้อื่นได้ดีในทุกด้าน การพัฒนาวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่เสมอ จะส่งผลให้เรามีสติปัญญาที่เฉียบแหลม พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เราเป็นผู้ที่มีวินัยและมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน อยู่บนพื้นฐานของหลักการและเหตุผลทำให้งานออกมาอย่างมีคุณภาพ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นมีผู้ให้ความหมายไว้หลายประการดังต่อไปนี้

รุจาภา ประถมวงษ์ (2551, หน้า 24) ให้ความหมายว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคล อันเป็นผลเนื่องมาจากการได้รับการพัฒนาทักษะทางการเรียนรู้ซึ่งสามารถวัดได้โดยอาศัยเครื่องมือทางจิตวิทยาหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รัตนาภรณ์ ผ่านพิเคราะห์ (2544, หน้า 7 อ้างถึงใน รุ่งอรุณ ถำวาปี, 2556, หน้า 119) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลของความสามารถทางวิชาการที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีต่าง

กระทรวงศึกษาธิการ (2546, หน้า 11 อ้างถึงใน รุ่งอรุณ ถำวาปี, 2556, หน้า 119) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำใด ๆ ที่จะต้องอาศัยทักษะหรือมิฉะนั้นก็ต้อง อาศัยความรอบรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ

อำนวย นันทนา (2552, หน้า 35) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถทางการเรียนของนักเรียนโดยวัดได้จากคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

กู้ด (1973, pp. 6–7 อ้างถึงใน รุ่งอรุณ ถำวาปี, 2556, หน้า 119) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ที่ได้จากการเรียน หรือการพัฒนาทักษะการเรียน ซึ่งโดยปกติพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนด คะแนนที่ได้จากงานที่ครูผู้สอนมอบหมายให้ หรือ ทั้งสองอย่าง

อัญชลา โชติวุฒิเดชา (2553, หน้า 94) ให้ความหมายว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงความสามารถของบุคคลที่แสดงออกถึงความรู้และทักษะในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงการวัดความสามารถ ความรู้ความเข้าใจ ทักษะทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนโดยวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นสิ่งหนึ่งที่ชี้ถึงผลลัพธ์ของการจัดการเรียนการสอน

2. ลักษณะของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ลักษณะของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายลักษณะ ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้สรุปไว้ ดังนี้

อุทุมพร จามรมาน (2535 อ้างถึงใน วนิดา ดีแป้น, 2553, หน้า 22) สรุปไว้ 2 ด้าน ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านสมอง จำแนกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1.1 ผลสัมฤทธิ์ด้านความจำ เป็นสิ่งที่สำคัญทางการเรียน ความจำเป็นตัวเสริมให้เกิดความรู้ความสามารถในการเรียน ความจำเป็นผลสัมฤทธิ์พื้นฐานก่อนการแสดงความสามารถในระดับสูงขึ้น

1.2 ผลสัมฤทธิ์ด้านความเข้าใจ เป็นการแสดงความสามารถในระดับสูง ขึ้นกว่าความจำ

1.3 ผลสัมฤทธิ์ด้านการนำไปใช้ เป็นการนำความรู้ที่ได้เรียนไปแล้วไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการบรรลุจุดมุ่งหมายของการนำไปใช้

1.4 ผลสัมฤทธิ์ด้านการวิเคราะห์ เป็นการแยกแยะเนื้อหาให้เป็นส่วนย่อย แล้วระบุส่วนย่อยกับส่วนย่อย หรือส่วนย่อยกับส่วนใหญ่

1.5 ผลสัมฤทธิ์ด้านการสังเคราะห์ เป็นการนำสิ่งที่วิเคราะห์มาผสมผสานเป็นเรื่องใหม่

1.6 ผลสัมฤทธิ์ด้านการประเมิน ความสามารถในด้านการประเมินเพื่อให้ได้คุณค่าบางอย่าง ถือว่าเป็นขั้นสุดท้ายของการพัฒนาทางสังคมของผู้เรียน

กล่าวโดยสรุปผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านสมองขึ้นอยู่ความสามารถทักษะและประสบการณ์ของผู้เรียนแต่ละบุคคลซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้ ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านจิตใจ เป็นสิ่งที่เป็นนามธรรมและมีขอบเขตกว้างมาก ตั้งแต่การรับรู้จนถึงความพึงพอใจในคุณค่า แบ่งย่อยเป็น 5 ระดับ ดังนี้

2.1 ขั้นการรับรู้เป็นระดับต่ำ หมายถึง การที่บุคคลแต่ละคนเปิดใจอยากรับรู้ว่าเกิดอะไรขึ้นภายนอกบ้าง คือการรู้ตัวและการตั้งใจรับรู้เพิ่ม

2.2 ขั้นการตอบสนอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้แสดงตอบต่อคนสิ่งของและปรากฏการณ์

2.3 ขั้นการแสดงคุณค่าเป็นขั้นที่มีการรับรู้คุณค่า

2.4 ขั้นการสร้างมโนทัศน์ของคุณค่าเป็นขั้นการสร้างความเข้าใจ

2.5 ขั้นการแสดงลักษณะ เป็นขั้นการแสดงบุคลิกนิสัยของบุคคลเหล่านั้นออกมา

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านจิตใจ เป็นสิ่งที่มองไม่เห็น โดยขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล โดยสามารถแบ่งออกเป็นลำดับขั้นของการเรียนรู้ โดยเริ่มต้นจากขั้นของการเปิดใจอยากรับรู้สิ่งต่าง ๆ ขั้นของการแสดงออกต่างสิ่งต่าง ๆ ที่ได้รับรู้ขั้นของการรับรู้คุณค่าของสิ่งที่รับรู้ ขั้นของการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่รับรู้แล้วบันทึกไว้ในสมอง และขั้นสุดท้ายคือขั้นของการแสดงลักษณะนิสัยของแต่ละคนออกมา

3. องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายลักษณะ ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้สรุปไว้ ดังนี้

Anastasi (อ้างถึงใน ขนิษฐา บุญภักดี, 2552, หน้า 8) ได้กล่าวว่าผู้เรียนจะประสบความสำเร็จทางการศึกษาได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบด้านสติปัญญา (Intellectual–Factor) เป็นความสามารถในการคิดของบุคคล อันเป็นผลมาจากการสะสมของประสบการณ์ต่าง ๆ รวมถึงความสามารถที่ติดตัวมาแต่กำเนิด โดยความสามารถเหล่านี้วัดได้หลายแบบ เช่น วัดความถนัดทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหา สมรรถภาพทางสมอง เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบด้านสติปัญญาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. องค์ประกอบที่ไม่ใช่ทางด้านสติปัญญา (Non Intellectual–Factor) เช่น เพศ อายุ แผนการเรียน อันดับการเลือก รายได้ของบิดามารดา นิสัยในการเรียน เจตคติในการเรียน ตลอดจนสภาพแวดล้อมของสถานศึกษา เป็นต้น

กัมปนาท ศรีเชื้อ (2550 อ้างถึงใน ขนิษฐา บุญภักดี, 2552, หน้า 8) ได้กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีองค์ประกอบ 2 ประการ ได้แก่

1. องค์ประกอบทางด้านสติปัญญา

2. องค์ประกอบที่มิได้เกี่ยวข้องกับสติปัญญา

กรองแก้ว วรรณพฤกษ์ (2555, หน้า 45–46) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในโรงเรียนนั้นประกอบด้วย

1. คุณลักษณะของผู้เรียนได้แก่ความพร้อมทางสมองและความพร้อมทางสติปัญญาความพร้อมทางด้านรางกายและความสามารถทางด้านทักษะของรางกาย คุณลักษณะทางจิตใจซึ่งได้แก่ความสนใจแรงจูงใจเจตคติและค่านิยมสุขภาพความเข้าใจเกี่ยวกับตนเองความเข้าใจในสถานการณ์อายุเพศ

2. คุณลักษณะของผู้สอนได้แก่สติปัญญาความรู้ในวิชาที่สอน การพัฒนาความรู้ทักษะทางรางกายคุณลักษณะทางจิตใจสุขภาพความเข้าใจเกี่ยวกับตนเองความเข้าใจในสถานการณ์อายุเพศ

3. พฤติกรรมระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนได้แก่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนจะต้องมีพฤติกรรมที่มีความเป็นมิตรต่อกันเข้าอกเข้าใจความสัมพันธ์กันดีมีความรู้สึกที่ดีต่อกัน

4. คุณลักษณะของกลุ่มผู้เรียนได้แก่โครงสร้างของกลุ่มตลอดจนความสัมพันธ์ของกลุ่มเจตคติความสามัคคีและภาวะผู้นำและผู้ตามที่ดีของกลุ่ม

5. คุณลักษณะของพฤติกรรมเฉพาะตัวได้แก่การตอบสนองต่อการเรียนการมีเครื่องมือและอุปกรณ์พร้อมในการเรียนความสนใจต่อบทเรียน

6. แรงผลักดันภายนอกได้แก่บ้านมีความสัมพันธ์ระหว่างคนในบ้านดีสิ่งแวดล้อมดีมีวัฒนธรรมและคุณธรรมพื้นฐานดีเช่นขยันหมั่นเพียรความประพฤติดี

จากการศึกษาองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถสรุปได้ว่าผู้เรียนจะประสบความสำเร็จในการเรียนประกอบด้วยองค์ประกอบทางด้านสติปัญญาซึ่งได้แก่ความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคลที่ได้จากการสะสมประสบการณ์และระดับสติปัญญาที่ได้มาแต่กำเนิด และองค์ประกอบที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับระดับสติปัญญาซึ่งมีอยู่ภายในตัวผู้เรียนหรืออาจเกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกก็ได้

4. หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีนักการศึกษาหลายท่านได้สรุปไว้ดังนี้

กระทรวงศึกษาธิการ (2551ข, หน้า 76–77) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรวัดเพื่อวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนเรียน และวัดความสำเร็จหลังเรียน ดังนี้

1. วิเคราะห์ผู้เรียนก่อนเรียน เป็นหน้าที่ของครูผู้สอนในแต่ละวิชาเพื่อตรวจสอบความรู้ทักษะและความรู้ต่าง ๆ ของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่เหมาะสมแล้วนำผลการประเมินมาเตรียมผู้เรียนทุกคน ให้มีความพร้อมและมีความรู้พื้นฐานซึ่งจะช่วยให้การจัดกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนได้เป็นอย่างดี แต่จะไม่นำผลที่ได้ไปใช้ในการพิจารณาตัดสินผลการเรียน มีแนวปฏิบัติดังนี้

1.1 วิเคราะห์ความรู้ ทักษะที่เป็นพื้นฐานของเรื่องที่จะเรียนรู้

1.2 เลือกวิธีการและเครื่องมือสำหรับวัดความรู้และทักษะพื้นฐานอย่างเหมาะสมการใช้แบบทดสอบ การซักถาม การสอบถามผู้ที่เคยสอน การพิจารณาแฟ้มสะสมงาน เป็นต้น

1.3 ดำเนินการประเมินความรู้และทักษะพื้นฐานของผู้เรียน

1.4 นำผลการประเมินไปพัฒนาผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียน เช่น จัดการเรียนรู้พื้นฐานสำหรับผู้ที่ต้องการความช่วยเหลือ และเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อสนับสนุนผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ เป็นต้น

2. วัดความสำเร็จหลังเรียน เป็นการประเมินเพื่อมุ่งตรวจสอบความสำเร็จของผู้เรียนเป็นการวัดและประเมินผู้เรียนที่ได้เรียนจบแล้ว เพื่อตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้ พัฒนาการของผู้เรียนเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการประเมินวิเคราะห์ผู้เรียนก่อนเรียน ทำให้สามารถประเมินศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน และประสิทธิภาพในการจัด

ไพศาล หวังพานิช (2536, หน้า 90 อ้างถึงใน กุหลาบ สีชาลี, 2557, หน้า 35) กล่าวว่า การวัดผลการศึกษาจะมีประสิทธิภาพและได้ผลตามจุดมุ่งหมาย ควรปฏิบัติตามหลักการ ดังนี้

1. วัดให้ตรงกับวัตถุประสงค์ ในการวัดผลแต่ละครั้งนั้นควรจะวัดให้ตรงตาม คุณลักษณะ ที่ต้องการจะวัด เพื่อจะได้แปรความหมายได้ถูกต้องและไม่ผิดพลาดในการนำไปใช้ต่อไป ซึ่งความผิดพลาด ที่อาจทำให้การวัดผลไม่ตรงตามจุดประสงค์มีดังนี้

1.1 ความไม่เข้าใจในคุณลักษณะที่ต้องการวัด

1.2 ใช้เครื่องมือไม่สอดคล้องกับตัวแปรที่จะวัด

1.3 วัดได้ไม่ครบถ้วน

1.4 เลือกกลุ่มตัวอย่างที่จะวัดได้ไม่เหมาะสม

2. ใช้เครื่องมือดีที่มีคุณภาพในการวัดผลการศึกษา เครื่องมือต้องมีคุณภาพเพื่อผล ที่ได้จากการวัดจะสามารถเชื่อถือได้และคะแนนที่จะได้จากการวัดสามารถแปลค่าได้ถูกต้อง

3. มีความยุติธรรม การวัดผลทางการศึกษาซึ่งจัดได้ว่าเป็นการวัดตัวแปรทางด้านจิตวิทยาหรือทางสังคมศาสตร์ถ้าจะให้ผลดีต้องมีความยุติธรรม สิ่งที่ถูกวัดต้องอยู่ภายใต้สถานการณ์ที่เป็นไปเหมือน ๆ กัน ไม่มีการลำเอียงหรือเลือกที่รักมักที่ชัง

4. แปลผลได้ถูกต้อง การวัดผลทุกครั้งผลที่ได้ออกมาย่อมเป็นตัวแทนของจำนวน หรือระดับของคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งแปลผลจะได้ผลดีก็ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ในการแปลผลว่า สมเหตุสมผลมากน้อยเพียงใด

5. ใช้ผลการวัดให้คุ้มค่า เพื่อจะได้นำผลจากการวัดไปเป็นแนวทางในปฏิบัติและปรับปรุงกิจกรรมต่าง ๆ ทางการศึกษาให้ดีขึ้น

วนิดา ดีแป้น (2553, หน้า 24) ได้กล่าวว่า การวัดและการประเมินผลการเรียน คือกระบวนการตรวจสอบผู้เรียนว่าได้พัฒนาไปถึงจุดหมายปลายทางของหลักสูตรและมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์เป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ รวมทั้งเป็นสิ่งที่ทำให้ทราบว่าผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด โดยการวัดและการประเมินผลการเรียนมีจุดประสงค์ คือ การจัดตำแหน่งเพื่อเป็นการวัดว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้หรือทักษะเพียงพอหรือไม่ ซึ่งจะทำให้ทราบจุดเด่นจุดด้อยของผู้เรียนเป็นการประเมินพัฒนาการของเด็ก แล้วนำไปทำนายเพื่อเป็นการแนะแนวทางในการประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อ นำไปประเมินค่าซึ่งจะกระทำเมื่อการสอนสิ้นสุดลง

ขนิษฐา บุญภักดี (2552, หน้า 9) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือความสำเร็จในการเรียนของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบ ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอบ ดังนี้

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติ หรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถดังกล่าวในรูปการกระทำจริงให้ออกมาเป็นผลงานได้โดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาอันเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบสำหรับวัดผลสัมฤทธิ์

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถทดสอบโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ หรือได้จากกระบวนการที่ไม่ต้องใช้แบบทดสอบ เช่น การสังเกต การตรวจการบ้านที่ได้รับมอบหมาย หรืออาจอยู่ในรูปของผลการเรียนหรือเกรดที่ได้จากการเรียนในรายวิชานั้น ๆ จะพบว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้กันทั่วไปมักอยู่ในรูปแบบของคะแนน หรือเกรดที่ได้จากการเรียน

5. คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี มีนักการศึกษาหลายท่านได้สรุปไว้ ดังนี้

Gronlund (2536, หน้า 90 อ้างถึงใน พระมหาบุญเชิด สุขแม้น, 2553, หน้า 47–49) กล่าวว่า คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องวัดผลการเรียนหรือพฤติกรรมที่คาดหวังภายหลังการสิ้นสุดการเรียนในวิชานั้น ๆ คือ จะต้องวัดตามจุดมุ่งหมาย

ของการเรียนนั่นเอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สามารถจะวัดความรู้ได้ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นความรู้เกี่ยวกับ ศัพท์และนิยาม ความรู้เกี่ยวกับกฎ สูตร และความจริง ความรู้เกี่ยวกับหลักการรวมไปถึงความเข้าใจ ความสามารถในการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ ของเหตุการณ์หรือเรื่องราวต่าง ๆ ดังนั้นก่อนที่ครูจะลงมือสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ครูจะต้องศึกษาจุดมุ่งหมายของการเรียนอย่าง ละเอียดโดย

1.1 พิจารณาว่าการเรียนในเนื้อหานั้น ๆ มุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อะไร

1.2 แปลงจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ให้อยู่ในรูปของจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

1.3 พิจารณาเชิงพฤติกรรมของแต่ละข้อว่า ข้อใดสามารถวัดได้ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพราะจุดมุ่งหมายของพฤติกรรมบางอย่างไม่สามารถวัดได้ด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องเป็นแบบทดสอบในลักษณะสรุปอ้างอิง เนื่องจากจุดมุ่งหมายมักจะกำหนดคุณลักษณะและพฤติกรรมที่พึงปรารถนาจะปลูกฝังให้ เกิดขึ้นในตัวนักเรียนหลายประการ แต่ไม่สามารถจะวัดได้ทั้งหมด เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องเวลาและ งบประมาณประกอบกับความสำคัญของเนื้อหาแต่ละเรื่องก็แตกต่างกัน ดังนั้นครูจึงควรจะได้ พิจารณาเลือกวัดพฤติกรรมและเนื้อหาที่สำคัญ ๆ วิธีการที่จะทำให้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนครอบคลุมพฤติกรรมและเนื้อหาสำคัญ ก่อนที่จะลงมือสร้างข้อสอบ ครูควรจะจัดทำตาราง วิเคราะห์หลักสูตร (A table of specification) ซึ่งเป็นตารางสองมิติแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เนื้อหาวิชาและพฤติกรรม ซึ่งตารางวิเคราะห์จะช่วยครูเกี่ยวกับ

2.1 ประเมินจุดมุ่งหมายที่เกี่ยวกับการเรียนการสอน

2.2 ช่วยให้การเน้นของจุดมุ่งหมายแต่ละข้อสัมพันธ์กับแบบทดสอบ

2.3 กำจัดจุดมุ่งหมายหรือเนื้อหาที่ไม่สำคัญออก

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องมีหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่ กับจุดมุ่งหมายและเนื้อหาของวิชานั้นๆ รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี ดังนี้

3.1 แบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or essay type test) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

3.1.1 แบบไม่จำกัดคำตอบ (Unrestricted response)

3.1.2 แบบจำกัดคำตอบ (Restricted response)

3.2 แบบปรนัย (Objective type test) ซึ่งจำแนกออกเป็น 4 แบบ คือ

3.2.1 แบบให้เติมคำหรือเติมความ (Completion item)

3.2.2 แบบจับคู่ (Matching item)

3.2.3 แบบสองตัวเลือก (Binary choice item)

3.2.4 แบบหลายตัวเลือก (Multiple choice item) แบบทดสอบชนิดหนึ่งอาจจะมีความเหมาะสมในการวัดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ มากกว่าแบบทดสอบอีกชนิดหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการจะวัดจุดมุ่งหมายที่กำหนดว่านักเรียนจะมีความสามารถเสนอแนวความคิดและเขียนบรรยายได้อย่างมีเหตุผลการวัดจุดมุ่งหมายนี้ ก็ควรจะวัดด้วยแบบทดสอบแบบอัตนัย แต่ถ้าจุดมุ่งหมายของการเรียนกำหนดให้นักเรียนสามารถจำชื่อสถานที่ เวลาและเหตุการณ์ต่าง ๆ ก็ควรวัดด้วยแบบทดสอบแบบปรนัย การที่สามารถเลือกรูปแบบของ แบบทดสอบได้เหมาะสมจะช่วยให้การวัดมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรจะมีลักษณะเฉพาะในการวัดแต่ละครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการวัด เช่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน เริ่มทำการสอน (Placement test) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างดำเนินการสอน (Formative test) แบบทดสอบวัดข้อบกพร่องในการเรียน (Diagnostic test) แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียน (Summative test) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเริ่มทำการสอน (Placement test) มีจุดมุ่งหมายที่จะวัดพฤติกรรมพื้นฐานของนักเรียน ดังนั้นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ชนิดนี้จึงมีลักษณะ ค่อนข้างง่ายและมีจำนวนข้อไม่มากนัก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างดำเนินการสอน (Formative test) มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจหรือบรรลุ เนื้อหาในหน่วยหรือบทเรียนนั้น ๆ เพียงใด ก่อนที่จะขึ้นไปเรียนในหน่วยหรือบทเรียนใหม่โดยไม่จำเป็นต้องเปรียบเทียบความสามารถ ของแต่ละคน แบบทดสอบประเภทนี้จึงต้องมีจำนวนข้อค่อนข้างมาก ทั้งนี้ก็เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาให้มากที่สุด แบบทดสอบวัดข้อบกพร่องในการเรียน (Diagnostic test) มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะหา ข้อบกพร่องในการเรียน โดยพิจารณาว่า ในเนื้อหาเรื่องใดที่นักเรียนทำผิดมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อจะ ปรับปรุงแก้ไขต่อไป แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อ

สิ้นสุดการเรียน (Summative test) มีจุดมุ่งหมายมุ่งวัดความสามารถโดยส่วนรวมว่า บรรลุตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ และมุ่งตัดสินว่านักเรียน คนใดเก่ง คนใดอ่อน คนใดควรได้เกรดเอ ดังนั้นแบบทดสอบชนิดนี้จะต้องมีความยากมากกว่า แบบทดสอบชนิดอื่น ๆ

5. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องมีความเชื่อมั่นสูง (Reliability) วิธีที่จะให้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความเชื่อมั่นสูงกระทำได้ 2 วิธี ดังนี้

5.1 เพิ่มจำนวนข้อทดสอบ

5.2 ปรับปรุงข้อทดสอบแต่ละข้อถ้าการทดสอบนั้นมุ่งวัดว่าผู้เรียนทุกคนสามารถเข้าใจเนื้อหาที่สอนไปทั้งหมดหรือไม่ โดยไม่สนใจว่านักเรียนแต่ละคนจะมีความสามารถแตกต่างกันหรือไม่ วิธีที่จะทำให้แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง ก็โดยการสร้างข้อทดสอบให้มีจำนวนข้อให้มากที่สุด เพื่อให้ครอบคลุม เนื้อหาที่สอนให้มาก เราเรียกแบบทดสอบชนิดนี้ว่า แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ ถ้าการทดสอบมุ่งวัดว่า ผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด วิธีที่จะทำให้แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง ก็โดยการปรับปรุงข้อทดสอบแต่ละข้อให้มีความยากง่าย พอเหมาะ เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างคะแนนของนักเรียนอย่างเห็นได้ชัด

6. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องช่วยพัฒนาการเรียนของ นักเรียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น บางเนื้อหาวิชาครูพยายามอธิบายเท่าใด นักเรียนยังไม่เข้าใจ แต่ภายหลังจากการ ทดสอบในเนื้อหาวิชานั้นแล้ว จะต้องช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยผู้สอนจะต้องแจ้ง ผลการสอนพร้อมทั้งชี้แจงข้อบกพร่องของนักเรียนให้ทราบภายหลังจากการสอบทุกครั้ง

สมนึก ภัททิยธนี (2551, หน้า 67–71) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเฉพาะ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นนับเป็นเครื่องมือวัดผลที่มีคุณค่าและสำคัญที่สุด แต่ทั้งนี้แบบทดสอบที่จะนำไปใช้ต้องมีคุณภาพ นั่นคือแบบทดสอบต้องมีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ ตรงกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบทั้งฉบับที่สามารถวัดได้ คงที่คงวา ไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะทำการสอบใหม่กี่ครั้งก็ตาม

3. ความยุติธรรม (Fair) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้มีการได้เปรียบเสียเปรียบในกลุ่มผู้เข้าสอบด้วยกันไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำข้อสอบโดยการเดาไม่ให้ นักเรียนที่ขี้เกียจหรือไม่สนใจในการเรียนทำข้อสอบได้ดี ผู้ที่ทำข้อสอบได้ควรจะเป็นนักเรียนที่ เรียนเก่งและขยันเท่านั้น

4. ความลึกของคำถาม (Searching) หมายถึง ข้อสอบแต่ละข้อนั้นจะไม่ถามอย่างผิวเผินหรือถามประเภทความรู้ความจำ แต่ต้องถามให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจไปคิดดัดแปลง แก้ปัญหาแล้วจึงตอบได้

5. ความยั่วยุ (Exemplary) หมายถึง แบบทดสอบที่นักเรียนทำด้วยความสนุกเพลิดเพลิน ไม่ควรใช้คำถามซ้ำซาก ซึ่งน่าเบื่อหน่ายวิธีการที่จะทำให้แบบทดสอบมีความยั่วยุ อยากตอบก็โดยเรียงจากข้องายไปหาข้อยาก ใช้ข้อสอบรูปภาพบ้าง ถามข้อละปัญหาบ้าง รูปแบบของข้อสอบน่าสนใจ ถ้าเป็นข้อสอบแบบอัตนัยก็ให้บรรยายมีความยาวพอเหมาะและไม่ถามหลายประเด็นใน ข้อเดียวกัน

6. ความจำเพาะเจาะจง (Definition) หมายถึง ข้อสอบที่มีแนวทางหรือทิศทาง การถาม การตอบชัดเจน ไม่คลุมเครือ ไม่แฝงกลเม็ดให้นักเรียนงง

7. ความเป็นปรนัย (Objective) หมายถึงข้อสอบที่มีลักษณะ 3 ประการ คือ

7.1 ตั้งคำถามให้ชัดเจนทำให้ผู้เข้าสอบทุกคนเข้าใจความหมายตรงกัน

7.2 ตรวจให้คะแนนได้ตรงกันแม้ว่าจะตรวจหลายครั้งหรือหลายคน

7.3 แปลความหมายของคะแนนได้เหมือนกัน

8. ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อมากพอประมาณ ใช้เวลาสอบพอเหมาะ ประหยัดค่าใช้จ่าย จัดทำแบบทดสอบด้วยความประณีต ตรวจให้คะแนนได้ รวดเร็ว รวมถึงสถานการณ์ในการสอบที่ดี ได้แก่ สภาพห้องสอบเรียบร้อยไม่มีสิ่งรบกวนผู้เข้าสอบ กรรมการคุมสอบรัดกุม เป็นต้น

9. อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึงความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้เข้าสอบที่มีคุณลักษณะหรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้ ข้อสอบที่ดีต้องมีอำนาจจำแนกสูงตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม อำนาจจำแนกของ

ข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เข้าสอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง แสดงว่ากลุ่มเก่งทำข้อสอบข้อนั้นถูกแต่กลุ่มอ่อนทำไม่ถูกส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ หมายถึงความสามารถของข้อสอบนั้นในการจำแนกผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มรอบรู้กับกลุ่ม ไม่รอบรู้ ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง แสดงว่าตนกลุ่มรอบรู้ทำข้อสอบนั้นถูกแต่คนกลุ่มไม่รอบรู้ทำไม่ถูก

10. ความยาก (Difficulty) หมายถึง จำนวนคนตอบข้อสอบได้ถูกมากน้อยเพียงใดหรืออัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมดที่เข้าสอบตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม ข้อสอบที่ดีคือข้อสอบที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป เรียกว่ามีความยากพอเหมาะ สามารถจำแนกผู้เข้าสอบได้ว่าใครเก่งใครอ่อน ส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ถือว่าข้อสอบที่ดีคือสามารถวัดว่า ผู้เรียนได้บรรลุจุดประสงค์หรือไม่ การที่ทุกคนทำข้อสอบได้ถูกแสดงว่าเขาบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

ชวาล แพรัตกุล (2552, หน้า 123–136) กล่าวถึง คุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดีไว้ ดังนี้

1. ต้องเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง คุณสมบัติที่ทำให้ผู้ใช้บรรลุถึงวัตถุประสงค์แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูง คือ แบบทดสอบที่สามารถทำหน้าที่วัดสิ่งที่เราจะวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมตามความมุ่งหมาย

2. ต้องยุติธรรม (Fair) คือ โจทย์คำถามทั้งหลายไม่มีช่องทางแนะให้เด็กเดาคำตอบได้ไม่เปิดโอกาสให้เด็กเกียจคร้านที่จะดูตำราแต่ตอบได้ดี

3. ต้องถามลึก (Searching) วัดความลึกซึ้งของวิทยาการตามแนวดิ่งมากกว่าการวัดตามแนวกว้างว่ารู้มากน้อยเพียงใด

4. ต้องยั่วยุเป็นเยี่ยงอย่าง (Exemplary) คำถามมีลักษณะท้าทายชักชวนให้คิดเด็กสอบแล้วมีความอยากรู้มากน้อยเพียงใด

5. ต้องจำเพาะเจาะจง (Definite) เด็กอ่านคำถามแล้วต้องเข้าใจแจ่มชัดว่าครูถามถึงอะไรหรือให้คิดอะไรไม่ถามคลุมเครือ

6. ต้องเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึงคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

6.1 แจ่มชัดในความหมายของคำตอบ

6.2 แจ่มชัดในวิธีตรวจหรือมาตรฐานการให้คะแนน

6.3 แจ่มชัดในการแปลความหมายของข้อความ

7. ต้องมีประสิทธิภาพ (Efficiency) สามารถให้คะแนนที่เที่ยงตรงและเชื่อถือได้มากที่สุดภายในเวลาแรงงานและเงินน้อยที่สุดด้วย

8. ต้องยากพอเหมาะ (Difficulty)

9. ต้องมีอำนาจจำแนก (Discrimination) สามารถแยกเด็กออกเป็นประเภทได้ทุกระดับตั้งแต่อ่อนสุดถึงเก่งสุด

10. ต้องเชื่อมั่นได้ (Reliability) ข้อสอบนั้นสามารถให้คะแนนได้คงที่แน่นอนไม่แปรผัน

สรุปได้ว่า ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีนั้น มีดังนี้ คือ คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ ตรงกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำและมีลักษณะที่ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำข้อสอบโดยการเดา เป็นแบบทดสอบที่นักเรียนทำด้วยความสนุก เพลิดเพลิน ไม่ควรใช้คำถามซ้ำซากและเป็นข้อสอบที่มีแนวทางหรือ ทิศทาง การถามการตอบชัดเจนไม่คลุมเครือเป็นข้อสอบที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป ซึ่งต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบความตรง ความเที่ยง ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงมีคุณภาพ

6. ประเภทแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทดสอบเพื่อประเมินผลการเรียนโดยจะทำการวัดหลังจากการเรียนการสอนสิ้นสุดลงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการวัด คือ บบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2551, หน้า 73-96) กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภทที่ครูสร้างมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้มีอยู่ 6 แบบ

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or essay test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรีเขียนบรรยายตามความรู้และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-กาผิด (True-falsetest) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ละตัวเลือกเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยคหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้ นั้นเพื่อให้ได้ใจความและถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) เป็นข้อสอบคล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำแตกต่าง กัน ที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์แล้วไม่พูดต่อเป็นคนเขียนตอบคำถามที่ต้องการสั้น ๆ และกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบโดยมีคำถามหรือข้อความแยกออกจากการเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเรื่องจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะจับคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบเลือกตอบ (multiple Choice) จะประกอบด้วย 2 ตอนคือ ตอนนำหรือคำถาม กับต่อเนื่องในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกันดูเผิน ๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมดแต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2553, หน้า 96) กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (paper and pencil test) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (subjective or essay test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้วผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติ ได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้น ๆ (objective test or short answer) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอนเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ (restricted response type) ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก–ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน กล่าวคือ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอน วิธีการให้คะแนนและการแปลความหมายของคะแนน

ชวลิต ชูกำแพง (2550, หน้า 94-97) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. แบบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่เขียนคำถามโดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาในรูปใดรูปหนึ่ง เพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็น ได้อย่างไม่จำกัด คำตอบของข้อสอบแบบอัตนัย มีลักษณะและปริมาณไม่แน่นอน การตอบข้อสอบแบบอัตนัยจึงต้องจัดระเบียบคำตอบภายในเวลาที่กำหนดให้ ใช้สำนวนภาษาและแบบฉบับของตนเองเขียนตอบ เขียนคำตอบให้ครอบคลุมอย่างสมบูรณ์และระมัดระวัง การตรวจให้คะแนน ผู้ที่ตรวจต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ต้องอาศัยทักษะและความพยายามในการอ่าน และทำใจให้เป็นกลางในการตรวจ

2. แบบเติมคำ เป็นลักษณะของแบบทดสอบที่เขียนประโยคหรือข้อความเป็นตอนนำไว้แล้วเว้นช่องว่างระหว่างข้อความหรือท้ายข้อความ สำหรับให้เติมคำหรือข้อความ เพื่อให้ข้อความนั้นถูกต้องสมบูรณ์ การเว้นช่องว่าง อาจจะเว้นที่ว่างให้เติมมากกว่าหนึ่งแห่ง

3. แบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำถามและส่วนที่เป็นคำตอบส่วนคำถามเป็นข้อความปัญหา เขียนเป็นประโยคคำถาม ส่วนคำตอบให้เลือกเป็นตัวเลือกหลายตัวเลือกมีทั้งคำตอบถูกและคำตอบผิด เรียกว่าตัวลวง ข้อสอบแบบเลือกตอบจึงเป็นข้อสอบชนิดที่มีคำตอบกำหนดไว้ให้ก่อน แล้วผู้ตอบเลือกตอบตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง หรือหลายตัวเลือกแล้วแต่เงื่อนไขคำถาม

4. แบบถูกผิด ลักษณะของข้อสอบจะเขียนข้อความที่เป็นสถานการณ์ซึ่งมีทั้งถูกหรือผิดคละกันไป รูปแบบคำถามจำแนกเป็น แบบคำถามเดี่ยว แบบคำถามขยายและแบบคำตอบผสมโดยให้พิจารณาว่าคำถามหรือข้อความนั้นถูกหรือผิด

5. แบบจับคู่ ลักษณะของข้อสอบประกอบด้วยคำถาม เขียนเป็นตัวยืนไว้ในสดมภ์ซ้ายมือโดยมีที่ว่างเว้นไว้หน้าข้อเพื่อให้ผู้ตอบเลือกหาคำตอบที่เขียนไว้ในสดมภ์ขวามือ รูปแบบคำถามสามารถจำแนกได้เป็น แบบหาความสัมพันธ์ แบบตัวเลือกคงที่ และแบบจัดเรียงลำดับ

ดังนั้น การที่ครูผู้สอนจะเลือกออกข้อสอบประเภทใดนั้นต้องพิจารณาข้อดี ข้อเสียข้อจำกัดความเหมาะสมของแบบทดสอบกับเนื้อหาหรือจุดประสงค์ในการเรียนรู้

7. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาและสรุปการออกแบบ การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556 อ้างอิงใน ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559, หน้า 40) การสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้สร้างเครื่องมือจะต้องมีความชัดเจนในมวลเนื้อหาและจุดมุ่งหมาย วัตถุประสงค์การเรียนการสอน เพื่อให้แน่ใจว่า ข้อสอบสามารถมุ่งวัดพฤติกรรมเป้าหมายหรือความรู้ตามวัตถุประสงค์และเนื้อหาการจัดการเรียนการสอนที่ได้รับมาแล้วอย่างครบถ้วนครอบคลุม มีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สำคัญ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมาย วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน
2. การออกแบบการทดสอบและเตรียมตารางวิเคราะห์แบบทดสอบ
3. สร้างข้อสอบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และตารางวิเคราะห์แบบสอบ
4. คัดเลือกข้อสอบ
5. จัดเรียงข้อสอบเข้าสู่แบบทดสอบ
6. ทบทวนและประเมินข้อสอบก่อนนำใช้
7. บริหารการทดสอบและตรวจข้อสอบก่อนนำไปใช้
8. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ
9. ปรับปรุงข้อสอบ

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2553, หน้า 97) การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร การสร้างแบบทดสอบ ควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ซึ่งได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2 ตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบ โดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดไว้

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะให้ เกิดขึ้นกับผู้เรียนซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ผู้ออกข้อสอบ ต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของข้อสอบที่จะใช้วัดว่าจะเป็นแบบใด โดยต้องเลือก ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีเขียน ข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

4. เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลักและวิธีการเขียนข้อสอบที่ได้ศึกษามาแล้วในขั้นที่ 3

5. ตรวจทานข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้แล้วในขั้นที่ 4 มีความถูกต้องตามหลักวิชามีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจทานข้อสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป

6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อตรวจทานข้อสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบทั้งหมด จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลองโดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบ (direction) และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7. ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มลักษณะคล้ายกับกลุ่มที่ต้องการสอบจริง แล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ โดยสภาพการปฏิบัติจริงของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในโรงเรียนมักไม่คอยมีการทดสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ส่วนใหญ่นำแบบทดสอบไปใช้ทดสอบแล้วจึงวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อ ปรับปรุงข้อสอบและนำไปใช้ในครั้งต่อ ๆ ไป

8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

จากผลการวิเคราะห์ข้อสอบ หากพบว่าข้อสอบข้อใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพ ไม่ดีพออาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น แล้วจึงจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

สมนึก ภัททิยธนี (2551, หน้า 97) ได้กล่าวถึงหลักในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังนี้

1. เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์ แล้วใส่เครื่องหมายปรัศนี ไม่ควรสร้างตอนนำให้เป็นแบบอ่านต่อความ เพราะทำให้คำถามไม่กระชับ เกิดปัญหาสองแง่หรือข้อความไม่ต่อกันหรือเกิดความสับสนในการคิดหาคำตอบ

2. เน้นเรื่องจะถามให้ชัดเจนและตรงจุดไม่คุมเครือ เพื่อว่าผู้อ่านจะไม่เข้าใจไขว้เขวสามารถมุ่งความคิดในคำตอบไปถูกทิศทาง

3. ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด หรือถามในสิ่งที่ดีงามมีประโยชน์ คำถามแบบเลือกตอบสามารถถามพฤติกรรมในสมองได้หลาย ๆ ด้าน ไม่ใช่คำถามเฉพาะความจำหรือความจริงตามตำรา แต่ต้องถามให้คิดหรือนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

4. หลีกเลี่ยงคำปฏิเสธ ถ้าจาเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ แต่คำปฏิเสธซ้อนไม่ควรใช้อย่างยิ่ง เพราะปกติผู้เรียนจะยุ่งยากต่อการแปลความหมายของคำถามและตอบคำถามที่ถามกลับ หรือปฏิเสธซ้อนผิดมากกว่าถูก

5. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามปัญหาโดยตรง สิ่งใดไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ได้ใช้เป็นเงื่อนไขในการคิดก็ไม่ต้องนำมาเขียนไว้ในคาถาม จะช่วยให้คำถามนั้นรัดกุมชัดเจนขึ้น

6. เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพันธ์ หมายถึง เขียนตัวเลือกทุกตัวให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือมีทิศทางแบบเดียวกัน หรือมีโครงสร้างสอดคล้องเป็นทำนองเดียวกัน

7. ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่าง ๆ ได้แก่ คำตอบที่เป็นตัวเลขนิยมเรียงจากน้อยไปหามาก เพื่อช่วยให้ผู้ตอบพิจารณาคำตอบได้สะดวก ไม่หลง และป้องกันการเดาตัวเลือกที่มีค่ามาก

8. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิดได้แก่ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่า ไม่มีคำตอบถูก ที่กล่าวมาผิดหมด ผิดหมดทุกข้อ หรือสรุปแน่นอนไม่ได้ เป็นต้น

9. ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว แต่บางครั้งผู้ออกข้อสอบคาดไม่ถึงว่าจะมีปัญหาหรืออาจจะเกิดจากการตั้งตัวลวงไม่รัดกุม จึงมองตัวลวงเหล่านั้นได้อีกแง่หนึ่งทำให้เกิดปัญหาสองแง่สองมุมได้

10. เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชา กล่าวคือ จะกำหนดตัวถูกหรือผิด เพราะสอดคล้องกับความเชื่องโชคลาง คำพังเพยหรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอ้างไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนมุ่งให้นักเรียนทราบความจริงตามหลักวิชาการเป็นสำคัญ

11. เขียนตัวเลือกให้อิสระขาดจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งเป็นส่วนหนึ่งหรือเป็นส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น ต้องให้แต่ละตัวเป็นอิสระจากกันอย่างแท้จริง

12. ควรมีตัวเลือก 4–5 ตัวเลือก แบบทดสอบแบบเลือกตอบนี้ถ้าเขียนตัวเลือกเพียง 2 ตัวเลือก ก็กลายเป็นแบบทดสอบแบบถูก–ผิด และเพื่อป้องกันไม่ได้เดาได้ง่าย ๆ จึงควรมีตัวเลือกมาก ๆ ตัวที่นิยมใช้หากเป็นระดับประถมศึกษาปีที่ 1–2 ควรใช้ 3 ตัวเลือก ระดับประถมศึกษาปีที่ 3–6 ควรใช้ 4ตัวเลือก และตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไปควรใช้ 5 ตัวเลือก

13. อย่าแนะคำตอบ ซึ่งการแนะคำตอบมีหลายกรณี ดังนี้

13.1 คำถามข้อหลัง ๆ แนะคำตอบข้อแรก ๆ

13.2 ถามเรื่องที่ผู้เรียนคล่องปากอยู่แล้ว โดยเฉพาะคำถามประเภทคำพังเพยสุภาษิต คติพจน์หรือคำเตือนใจ

13.3 ใช้ข้อความของคำตอบถูกซ้ำกับคำถามหรือเกี่ยวข้องกันอย่างเห็นได้ชัดเพราะนักเรียนที่ไม่มีความรู้อาจจะเดาได้ถูก

13.4 ข้อความของตัวถูกบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของทุกตัวเลือก

13.5 เขียนตัวถูกหรือตัวลวงถูกหรือผิดเด่นชัดเกินไป

13.6 คำตอบไม่กระจาย

จากหลักการในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยเลือกสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบเลือกตอบ ครูผู้สร้างแบบทดสอบจำเป็นต้องยึดหลักเกณฑ์ทั้ง 13 ข้อดังกล่าวข้างต้น (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) เพื่อให้ได้แบบทดสอบเลือกตอบที่มีคุณภาพและต้องคำนึงถึงลักษณะของข้อสอบที่ดีด้วย ได้แก่ ความเป็นปรนัย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบด้วย

จิตวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555) ได้ให้ความหมายของ จิตวิทยาศาสตร์ว่า ความรู้สึกนึกคิด พฤติกรรมการแสดงออก ตลอดจน คุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นผลมาจาก อารมณ์ความรู้สึกนึกคิดนั้น ๆ ที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาในตัวผู้เรียนเป็นผลจากประสบการณ์และการเรียนรู้ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อ ความคิด การตัดสินใจ การกระทำ หรือพฤติกรรมของบุคคลต่อความรู้หรือสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

สนิท ยุจันทร์ (2550) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ว่า จิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง จิตสำนึกของบุคคลที่ก่อเกิดเป็นลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกนึกคิดทางจิตใจของบุคคลที่แสดงออกมา เป็นพฤติกรรมเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการศึกษาหาความรู้หรือการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์

ทรายทอง พวกสันเทียะ (2553) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะของบุคคลที่มีความคิดและความรู้สึกโน้มเอียงและยึดมั่นในคุณค่าของวิธีการคิดทางวิทยาศาสตร์และทัศนะการมอง โลกแบบวิทยาศาสตร์ในการวิพากษ์วิจารณ์ความรู้ขององค์ความรู้ที่มีอยู่ก่อนแล้วเพื่อพัฒนาเป็น องค์ความรู้ที่สมบูรณ

กระทรวงศึกษาธิการ (2551ข, หน้า 106) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ ไว้ในคู่มือตัวชี้วัด และสาระเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ไว้ว่าคิดวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ความมุ่งมั่นอดทน กรอบข้อความรับผิดชอบความซื่อสัตย์ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผลการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

บัญชา แสนทวี และคณะ (2551) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความรู้สึกที่นักเรียนมีต่อการทากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย

นพมณี เชื้อวัชรินทร์ (2556) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ คือสิ่งที่ทาหน้าที่รู้คิดและนึกโดยใช้ การสังเกตร่วมกับการค้นคว้าจากปรากฏการณ์และพฤติกรรมของสรรพสิ่งทั้งหลายที่มีอยู่ในธรรมชาติ แล้วนามาจัดให้เป็นระเบียบซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคลว่าเขาอยู่ในระดับความฉลาด ความมีเชาว์ปัญญา ความคิดสร้างสรรค์มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการคิดและหาเหตุผล ระดับการศึกษา การได้รับการฝึกฝนอบรม การมีเจตคติที่ดีหรือความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งที่กาลังสังเกตหรือค้นคว้า นอกจากนี้ยังรวมถึงคุณธรรมในการนาผลหรือความรู้จากการทดลอง ค้นคว้าและความชำนาญในด้านต่าง ๆ ไปใช้ โดยผ่านการใคร่ครวญ ไตร่ตรองอย่าง รอบคอบถึงผลดีผลเสีย และเป็นลักษณะนิสัยที่รวมเอาความชำนาญ กระบวนการต่าง ๆ ของความคิดแนวความคิดความรู้สึกต่อสิ่งเร้าซึ่งนาไปสู่การปฏิบัติ ความมีศีลธรรมจรรยาและการพินิจพิจารณาอย่างสุขุมรอบคอบทุกแง่ทุกมุม

Munby (1983, p. 142) ให้ความหมายของเจตคติ ชื่อวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึงการแสดงออกทางด้านจิตใจที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งแสดงออกให้เห็นถึงกระบวนการใช้สติปัญญาหรือความคิดของนักวิทยาศาสตร์ในขณะปฏิบัติงาน

จากการศึกษาเอกสารสรุปได้ว่าจิตวิทยาศาสตร์ เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคุณลักษณะได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นได้ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

2. คุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องมีนักวิชาการศึกษาได้กำหนดคุณลักษณะของบุคคลที่มีจิตวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้กล่าวว่าคุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ ดังนี้

ความอยากรู้อยากเห็น หมายถึง ความต้องการที่จะรู้หรือปรารถนาที่จะเสาะแสวงหาความรู้ เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่ตนสนใจหรือต้องการค้นพบสิ่งใหม่ในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ มีการตั้งคำถาม หรือตั้งข้อสงสัยในสิ่งที่ตนเองสนใจอยากรู้ มีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้โดยใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความมีเหตุผล หมายถึง การเห็นความสำคัญและยึดมั่นในหลักเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ปรารถนาที่จะใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล ยอมรับและต้องการคำอธิบายที่มีเหตุผล ไม่เชื่อเรื่องที่ขาด ประจักษ์พยานที่น่าเชื่อถือ มีความต้องการพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริงในสิ่งต่าง ๆ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความใจกว้าง หมายถึง การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ ผลงานของตนเองและยินดีให้มีการพิสูจน์ข้อเท็จจริง ยินดีที่จะค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมตามเหตุผล ข้อเท็จจริงโดยไม่ยึดมั่นในแนวความคิดของตน เต็มใจที่จะรับรู้ความคิดเห็นใหม่ ๆ และเต็มใจที่จะเผยแพร่ความรู้และความคิดเห็นแก่ผู้อื่น

ความซื่อสัตย์ หมายถึง การนำเสนอข้อมูลตามความเป็นจริงด้วยการสังเกตและบันทึกผลการทดลองต่าง ๆ โดยปราศจากความลำเอียงหรืออคติ มีความมั่นคงหนักแน่นต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์

ความพยายามมุ่งมั่น หมายถึง ความปรารถนาในศึกษาเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีความมุ่งมั่น เพียรพยายาม และไม่ท้อถอยเมื่อมีอุปสรรคหรือมีความล้มเหลวในการทำการทดลองวิทยาศาสตร์ มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการเสาะแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง มีความอดทน เพื่อได้รับคำตอบของปัญหาที่ถูกต้อง

ความรอบคอบ หมายถึง ความสามารถในการใช้วิจารณญาณก่อนที่จะตัดสินใจใด ๆ ไม่ยอมรับสิ่งหนึ่งสิ่งใดว่าเป็นจริงทันทีถ้ายังไม่มีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้ หลีกเลี่ยงการตัดสินใจ และการสรุปที่รวดเร็วเกินไป

ความรับผิดชอบ หมายถึง ความมุ่งมั่นและตั้งใจที่จะปฏิบัติงานในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้ สำเร็จด้วยความพากเพียร เอาใจใส่ มีระเบียบวินัยในตนเอง ตระหนักถึงผลที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ยอมรับผลการกระทำของตนด้วยความเต็มใจทั้งผลดีและผลเสีย และพยายามที่จะปรับปรุงการปฏิบัติหน้าที่ให้ดีขึ้น

ความร่วมมือช่วยเหลือ หมายถึง ความรู้สึกพอใจ และเต็มใจในการทำการทดลองวิทยาศาสตร์เป็นกลุ่มในการทำงานกลุ่มกับเพื่อน ปรารถนาที่จะสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น รู้จักบทบาทหน้าที่ของตน สามารถปฏิบัติงานกลุ่มให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ความสร้างสรรค์หมายถึง ความรู้สึกพึงพอใจ เห็นคุณค่าและนิยมชมชอบในความคิดริเริ่ม แปลกใหม่ หลากหลาย มีความต้องการคิดอย่างอิสระและใช้จินตนาการในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ปรารถนาที่จะคิดเข้าใจอย่างลึกซึ้งด้วยตนเอง กล้าทดลอง กล้าเสี่ยง ไม่กลัวความผิดพลาด

พัชรินทร์ สิงห์สรศรี (2560, หน้า 33-34) สามารถสรุปลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์ออกเป็น 7 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความสนใจใฝ่รู้และความมุ่งมั่นอดทน หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของนักเรียนที่มีความกระตือรือร้นในการศึกษาหาความรู้ ช่างคิด ช่างสงสัยและไม่ท้อถอยต่ออุปสรรคต่าง ๆ

2. ความรอบคอบ หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของนักเรียนในการตรวจสอบ ความสมบูรณ์ถูกต้องของผลงานที่ตนปฏิบัติให้มีความเชื่อถือได้

3. ความรับผิดชอบ หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของนักเรียนในการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้ทันเวลาที่กำหนดไว้

4. ความซื่อสัตย์ หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของนักเรียนในการปฏิบัติงานและรายงานผลการปฏิบัติงานตามความเป็นจริงและไม่บิดเบือนหรือแอบอ้างผลงานของผู้อื่น

5. ความประหยัด หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของนักเรียนในการใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างคุ้มค่า ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเห็นคุณค่าของวัสดุอุปกรณ์นั้น ๆ

6. การยอมรับฟังความคิดเห็นและการทางานกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ หมายถึงคุณลักษณะนิสัยของนักเรียนในการปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่น โดยมีการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและแสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์และเป็นธรรม

7. ความมีเหตุผล หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของนักเรียนในการใช้ความคิดโดยยึดมั่นในหลักเหตุและผล ยอมรับข้อมูลที่เชื่อถือได้

สำนักงานวิชาการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2551, หน้า 106) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ (Scientifc Mind) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถปรากฏเป็นพฤติกรรมที่สำคัญ คือ ความสนใจใฝ่รู้ ความอดทน ความมุ่งมั่น ความรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และ การทางานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

สรุปได้ว่าการแบ่งลักษณะผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกันมากต่างกันเฉพาะการจัดหมวดหมู่ของลักษณะเข้าด้วยกันหรือแยกกัน

ซึ่งการพิจารณาการตัดสินกันมีจิตวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องอาศัยพฤติกรรมที่บ่งบอกคุณลักษณะของสื่อวิทยาศาสตร์เหล่านั้นด้วย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากสอดคล้องกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคุณลักษณะของคุณลักษณะได้แก่ความสนใจใฝ่รู้ความรับผิดชอบความมุ่งมั่นความอดทนและเพียรพยายามความมีเหตุผลความมีระเบียบและรอบคอบ ความซื่อสัตย์ความใจกว้างร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

3. ความสำคัญของจิตวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 อ้างถึงใน ธวัลรัตน์ สีหานาจ, 2557, หน้า 20–21) ได้ให้จิตวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพของผู้เรียน จำเป็นต้องปลูกฝังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนไปพร้อมกับกิจกรรมการเรียนการสอน ปัจจุบันการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของไทยได้กำหนดไว้เป็นเป้าหมายข้อหนึ่งในการพัฒนาให้ผู้เรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ โดยระบุไว้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แกนกลางในสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นและมีนโยบายให้จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับแผนการศึกษาชาติ (พ.ศ. 2545–2559) โดยเน้นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้คิดและลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขณะที่มีส่วนร่วมในการทากิจกรรมการเรียนการสอน มีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ รวมถึงเจตคติและค่านิยมที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ จนเกิดเป็นคุณลักษณะของผู้มีจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งการพัฒนาด้านความคิดหรือจิตวิญญาณเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมีความสำคัญ ไม่ใช่เฉพาะการสร้างบุคคลให้เป็นผู้รู้เรื่องทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่เป็นส่วนหนึ่งของการสร้างสังคมที่สร้างสรรค์ ซึ่งการมีจิตวิทยาศาสตร์ทาให้บุคคลสามารถทาหน้าที่ได้สมบูรณ์ครบถ้วนในสถานการณ์ที่ไม่สามารถคาดเดาได้ และเป็นสิ่งที่ส่งเสริมให้บุคคลนั้น ๆ รู้ถึงวิธีการสืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งหาความรู้ที่ถูกต้อง

จิตวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะที่เกิดขึ้นภายในจิตใจของมนุษย์ประกอบกันหลายคุณลักษณะที่มีความเกี่ยวข้องกับความคิด ความรู้สึก อารมณ์และจิตใจของบุคคลที่มีต่อวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อพฤติกรรม ซึ่งพัฒนาการด้านอารมณ์ ความรู้สึกของมนุษย์จนถึงการเกิดคุณลักษณะนิสัยแบ่งเป็น 5 ขั้น เริ่มต้นจากการรับรู้ การตอบสนอง การกำหนดคุณค่า การจัดระบบ จนเกิดเป็นลักษณะนิสัย การวัดจิตวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการประเมินการเรียนรู้ ทั้งในผู้เรียน ผู้สอน และรูปแบบการจัดการเรียนการสอน เพราะการรู้ถึงจิตวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนว่าเป็นทิศทางใดและมีมากน้อยแค่ไหน ย่อมจะทำให้ผู้สอนหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถทำนายพฤติกรรมที่อาจจะเกิดขึ้นของผู้เรียนได้ และสามารถวางแผนดำเนินการจัดการเรียนการสอนได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ แต่จิตวิทยาศาสตร์เป็นคุณลักษณะที่มีความสลับซับซ้อนและหลากหลายแนวคิดการวัดทางจิตวิทยาศาสตร์ก็ยังเป็นการวัดแยกแต่ละคุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ครอบคลุมคุณลักษณะต่าง ๆ ของจิตวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าในการศึกษาค้นคว้า นำไปสู่การประยุกต์ใช้ในเชิงวิชาการ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่พัฒนาและให้ได้แบบวัดที่มีคุณภาพ และความเป็นมาตรฐาน รวมถึงมีความสอดคล้องกับบริบทของนักเรียนในสังคมไทย

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าในการจัดการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักการศึกษาขั้นพื้นฐาน จิตวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่จะสร้างบุคคลให้เป็นคนที่สมบูรณ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์จึงนับเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้นี้

4. แนวทางการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525, หน้า 57–58 อ้างถึงใน ปัญญฎา อิทวงศ์, 2553, หน้า 58–59) สัญญาทางในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลอง ให้นักเรียนมีโอกาสได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. มอบหมายให้ทำกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการทดลองทุกกลุ่มควรได้ทำงานเป็นกลุ่มเพื่อการทำงานร่วมกับผู้อื่นฟังความคิดเห็นของผู้อื่นฝึกความรับผิดชอบต่องานที่รับมอบหมาย และขณะนักเรียนทำการทดลองครูต้องดูแลและให้ความช่วยเหลือบางอย่างและจะได้สังเกตพฤติกรรมนักเรียนไปด้วย

3. การใช้คำถามด้วยการสร้างสถานการณ์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี

4. ขณะทำการทดลองควรนำหลักจิตวิทยาการศึกษามาช้าในรูปต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์ในหลายทางได้แก่กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวสถานการณ์ที่แปลกใหม่การให้ความเอาใจใส่ของครูสิ่งเหล่านี้จะเป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเจตคติ

5. การสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกลักษณะ เจตคติ แต่ละลักษณะตามความเหมาะสมของเนื้อหาของบทเรียนวัยของนักเรียน กับให้มีการพัฒนาเจตคตินั้น ๆ ด้วย

6. นำตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นปัญหาสังคมแล้วให้นักเรียนช่วยกันคิดเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวหลังจากได้มีการสรุปแล้วครูควรอภิปรายเพื่อชี้ให้นักเรียนเห็นว่าทุกขั้นตอนมีลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปพัฒนากับตนเองได้

7. เสนอแนะแบบอย่างของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนอาจจะศึกษาเรียนแบบได้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ ครูบิดามารดาเพื่อนนักเรียนเป็นต้น

กระทรวงศึกษาธิการ (2551, หน้า 89–90) ได้ให้แนวทางพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนซึ่งมีแนวปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลองให้นักเรียนมีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะช่วยพัฒนา จิตวิทยาศาสตร์ไปใช้ในเวลาเดียวกัน

2. การมอบหมายให้ทากิจกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทุกการทดลองควรให้นักเรียนทางานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ฝึกความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และในขณะที่นักเรียนทำการทดลองนั้นครูต้องดูแลช่วยเหลือบางอย่าง และได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะนั้นด้วย

3. การใช้คำถาม หรือการสร้างสถานการณ์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างจิตวิทยาศาสตร์ได้ดี

4. ในขณะทำการสอนควรนำหลักการเจตคติวิทยาการศึกษามาใช้ในรูปแบบต่างเพื่อให้นักเรียนได้รับการฝึกประสบการณ์ต่าง ๆ ด้านหรือฝึกประสาทสัมผัสหลาย ๆ ทางได้แก่ กิจกรรมที่ทีการเคลื่อนไหว สถานการณ์ที่แปลกใหม่เพื่อเร้าให้นักเรียนอยากเรียน อยากรู้อยากเห็น การให้ความเอาใจใส่ของครู ฯลฯ เหล่านี้เป็นพลังสำคัญส่วนหนึ่งต่อการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ได้

5. ในการสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์แต่ละลักษณะตามความเหมาะสมของเนื้อหาบทเรียน และวัยของนักเรียนกับให้มีการพัฒนาลักษณะจิตวิทยาศาสตร์นั้น ๆ ด้วย

6. นำตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นปัญหาสังคม เช่น ปัญหาการจราจรติดขัดในกรุงเทพฯ แล้วให้นักเรียนคิดเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาดังกล่าวจากการตั้งข้อสังเกตของนักเรียนเอง หรือนักเรียนอาจจะประมวลจากประกาศของทางราชการหรือสื่อมวลชนก็ได้ เพื่อฝึกแนวคิดของนักเรียน ครูควรเสนอกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่

6.1 กำหนดปัญหา

6.2 ตั้งสมมุติฐานหลาย ๆ ข้อเพื่อหาคำตอบ

6.3 ทำการทดลอง

6.4 รวบรวมข้อมูล

6.5 จัดกระทำและตีความหมายข้อมูล

6.6 สรุป

7. เสนอแนะแบบอย่างของผู้มีจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนอาจศึกษาหรือเรียนแบบอย่างได้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ ครู บิดา มารดา เพื่อนนักเรียน ฯลฯ เป็นต้น

จงรักษ์ ภาโส (2553, หน้า 15) ได้สรุปว่าในการจัดการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักการศึกษาขั้นพื้นฐาน จิตวิทยาศาสตร์นับเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนในสาระการเรียนรู้นี้ โดยถือเป็นคุณภาพหนึ่งของผู้เรียนเมื่อผู้เรียนเรียนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน

สรุปได้ว่าการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนได้ฝึกประสบการณ์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดีสามารถนำไปพัฒนากับตนเองได้

5. การประเมินจิตวิทยาศาสตร์

สุนารี มีใหม่ (2557) โดยทั่วไปทำโดยการตรวจสอบพฤติกรรมภายนอกที่ปรากฏให้เห็นในลักษณะของคำพูดการแสดงความคิดเห็น การปฏิบัติหรือพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถสังเกตหรือวัดได้ และแปลผลไปถึงจิตวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว การประเมินจิตวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ ตามลักษณะวิธีการและเครื่องมือที่ใช้วัด คือ การประเมินโดยบุคคลภายนอกและการประเมินตนเองดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การประเมินโดยบุคคลภายนอกเป็นการประเมินจิตวิทยาศาสตร์ในตัวผู้เรียน โดยที่บุคคลภายนอกเป็นผู้ประเมินผ่านการสัมภาษณ์หรือการสังเกตพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออก แล้วนำคำตอบหรือพฤติกรรมการแสดงออกที่สังเกตได้มาแปลความหมาย หรือตัดสินการมีคุณลักษณะหรือพฤติกรรมทางจิตวิทยาศาสตร์ในตัวผู้เรียน ข้อดีของการประเมินโดยบุคคลภายนอก คือ ได้ข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงจากการแสดงออกตามธรรมชาติของผู้เรียน ส่วนข้อจากัดของการประเมินโดยบุคคลภายนอก คือ ขาดความเที่ยงตรงในการแปลความหมาย การมีผู้ประเมินต่างคนกันทาให้มีมุมมองหรือความคิดเห็นต่อคำพูดหรือพฤติกรรมที่แสดงออกแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงในการประเมินจึงต้องมีการแจกแจงรายละเอียดของสิ่งที่สัมภาษณ์หรือสังเกตอย่างชัดเจนเป็นรูปธรรมและมีระบบแบบแผนสามารถตรวจสอบความถูกต้องความเที่ยงตรงได้ วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ประเมินโดยบุคคลภายนอก มีดังนี้

1.1 การสัมภาษณ์หรือสอบถามโดยตรงรูปแบบของเครื่องมือจะมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่มีข้อความบ่งชี้ถึงคุณลักษณะหรือพฤติกรรมทางจิตวิทยาศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตอบจากความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่แท้จริงของผู้เรียนเอง การสัมภาษณ์หรือสอบถามโดยตรงเป็นวิธีการที่ง่าย แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดที่ผู้ตอบ อาจให้คำตอบที่ไม่ตรงกับความคิดหรือความรู้สึกที่แท้จริงของตนเอง

1.2 การสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกเป็นการใช้ประสาทสัมผัสทางตาและหู เพื่อรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมการแสดงออกของบุคคล และจดบันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตอย่างมีแบบแผน เพื่อนำผลการบันทึกมาตัดสินหรือสรุปผลในคุณลักษณะหรือพฤติกรรมทางจิตวิทยาศาสตร์ที่ต้องการประเมิน การสังเกตพฤติกรรมการแสดงออกเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวกและทำให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับคุณลักษณะหรือพฤติกรรมทางจิตวิทยาศาสตร์ที่สังเกตอย่างชัดเจนเป็นรูปธรรม แต่มีข้อจำกัดคือการประเมินพฤติกรรมบางอย่างที่มีผู้สังเกตหลายคนอาจมองหรือมีความคิดเห็นแตกต่างกันได้ จะเห็นได้ว่าทั้งวิธีการวัดแบบการสัมภาษณ์หรือสอบถามโดยตรงหรือวิธีการสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกในการวัดจิตวิทยาศาสตร์ในตัวผู้เรียนนั้น ต่างมีข้อจำกัดที่เหมือนกัน กล่าวคือ มีความเหมาะสาหรับใช้วัดรายบุคคลที่อยู่ในกลุ่มเล็กเท่านั้น

2. การประเมินตนเอง เป็นการประเมินจิตวิทยาศาสตร์ในตัวผู้เรียนโดยการให้ผู้เรียนรายงานความคิดเห็นหรือความรู้สึกของตนเองต่อข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดผ่านการตอบแบบสอบถามหรือแบบประเมินเชิงสถานการณ์ที่กำหนดผ่านการตอบ

แบบสอบถามหรือแบบประเมินเชิงสถานการณ์ข้อดีของการประเมินตนเอง คือ ผู้เรียนสามารถตอบคำถามหรือมีการแสดงออกได้โดยอิสระ ทำให้ได้ข้อมูลความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่แท้จริงจากการรายงานตนเองของผู้เรียน นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับการวัดจิตวิทยาศาสตร์ในผู้เรียนกลุ่มใหญ่ เนื่องจากใช้เวลาไม่มากนัก ส่วนข้อจำกัดของการประเมิน คือ การที่ผู้แปลความหมายหรือตัดสินผลไม่ได้เห็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือเห็นการแสดงออกของผู้เรียนที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง ถ้าคำตอบที่ผู้เรียนตอบไม่ใช่คำตอบที่แท้จริงก็จะมีผลให้การแปลความหมายหรือตัดสินการมีคุณลักษณะหรือพฤติกรรมทางจิตวิทยาศาสตร์ขาดความเที่ยงตรงได้ วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ประเมินตนเอง มีดังนี้

2.1 การใช้แบบสอบถาม รูปแบบของเครื่องมือวัดจะมีลักษณะคล้ายเครื่องมือที่ใช้การสังเกต แต่ในแบบสอบถามประเมินตนเอง เป็นการสร้างข้อความหรือสถานการณ์คาถามเกี่ยวกับอารมณ์ความรู้สึกนึกคิดที่บ่งชี้พฤติกรรมที่ต้องการวัด แล้วให้ผู้ตอบพิจารณาว่าเห็นด้วยหรือไม่ หรือมีความรู้สึกนึกคิดต่อข้อความหรือสถานการณ์นั้น ๆ ในระดับใด เครื่องมือวัดจิตวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสอบถามมีรูปแบบแตกต่างกันดังนี้

2.1.1 แบบสอบถามที่มีรูปแบบเป็นแบบสำรวจรายการ เป็นรูปแบบเครื่องมือที่ประกอบด้วย รายการข้อคำถามเกี่ยวกับคุณลักษณะหรือพฤติกรรมทางจิตวิทยาศาสตร์ในตัวผู้เรียนโดยผู้เรียนจะเป็นผู้ตอบคำถามด้วยตนเอง ที่ตรงกับความคิดเห็นหรือความเป็นจริงของตน เช่น ใช่ ไม่ใช่ หรือมี ไม่มี

2.1.2 แบบสอบถามที่มีรูปแบบเป็นมาตรประมาณค่า รูปแบบของเครื่องมือลักษณะคล้ายกับแบบสำรวจรายการ แต่มีการกำหนดระดับความคิดเห็น เช่น เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3. การใช้แบบวัดชนิดสถานการณ์ แบบวัดชนิดสถานการณ์เป็นเครื่องมือที่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกถึงพฤติกรรมบ่งชี้บางอย่างที่ต้องการในช่วงขณะที่วัด ถึงแม้ว่าบางพฤติกรรมอาจเกิดขึ้นในสภาพความเป็นจริงได้ยาก และต้องอาศัยเงื่อนไขหรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งหากจะทาการวัดพฤติกรรมดังกล่าวโดยวิธีการสังเกตในสถานการณ์จริงจะทาได้ยากหรือต้องเสียเวลารอคอย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) การยกสถานการณ์ที่คล้ายคลึงหรือเลียนแบบสถานการณ์จริงหรือภาพเหตุการณ์

ที่มีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการแสดงออกหรือพฤติกรรมบ่งชี้ของคุณลักษณะจิตวิทยาศาสตร์ที่ต้องการประเมินมาให้ผู้เรียนพิจารณา และตั้งข้อคำถามเพื่อให้ผู้เรียนตอบ ด้วยวิธีการเขียนหรือเลือกตัวเลือกคำตอบ ในลักษณะของการแสดงอารมณ์ความรู้สึก ความคิดเห็นต่อสถานการณ์ ต่อการกระทำของบุคคลในสถานการณ์หรือพิจารณาเลือกปฏิบัติจากการสมมติว่าตนเป็นบุคคลในสถานการณ์ โดยคาดหวังว่าคำตอบของผู้เรียนจะสะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการทางด้านจิตวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน แบบประเมินเชิงสถานการณ์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

1. สถานการณ์ เป็นเหตุการณ์หรือเรื่องราวที่มีความคล้ายคลึงหรือเลียนแบบสถานการณ์จริง หรือภาพเหตุการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการแสดงหรือพฤติกรรมบ่งชี้ของคุณลักษณะจิตวิทยาศาสตร์ที่ต้องการประเมินโดยการนาสถานการณ์เหล่านี้มาให้ผู้เรียนพิจารณา

2. คำถาม เป็นข้อคำถามเพื่อให้ผู้เรียนตอบด้วยวิธีการเขียนตอบหรือเลือกตอบในลักษณะของ การแสดงอารมณ์ความรู้สึก ความคิดเห็นต่อสถานการณ์ต่อการกระทำของบุคคลในสถานการณ์หรือพิจารณาเลือกปฏิบัติจากการสมมติว่าตนเป็นบุคคลในสถานการณ์โดยคาดหวังว่าคำตอบของผู้เรียน จะสะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการทางด้านจิตวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

การสร้างแบบวัดชนิดเชิงสถานการณ์มีขั้นตอนสำคัญ ต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์และเลือกพฤติกรรมบ่งชี้

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์นิยามของคุณลักษณะจิตวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดว่าผู้เรียนที่มีคุณลักษณะ ทางด้านจิตวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดแสดงออกให้เห็นในลักษณะใดบ้าง เพื่อกำหนดเป็นพฤติกรรม บ่งชี้ของคุณลักษณะจิตวิทยาศาสตร์นั้น ๆ จากนั้นเลือกพฤติกรรมบ่งชี้ที่มีความสำคัญหรือจะเป็นตัวแทนที่ดีของคุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบวัดชนิดสถานการณ์

เป็นการนำพฤติกรรมบ่งชี้ที่เลือกไว้มาสร้างเป็นสถานการณ์และคำถามในแบบวัดชนิดสถานการณ์ มีรายละเอียดดังนี้การสร้างสถานการณ์ โดยนำพฤติกรรมบ่งชี้ที่เลือกไว้มาสร้างสถานการณ์ กำหนดเป็นเงื่อนไขในสถานการณ์หรือแนวปฏิบัติของบุคคลในสถานการณ์ อาจจำแนกประเภทของสถานการณ์ ได้ดังนี้

1. สถานการณ์ที่บ่งชี้ถึงการปฏิบัติหรือมีความคิดตามพฤติกรรมบ่งชี้

2. สถานการณ์ที่บ่งชี้ถึงการปฏิบัติหรือมีความคิดขัดแย้งกับพฤติกรรมบ่งชี้

3. สถานการณ์ที่ยังไม่สรุปว่าจะปฏิบัติตามหรือขัดแย้งกับพฤติกรรมบ่งชี้ การสร้างคำถาม เป็นการกำหนดให้ผู้เรียนตอบสนองต่อสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น โดยการตั้งคำถามถามความรู้สึก ความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับสถานการณ์ อาจมีลักษณะของคำถาม ดังต่อไปนี้

3.1 คำถามที่ให้แสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกต่อการกระทำของบุคคลหรือเหตุการณ์ ได้แก่ ผู้เรียนมีความรู้สึกอย่างไร (บุคคล/เหตุการณ์) ผู้เรียนเห็นด้วยกับการกระทำของบุคคลหรือไม่เพราะเหตุใด

3.2 คำถามที่ให้พิจารณาเลือกปฏิบัติ โดยสมมติว่าผู้เรียนเป็นบุคคลในสถานการณ์ ได้แก่ ถ้าผู้เรียนเป็น (บุคคลในเรื่อง) ผู้เรียนจะทำเช่นนั้นหรือไม่ เพราะเหตุใด ถ้าผู้เรียนเป็นบุคคลในเรื่อง จะรู้สึกอย่างไร เพราะเหตุใด

3.3 การแปลความหมายของการวัดจิตวิทยาศาสตร์ การวัดจิตวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปนั้น สามารถแปลผลคะแนนได้ 2 รูปแบบ คือ แบบวิเคราะห์องค์ประกอบและแบบรวม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการประเมินว่าต้องการนำผลการประเมินไปใช้อย่างไร ถ้ามีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการทราบถึงการมีจิตวิทยาศาสตร์ในคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ว่ามีอยู่ในระดับใด เพื่อการพัฒนาผู้เรียนในคุณลักษณะด้านที่ขาดหรือด้านที่มีอยู่ในระดับน้อย ก็ควรที่จะแปลผลในลักษณะการวิเคราะห์องค์ประกอบ แต้ถ้าประเมินภาพรวมของการมีจิตวิทยาศาสตร์ก็สามารถกระทำโดยการแปลผลแบบรวม

ภัคณัฏฐ์ สมพงศ์ธรรม (2551) การวัดจิตวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมด้านจิตพิสัย เป็นคุณลักษณะภายในของบุคคลไม่สามารถวัดได้โดยตรง ต้องวัดโดยอ้อม

สรุปได้ว่า การวัดจิตวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมภายนอกในตัวผู้เรียน โดยผ่านการสัมภาษณ์หรือการสังเกตพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออก แล้วนำคำตอบหรือพฤติกรรมการแสดงออกที่สังเกตได้มาแปลความหมาย หรือตัดสินการมีคุณลักษณะหรือพฤติกรรมทางจิตวิทยาศาสตร์ในตัวผู้เรียน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น จะศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสอดคล้องการพัฒนาชุดกิจกรรม เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการวิจัยที่ผ่านมา วิจัยซึ่งศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับชุดกิจกรรม STEM Education อภิปัญญา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยเกี่ยวกับชุดกิจกรรม

พนัส ทองปาน (2558, หน้า 237) ได้ทำการวิจัยผลการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 7E เน้นกระบวนการคิดเชิงอธิปัญญาร่วมกับเทคนิค STAD และชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 5E ที่มีผลต่อการคิดแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนบ้านม่วงพิทยาคม จังหวัดสกลนคร จำนวน 80 คน แยกเป็น 2 กลุ่มทดลอง จำนวนกลุ่มละ 40 คน ผลการวิจัย ชุดกิจกรรม มีค่าดัชนีประสิทธิผล สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยรวมเท่ากับ 0.77 และ 0.70 ตามลำดับ นักเรียนได้รับการพัฒนาเมื่อเรียน ด้วยชุดกิจกรรม วงจรใดรูปแบบ 5E เน้นกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาร่วมกับเทคนิค STAD มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ. 05 และเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้ชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 5E มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า ส่วนคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน นักเรียนที่ ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 7E เน้นกระบวนการคิดเชิงวิทยาร่วมกับเทคนิค STAD และการสอนโดยใช้กิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 5E มีคะแนนการคิดแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน การสอน 2 วิธีกับความฉลาดทางอารมณ์ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กนกวลี แสงวิจิตรประชา (2550, หน้า 91–92) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หน่วยของชีวิตและชีวิตพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวิทยานุกูลนารี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 1 จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง หน่วยของชีวิตและชีวิตพืช จำนวน 5 ชุด มีความเหมาะสมขององค์ประกอบ

ต่าง ๆ ของชุดกิจกรรมในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.97 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.97 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.67/77.92 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01

บุศรา จิตวันนา (2552, หน้า 152–153) ได้ทำการวิจัยการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สร้างสรรค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 8 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สร้างสรรค์ มีค่าคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้และนักเรียน ช่วงชั้นที่ 4 ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ มีการแสดงออกถึงพฤติกรรมของ ความมุ่งมั่นในการทำงานอยู่ในระดับมาก

Caraisco (2007 อ้างถึงใน บุศรา จิตวันนา, 2552, หน้า 119) ได้ทำการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการเรียนรู้และเจตคติของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมมีการ เรียนรู้และเจตคติสูงขึ้นกว่าก่อนการเรียนรู้ นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษจะเกิดการ เรียนรู้ได้ดีเมื่อมีสถานการณ์หรือโอกาสที่ท้าทาย และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งชุดกิจกรรมจะทำให้นักเรียนมีความคิดที่หลากหลาย ความคิดยืดหยุ่นและท้าทาย ความสามารถของนักเรียนมากกว่าการเรียนการสอนตามบทเรียนปกติ

2. งานวิจัยเกี่ยวกับ STEM Education

วรรณธนะ ปัดชา (2559, หน้า 830) ได้ทำการวิจัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 72 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนวัดห้วยจรเข้วิทยาคม จังหวัดนครปฐม ผลการวิจัยพบว่า (1) กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

(2) กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนมีทักษะทางด้านสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

สิรัชญา พิมพะลา (2561, หน้า 71) ได้ทำการวิจัยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโพนทองวิทยาคาร อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 20 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ ออนไลน์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) คิดเป็นร้อยละ 81.75 และมีประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) คิดเป็นร้อยละ 80.50 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์มีทักษะความคิดสร้างสรรค์ อยู่ในระดับดี และ 4) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของ STEM โดยใช้ สื่อสังคมออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

บุญลอย มูลน้อย (2559, หน้า 287) ได้ทำการวิจัยผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่เพิ่มทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแสลมวิทยา อำเภอเถิน จังหวัดลาปาง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จานวน 18 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.64/80.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง 5 วงจรไฟฟ้า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความคิดสร้างสรรค์ทาง

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมากที่สุด

นัสรินทร์ ปือซา (2558, บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 39 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

ภัสสร ติดมา (2558, บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียน จำนวน 48 คน ของโรงเรียนอุดมดรุณี จังหวัดสุโขทัย ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่ 2) นักเรียนมีแนวทางการเรียนรู้ คือ นักเรียนสามารถเลือกสร้างแบบจำลองอวัยวะโดยบอก เหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล จินตนาการร่างแบบจำลองอวัยวะ วางแผนการทำงาน และซื้อวัสดุ สร้างแบบจำลองอวัยวะโดยคำนึงถึงราคาและคุณสมบัติของวัสดุ สร้างและปรับปรุงแบบจำลอง อวัยวะให้สมบูรณ์ขึ้นได้ ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้มากขึ้นได้

Han และคณะ (2014) ได้ศึกษา ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานว่ามีผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไรโดยตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัยในครั้งนี้โรงเรียนแต่ละแห่งจะมีการใช้ STEM PBL มาก่อนหน้าแล้วและมีการปรับปรุงทุก ๆ 6 เดือนเป็นเวลา 3 ปีส่วนตัวผู้สอนก็ได้เข้าร่วม รับการพัฒนาสู่ครูมืออาชีพด้าน STEM อีกด้วย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนการสอนแบบ STEM PBL ส่งวันทำให้ผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นและมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและส่งผลทำให้ช่วยลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลงมาอีกด้วย

Dowey (2013) ได้ศึกษาเจตคติความสนใจและการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิงโรงเรียนมัธยมศึกษาที่เป็นชนกลุ่มน้อยในประเทศสหรัฐอเมริกา : ศึกษาเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและเรียนในหลักสูตรสะเต็ม (STEM Disciplines)โดยมีจุดประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความแตกต่างทางเชื้อชาติและความสามารถทางวิชาการที่มีต่อเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยภายนอก (พื้นฐานครอบครัว, โรงเรียน, เพื่อน และชุมชน) และปัจจัยภายในที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ และทำการวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสำรวจที่สร้างตามวิธีของ Likertผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชนกลุ่มน้อยที่มีชาติพันธุ์ Asian/Filipino มีเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มชาติพันธุ์อื่นๆ ตามมาด้วยชาวลาตินอเมริกัน และยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการให้กำลังใจและสนับสนุนส่งเสริมจากครอบครัวจะมีการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ดีด้วย

Tseng และคณะ (2013) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการ STEM เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือผู้ที่เริ่มทางานใหม่ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญจากการสัมภาษณ์ เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM คือ ความรู้ ทักษะและ

ประสบการณ์ทางด้าน STEM จะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคตสามารถนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น สามารถแสดงให้เห็นถึงความหมายของการเรียนรู้และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้นและส่งผลต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในภายภาคหน้าเพิ่มขึ้นด้วย

Scott (2012) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมในสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกาในการพยายามเพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียนสาหรับเข้าทางานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในหลาย ๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผนและดาเนินการนาไปใช้แล้ว แต่อีกหลาย ๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผนอยู่เลย จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม และนักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้ยังให้บอกอีกว่า หากพวกเขาได้รับโอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตและฝึกงานจริง หรือให้รับผิดชอบทาโครงงานขึ้นมาสักชิ้น เพื่อใช้ขอสำเร็จการศึกษา พวกเขาก็สามารถสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานได้อย่างแน่นอน

Burrows (2014, pp. 1379–1389) ได้ศึกษาเรื่องการบูรณาการสะเต็มศึกษากับไบโอดีเซล โดยบูรณาการร่วมกับวิชาชีววิทยา ชีวเคมี และเคมี พบว่า นักเรียนมีความสนใจในวิทยาศาสตร์มากขึ้น บทเรียนทำให้นักเรียนสนใจในสาขาวิชาวิศวกรรม นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากบทเรียน และนักเรียนมีความมั่นใจในการทำกิจกรรมและใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ หลังจากเรียน ด้วยการบูรณาการเรื่อง ไบโอดีเซล ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

Christensen (2014, pp. 173–186) ได้ศึกษาเรื่องแนวความคิดของนักเรียนที่มีต่อเนื้อหาสะเต็มศึกษาและอาชีพ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนในรูปแบบของสะเต็มศึกษาก่อนเข้ามหาวิทยาลัยจะมีการจัดการในด้านสะเต็มใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มมากกว่านักศึกษาที่เรียนในโรงเรียนมัธยมแบบปกติ ส่วนผู้หญิงมีแนวคิดทางบวกเกี่ยวกับสะเต็มในอาชีพมากกว่าผู้ชาย และนักศึกษาปีที่ 1 มีการจัดการทางบวกเกี่ยวกับสะเต็มมากว่านักศึกษาปีที่ 2

Wiswall (2014, pp. 93–105) ได้ศึกษาเรื่องการแสดงออกของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเมืองนิวยอร์คโดยใช้สะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การ

แสดงออกของนักเรียนที่เข้าร่วมการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่ไม่เข้าร่วมการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับนักเรียนหญิงมีการแสดงออกในการเข้าร่วมสะเต็มศึกษาที่ดีกว่านักเรียนชาย โดยการแสดงออกของนักเรียนหญิงในโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะดีกว่านักเรียนในโรงเรียนที่ไม่ใช้สะเต็มศึกษา และผลของเชื้อชาติแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีประโยชน์ต่อคนขาวมากกว่าคนเอเชีย

Marle (2014, pp. 345–350) ได้ศึกษาเรื่องการจัดค่ายวิทยาศาสตร์ ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้สถานการณ์ในโรงงานช็อคโกแลต เพื่อให้นักเรียนผู้เข้าร่วมค่ายแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจัดกิจกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนได้รับการกระตุ้นทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความมั่นใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนมีส่วนร่วมทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นหลังจากเข้าค่ายโรงงานช็อคโกแลต

Raines (2012) ได้วิจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมทางวิชาการโดยใช้การเรียนรู้แบบสะเต็ม ในช่วงฤดูร้อนกับนักเรียนก่อนเข้ามหาวิทยาลัย ด้วยการ จัด การสร้างการเรียนการสอนในวิชา คณิตศาสตร์ เพื่อนำมาประยุกต์ ทางคณิตศาสตร์ในการ สร้างสะพาน ซึ่ง จากผลการวิจัยพบว่า การมีส่วนร่วมของนักเรียนในภาคฤดูร้อนมีความสนใจต่อการเรียนการสอนมากขึ้น

Fang (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มความสนใจในการเรียนวิชาฟิสิกส์โดยใช้สะเต็มศึกษา มีการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิคความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาโดยผ่านการสร้างโมเดลโยโย่ กับความคิดทางฟิสิกส์และความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นบนโลกใบนี้ ทำการทดลองในนักเรียนมัธยมปลาย จำนวน 122 คน จากโรงเรียนทั่วรัฐ นักวิจัยพบว่า นักเรียนมีแนวคิดทางฟิสิกส์มากถึง 50 แนวคิด และนักเรียนหลายคนยังใช้การอธิบายที่ดี เข้าใจง่าย ในการนำเสนอประสบการณ์ของนักเรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ช่วยให้นักเรียนระดมความคิดที่มีประสิทธิภาพของนักเรียน

Chung (2014) ได้วิจัยเกี่ยวกับการเรียนแบบสะเต็มศึกษา ผ่านการแข่งขันหุ่นยนต์ของนักเรียนมัธยมปลาย โดยนักเรียนจะต้องออกแบบหุ่นยนต์ ที่มีการใช้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นการออกแบบอิสระที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งนักเรียนจะต้องแก้ปัญหาที่ไม่เคยเจอมาก่อนในวันแข่งขัน หลังจากจบการแข่งขันพบว่านักเรียนมีคะแนน

คณิตศาสตร์หลังการแข่งขันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มศักยภาพได้

Anwari (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่สาม โดยมีวัตถุประสงค์ศึกษารูปแบบของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะอภิปัญญา และตรวจสอบกิจกรรมอภิปัญญาในการเรียนแบบสะเต็มศึกษา จากผลการศึกษาพบว่าทักษะอภิปัญญาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในก่อนเรียนและหลังเรียน แต่อย่างไรก็ตามการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาช่วยดึงดูดความสนใจในกิจกรรมอภิปัญญา ดังนั้นการดำเนินรูปแบบตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะช่วยให้นักเรียนมีโอกาสเข้าใจถึงความสำคัญของการรวมกลุ่มแต่ละสาขาวิชามากขึ้น และเพิ่มความสนใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

Cox (2016) ได้ทำการศึกษาการใช้คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธุศาสตร์ โดยเปรียบเทียบการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ และการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องมากจากนักเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดี ยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการผสานความรู้จากหลายวิชาทำให้นักเรียนได้มีกระบวนการคิดและเข้าใจปัญหาได้มากยิ่งขึ้น

3. งานวิจัยเกี่ยวกับอภิปัญญา

ธิภาวดี มูลสุวรรณ (2555) ได้ทำการวิจัยการศึกษากระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของครูที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นครูที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนโคกนางามพิทยาสรรพ์ ตำบลนางาม อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขอนแก่น เขต 25 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษาที่ 2554 จำนวน 4 คน ผลการวิจัย พบว่า ในการแก้ปัญหาแต่ละข้อของครูทุกครั้งเริ่มต้นด้วยการเข้าสู่ปัญหาเสมอ 1) การวนกลับของขั้นตอนการแก้ปัญหา พบว่า มีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้ (1) ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา (Implementation phase) วนกลับไป ขั้นที่ 2 กำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหา (The transformation–formation phase) ครูดำเนินการแก้ปัญหาแล้วย้อนกลับไปวางแผนอีกครั้งทั้งนี้ เนื่องจากขั้นตอนสองขั้นตอนนี้มีความเกี่ยวเนื่องกันโดยตรง เพราะ

ขั้นกำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนที่เป็นตัวกำหนดการดำเนินการแก้ปัญหาว่าจะการแก้จะดำเนินการไปในทิศทางใด และในบางครั้งการแก้ปัญหามีความซับซ้อนอาจทำให้ต้องกำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหาหลายครั้งไปด้วย (2) ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา (Implementation phase) วนกลับไป ขั้นที่ 1 การเข้าสู่ปัญหา (The engagement phase) ครูดำเนินการแก้ปัญหาแล้วย้อนกลับไปขั้นตอนเข้าสู่ปัญหาอีกครั้ง เนื่องจากในการดำเนินการแก้ปัญหานั้นจะต้องมีการพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ประเมินความสอดคล้องกับเงื่อนไขของปัญหา และคุณลักษณะของปัญหา และในบางครั้งอาจเพื่อต้องการตรวจสอบข้อมูลใหม่ หรือข้อมูลไม่เพียงพอ (3) ขั้นที่ 2 กำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหา (The transformation–formation phase) วนกลับไป ขั้นที่ 1 การเข้าสู่ปัญหา (The engagement phase) ครูกำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหาแล้วย้อนกลับไปเข้าสู่ปัญหาอีกครั้ง เนื่องจากในขั้นกำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหาจะต้องสำรวจปัญหาโดยการพิจารณาปัญหาเป็นกรณีเฉพาะ คาดคะเนบนพื้นฐานของของผลจากการสำรวจและวิเคราะห์เกี่ยวกับเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหา นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาความสอดคล้องระหว่างแผนการแก้ปัญหากับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดอีกด้วย 2) การข้ามขั้นตอนของการแก้ปัญหา พบว่ามีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้ (1) ขั้นที่ 1 การเข้าสู่ปัญหา (The engagement phase) ข้ามไป ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา (Implementation phase) ครูข้ามขั้นตอนจากการเข้าสู่ปัญหาไปยังขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา เนื่องจากในขั้นตอนการเข้าสู่ปัญหาเป็นขั้นที่เผชิญปัญหา และเริ่มสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาในรูปแบบการอ่าน หรือการอ่านซ้ำ การกำหนดแนวคิดหลัก หรือการวาดรูป วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิจารณาลักษณะของปัญหา สร้างความหมายเกี่ยวกับปัญหาหรือเชื่อมโยงปัญหาเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ในบางครั้งแค่จากการเข้าสู่ปัญหาก็สามารถนาไปสู่การดำเนินแก้ปัญหาได้เลย เนื่องจากในตัวโจทย์ปัญหานั้นเป็นส่วนที่สำคัญในการแก้ปัญหา เป็นสิ่งที่ระบุข้อกำหนด เงื่อนไขต่าง ๆ มาให้ ดังนั้นขั้นเข้าสู่ปัญหานำไปสู่การแก้ปัญหาได้โดยไม่จำเป็นต้องวางแผน

ภัทรลักษณ์ สังข์วงษ์ (2556, บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาความคิดอภิปัญญาโดยการจัดกิจกรรมการเรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาเรื่องวิวัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่เรียนวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา

2554 จำนวน 49 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ความคิดอภิปัญญาของนักเรียนหลังผ่านกิจกรรมการเรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศศิธร เยื่อใย (2562) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 41 คน ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาอภิปัญญาและ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะดังนี้ นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหา ระบุประเด็นปัญหาและประเด็นที่สำคัญ ระดมสมองเพื่อหาทางแก้ไขปัญหา อภิปรายกลุ่มเพื่อ วางแผนการรวบรวมข้อมูล จากนั้นศึกษาอย่างอิสระและประเมินผลเพื่อส่งเสริมการเกิดอภิปัญญา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลการพัฒนาอภิปัญญาพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีอภิปัญญาเพิ่มขึ้นโดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 3.64 และ 4.22 ตามลำดับ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นโดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 10.51 และ 13.34

อังคาร์ เทพรัตนนันท์ (2557) ได้ทำการวิจัยศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดอภิปัญญา ในรายวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดย เสริมการคิดอภิปัญญาในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสวนศรีวิทยา จังหวัดชุมพร ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยเสริมการคิดอภิปัญญามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่เรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือตามปกติอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยเสริมการคิดอภิปัญญามีความสามารถในการคิดอภิปัญญาสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

นันทวัน พัวพัน, และเอกภูมิ จันทรขันตี (2557) ได้ทำการวิจัยพัฒนาการคิดแบบอภิปัญญา โดยการจัดการเรียนรู้ตามหลักไตรสิกขา เรื่อง ระบบนิเวศ และมนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ในรายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดการคิดแบบอภิปัญญา และแบบวัดการคิดแบบอภิปัญญา หลังจากการจัดการเรียนรู้จบแต่ละแผน และจบแต่ละวงจรตามลำดับ พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ตาม

หลักไตรสิกขาสามารถพัฒนาการคิดแบบอภิปัญญาได้ โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านการตระหนักรู้ การวางแผน และการประเมินตนเองในระดับสูง

เห็นนี บุญอาษา, ประยูร บุญใช้ และภูมิพงศ์ จอมหงษ์พิพัฒน์ (2560) ได้ทำการวิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสุขศึกษาตามแนวคิดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานผสมผสานกลวิธีอภิปัญญา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ไขปัญหา และความสามารถด้านอภิปัญญา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานผสมผสานกลวิธีอภิปัญญา มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในด้านอภิปัญญา สูงกว่าก่อนเรียนและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศรีสุมา ทัศมี (2552, หน้า 97–98) ได้ทำการวิจัยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดย Metacodnition สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลการทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พบว่า นักเรียน จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 80.95 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

Seraphin, et al. (2012) ได้ทำการวิจัยศึกษาการพัฒนาอภิปัญญาโดยการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะ หรือ Teaching Science as Inquiry (TSI) pedagogical framework โดยใช้ เครื่องมือหลายชนิด ได้แก่ แบบสอบถามสำหรับครู 2 ชนิด ได้แก่ Self–Eficacy in Science Questionnaire (SFO) และ Pedagogical Content Knowledge Questionnaire (PCK) และ แบบสอบถามสำหรับนักเรียน 1 ชนิด คือ Student Nature of Science Questionnaire (NOS) ในการรวบรวมข้อมูล และในการจัดการเรียนรู้นี้นักเรียนจะถูกกำหนดให้เป็นนักวิทยาศาสตร์ ที่ต้องดำเนินการถามคำถาม รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความข้อมูล การสื่อสาร และการแสดง ความคิดเห็นอย่างนักวิทยาศาสตร์ คือ มีความซื่อสัตย์ ความรับผิดชอบ และเปิดรับการแสดง ความคิดเห็น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ TSI จะเน้นความสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และความสำคัญของการเรียนรู้จากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 Initiation คือ ขั้นเริ่มต้นของการสืบเสาะ มีการตั้งคำถามของนักเรียน หรือครูช่วยตั้งคำถาม ขั้นที่ 2 Invention คือ ขั้นการรวบรวมข้อมูล รวมถึงการสร้างสมมติฐาน

ที่ทดสอบได้ และการออกแบบการทดลองหรือการระบุขั้นตอนการแก้ไขปัญหา ขั้นที่ 3 Investigation คือ ขั้นรวบรวมข้อมูล ขั้นที่ 4 Interpretation คือ การตีความความหมายของข้อมูล และ ขั้นที่ 5 Instruction คือ การประเมินผลที่ได้และการสรุป ซึ่งขั้นตอนที่ 5 จะแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการดำเนินการเรียนรู้ทั้งหมด จากการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะส่งผลทางบวกต่อการมีอภิปัญญาของนักเรียน และส่งเสริมให้นักเรียนได้ประเมินความสามารถตนเอง โดยการพิจารณาจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเองด้วย

Husamah (2015) ได้ทำการวิจัยศึกษาความตระหนักในอภิปัญญาของนักเรียนในการเรียนรู้ แบบ Blended project based learning ในนักเรียนรายวิชา ชีววิทยา โดยใช้ Metacognitive Awareness Inventory หรือ MAI ในการรวบรวมข้อมูล ผลพบว่าความตระหนักในอภิปัญญาโดยกลุ่มทดลองมีคะแนนความตระหนักในอภิปัญญาสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยการจัดการเรียนรู้ แบบ Blended project based learning คือการผสมระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหา เป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบผสมระหว่างการเผชิญหน้าในห้องเรียนและการใช้สื่อ ออนไลน์ จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ด้วย ANOVA แล้วพบว่า อภิปัญญาทั้งด้านความรู้ และ การควบคุมตนเองของนักเรียนในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากนักเรียนได้เผชิญ กับสภาพแวดล้อมในการแก้ไขปัญหาจะทำให้มีความคิดอภิปัญญาเกิดขึ้นได้มากที่สุด และ นักเรียนจะมีแนวคิดที่กว้างขึ้นจากการที่มีสื่อออนไลน์ในการดำเนินการและสื่อสาร

Adnan, & Baht (2018) ศึกษาการพัฒนาอภิปัญญาโดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบมีข้อแนะนำให้ (Guided inquiry) คือ เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบ องค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ โดยผู้ทำวิจัยศึกษาในนักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยา โดยใช้ข้อสอบอัตนัยที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญในการรวบรวมข้อมูล ผลจากการศึกษาพบว่านักเรียนมีอภิปัญญาเพิ่มขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม เนื่องจากนักเรียนมีการวางแผน การกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา การระบุปัญหา การสร้างสมมติฐาน การทดลอง การสังเกต การรวบรวม ข้อมูลการพิจารณาว่าควรใช้ข้อมูลใด ระบุว่าขั้นตอนต่อไปคืออะไร การประเมินวิธีแก้ปัญหาที่กำหนดขึ้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นการฝึกทักษะในการวางแผน การจัดการและการประเมินการเรียนรู้ของตนเอง

4. งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, หน้า 73) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยา อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 102 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปราณี โตยะบุตร (2557) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1 จำนวน 601 คน ผลการศึกษาพบว่า 1) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมี จำนวน 58 ข้อ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การคำนวณ การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป 2) แบบวัดทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์มีค่าความตรงระหว่าง 0.86–1.00 ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 ค่าความยากระหว่าง 0.21–0.75 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.23–0.71 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ประภาภรณ์ ไพบูลย์มั่นคง (2560) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 32 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากประชากรนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 138 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนอนุบาลอุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ ผลการทดสอบด้วยสถิติค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน (ค่าเฉลี่ย 14.63 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.29) สูงกว่าก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ย 5.78 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.64) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีคะแนนความก้าวหน้าเป็น 8.85 หรือคิดเป็นร้อยละ 49.17 นอกจากนี้ นักเรียนยังมีคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (ค่าเฉลี่ย 24.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.66) สูงกว่าก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ย 10.34 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.71) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีคะแนนความก้าวหน้าเป็น 13.66 หรือคิดเป็นร้อยละ 45.53 และจากการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้อยู่ในระดับมากที่สุด

วราภรณ์ สีดำนิล (2550) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดท่าไชย (ประชานุกูล) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุพรรณบุรี เขต 2 จำนวน 30 คน ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนหลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้โดย นักเรียนมีคะแนนทักษะการสังเกตมากที่สุด และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปน้อย ที่สุด 2) โดยภาพรวมนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เห็นด้วยต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมอยู่ ในระดับมาก ในด้านบรรยากาศในการเรียนรู้นักเรียนมีความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอน สตรัคติวิซึม ช่วยให้มีบรรยากาศการเรียนที่ตื่นเต้น อยากรู้อยากเรียน ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมี ความคิดเห็นว่า ได้แสดงความคิดเห็นทุกครั้งในกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ นักเรียนมีความคิดเห็นว่าช่วยให้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

บรรณรักษ์ คุ้มรักษา (2562) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน เรื่อง สมบัติของดิน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเทศบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2ของโรงเรียนเทศบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้วิจัยเป็นฐานแสดงพฤติกรรมที่น่าพอใจ ซึ่งบ่งชี้ถึงการมีทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในระดับดีนอกจากนี้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างยังมีผลการเรียนรู้ด้านเนื้อหาวิชาในระดับดีด้วย

5. งานวิจัยเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

สัณหวัช สอนท่าโก (2550) ได้ทำการวิจัยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนหอพระ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 33 คน ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอน 2. นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอน

สุทธภา บุญแซม (2553) ได้ทำการวิจัยการศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 โรงเรียนบัวใหญ่ อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 43 คน ผลการศึกษาพบว่า 1) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) ในภาพรวม พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.14 หลังสอนมีคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 35.72 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนก่อนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.88 2) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิเชียร ภคพามงคลชัย (2559) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 5/6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเซนต์คาเบรียล กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วย การจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเศรษฐศาสตร์มหภาคของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน โดยภาพรวมด้านกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนสามารถแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองจากแหล่งการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้นักเรียนร่วมมือในกิจกรรมการเรียนรู้เป็นอย่างดีอันเกิดจากการตระหนักถึงประโยชน์ที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับนักเรียนสามารถนากระบวนการวิจัยไปประยุกต์ใช้เพื่อแสวงหาองค์ความรู้ในชีวิตประจาวันได้ รวมทั้งนาไปบูรณาการกับรายวิชาต่าง ๆ เพื่อการเรียนรู้

ปรณัฐ กิจรุ่งเรือง (2553) ได้ทำการวิจัยการพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้กรณีศึกษาทางศาสตร์การเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาวิชาชีพครู กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 5 สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จำนวน 23 คน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) รูปแบบการสอนโดยใช้กรณีศึกษาทางศาสตร์การเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิด อย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาวิชาชีพครู มีชื่อว่ารูปแบบการสอนพีซีเอสเอสซี (PCSSC Model) มี 4 องค์ประกอบ คือ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการเรียนการสอน และเงื่อนไขของการนำรูปแบบการสอนไปใช้ กระบวนการเรียนการสอนมี 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นเตรียมการเรียนรู้ (Preparation) ขั้นนำสู่กรณีศึกษา (Case Presentations) ขั้นสรรค์หาวิธีการแก้ไข (Selection of Solutions) ขั้นแบ่งปันประสบการณ์ (Sharing with Groups) และขั้นสืบสานสร้างความรู้ใหม่ (Construction for New Knowledge) 2) ผลการทดลองใช้รูปแบบการสอนพีซีเอสเอสซี พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูมีความสามารถด้านการคิด อย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ด้านการประเมินและตัดสินใจ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด นักศึกษาวิชาชีพครูมีคุณลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้ด้านการรับฟังความคิดเห็น ข้อวิพากษ์วิจารณ์ ความเชื่อ และสมมติฐานในมุมมองที่

แตกต่าง มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และ นักศึกษาวิชาชีพครูมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นโดยภาพรวมในระดับมาก ทั้งนี้ด้านประโยชน์และความพึงพอใจที่ได้รับมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด

เพ็ญพิชชา มั่นคง (2554) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลการเรียน เรื่อง พลเมืองดีของสังคมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโยนิโสมนสิการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านหนองกะโตน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครปฐมเขต 1 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการเรียนรู้เรื่องพลเมืองดีของสังคมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวโยนิโสมนสิการ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมี คะแนนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ 2) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวโยนิโสมนสิการ สูงกว่าเกณฑ์ 80% อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยภาพรวมอยู่ในระดับสูง 3) ความคิดเห็น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวโยนิโสมนสิการ โดยภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก โดยนักเรียนเห็นด้วยมากในด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เพราะนักเรียนได้ฝึกคิดร่วมกับเพื่อน ๆ ตามสถานการณ์ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ นักเรียนมีความเห็นว่าทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้และด้านบรรยากาศการเรียนรู้ นักเรียนมีความเห็นว่า ครูมีความเป็นกัลยาณมิตรกับนักเรียน

6. งานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิมพ์ใจ เกตุการณ์, สพลณภัทร์ ศรีแสนยงค์, และสมศิริ สิงห์ลพ (2560) ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมนัยสำคัญทางสถิติ ด้านความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัมพร พลสิทธิ์ (2559) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการกับเทคนิคการรู้คิด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนรวมราษฎร์สามัคคี อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 25 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการกับเทคนิคการรู้คิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการกับเทคนิคการรู้คิดมีทักษะกระบวนการทางการเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและระหว่างเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สายไหม โพธิ์ศิริ (2555) ได้ทำการวิจัยการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่มโดยใช้ชุดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการเรียนแบบร่วมมือ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเทศบาล 3 ประชายินดี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/2 โรงเรียนเทศบาล 3 ประชายินดี อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการเรียนแบบร่วมมือ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) พฤติกรรมการการทำงานกลุ่มของของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการเรียนแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับดี

สุภัสสร สิงหโส (2559) ได้ทำการวิจัยการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะหเชิงวิทยาศาสตร เรื่อง เซลลของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรูตามแนวทฤษฎีการเรียนรู เพื่อสรางสรรคดวยปญญา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 4 ผลการวิจัยพบวา 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง เซลลของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนหลังการเรียนโดยการจัดการเรียนรูตามแนวทฤษฎีการเรียนรูเพื่อสรางสรรค์ด้วยปญญาสูงกวากอนการเรียน อยางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะการคิด

วิเคราะหเชิงวิทยาศาสตรของนักเรียนหลังการเรียนโดยการจัดการเรียนรูตามแนวทฤษฎีการเรียนรูเพื่อสรางสรรคดวยปญญาสูงกวากอนการเรียนอยางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชนิดา ทาระเนตร์ (2560) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องความน่าจะเป็นโดยการจัดการเรียนการสอนเน้นกระบวนการกลุ่มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสา จังหวัดน่าน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2559 โรงเรียนสา อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ที่เรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน จำนวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนเน้นกระบวนการกลุ่มร้อยละ 100 ของนักเรียนทั้งหมดผ่านเกณฑ์คะแนนร้อยละ 60 ของคะแนนสอบและความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนเน้นกระบวนการกลุ่มอยู่ในระดับมากขึ้นไป

7. งานวิจัยเกี่ยวกับจิตวิทยาศาสตร์

วรรณพร เพิ่มโสภา (2563, หน้า 700) ได้ทำการวิจัยพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสงคราม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 305 คน ผลการวิจัยพบว่า แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบวัดเชิงสถานการณ์สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เหมาะสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เท่านั้น แบบวัดมีคุณภาพสามารถนำไปใช้วัดจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุนารี มีใหม่ (2558, หน้า 345) ได้ทำการวิจัยการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการเรียนร่วมมือเทคนิค STAD เรื่อง ระบบนิเวศ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 935 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบวัดชนิดสถานการณ์ตัวเลือกเรียงระดับตามความรู้สึก 5 ระดับของ Krathwohl จำนวน 30 ข้อ 2) ผลการตรวจสอบคุณภาพ พบว่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.6 ถึง 1.0) ข้อคำถามสามารถวัดคุณลักษณะเดียวกัน และแยกวัดในแต่ละคุณลักษณะได้ชัดเจน มีความเที่ยงทั้งฉบับอยู่ในระดับสูง (0.91) มีค่าความ

เที่ยงของแต่ละคุณลักษณะอยู่ในระดับสูง (0.80 ถึง 0.86) แบบวัดสามารถจำแนกนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำได้ โมเดลการวัดมีความตรงเชิงโครงสร้าง และ 3) โมเดลการวัดจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ กับแผนการเรียนคณิตศาสตร์–ภาษา นั่นคือ แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สามารถใช้วัดนักเรียนได้ทั้งสองแผนการเรียน

กัลยาณี หนูดำ (2556) ได้ทำการวิจัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านคลองแรด ตำบลคลองพน อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 14 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก 3) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก

นะดา แสงวิมาน (2560) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์โดยใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ที่ค่อนข้างต่ำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ ควบคู่ไปกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ แนวคิดทฤษฎีพื้นฐาน หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้มี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นทดลองและปฏิบัติ ขั้นสร้างความคิดรวบยอด และขั้นสร้างลักษณะนิสัย โดยมีค่าประสิทธิภาพแบบทวิเกณฑ์เท่ากับ 86.36–75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80–75 3) ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Dowry (2013) นักศึกษาเจตคติความสนใจและการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิงโรงเรียนมัธยมศึกษา ที่เป็นชนกลุ่มน้อยในประเทศสหรัฐอเมริกา : เจ้าสาวเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและเรียนในห้องหลักสูตรแสตมป์โดยมีจุดประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความแตกต่างทางเชื้อชาติและความสามารถทางวิชาการที่มีต่อเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยภายนอกพื้นฐาน ครอบครัวโรงเรียนเพื่อนและชุมชนและปัจจัยภายในที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ และทำการวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสำรวจที่สร้างตามวิธีของ Likert ผลการศึกษาพบว่านักเรียนชนกลุ่มน้อยที่มีชาติพันธุ์ Asian/Filipino มีเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ตามมาด้วยชาวละตินอเมริกัน และยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการให้กำลังใจและสนับสนุนส่งเสริมจากครอบครัวจะมีการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ดีด้วย

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ในรายวิชาเคมี หน่วยเคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผู้วิจัยคาดว่าผลจากการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้จะสามารถส่งเสริมความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษาของชาติต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 144 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 72 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม โดยจับสลากจำนวน 2 ห้อง จาก 4 ห้องเรียน และสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Samping) โดยการจับสลาก

อีกครั้ง เพื่อแยกเป็นกลุ่มทดลอง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 36 คน และกลุ่มปกติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 36 คน

แบบแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบแผนของการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi –experimental Design) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการทดลอง รูปแบบสองกลุ่ม มีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง มีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Randomized Control Group Pretest–Posttest Design) (ชูศรี วงศ์รัตนะ และองอาจ นัยพัฒน์, 2551, หน้า 44) ปรากฏในตาราง 4 ดังนี้

ตาราง 4 แบบแผนของการวิจัย Randomized Control Group Pretest–Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลัง
(R)E	T_{1E}	X	T_{2E}
(R)C	T_{1C}	~	T_{2C}

เมื่อ E แทน กลุ่มทดลอง
C แทน กลุ่มปกติ
T_{1E} แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง
T_{1C} แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มปกติ
X แทน การเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี โดยใช้การเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา
~ แทน การเรียนรู้ปกติตามคู่มือครู สสวท.
T_{2E} แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลอง
T_{2C} แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มปกติ
R แทน การกำหนดกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มต่าง ๆ อย่างสุ่ม หน่วยการสุ่มเป็นแต่ละสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 5 ชนิด ได้แก่

1.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 11 ชุด ใช้เวลาเรียน ชุดละ 3 ชั่วโมง รวมเวลา 33 ชั่วโมง

1.2 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

1.3 แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 48 ข้อ

1.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

1.5 แบบทดสอบวัดจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งดำเนินการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เนื้อหาเรื่อง เคมีอินทรีย์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระ มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือครู แบบเรียน เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตาราง 5

ตาราง 5 การจัดชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหา เวลาที่ใช้ในการสอน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้/เรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
ชุดที่ 1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์	3
ชุดที่ 2	การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	3
ชุดที่ 3	ไอโซเมอร์และหมู่ฟังก์ชัน	3
ชุดที่ 4	แอลเคน	3
ชุดที่ 5	แอลคีน	3
ชุดที่ 6	แอลไคน์	3
ชุดที่ 7	อะโรมาติก	3
ชุดที่ 8	แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ และคีโตน	3
ชุดที่ 9	กรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์	3
ชุดที่ 10	เอมีน	3
ชุดที่ 11	เอไมด์	3
รวม		33

1.2 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรม ส่วนประกอบชุดกิจกรรม ประกอบด้วย

1.2.1 เอกสารสำหรับครู ได้แก่ คำแนะนำสำหรับครู คำอธิบายรายวิชา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ เฉลยบัตรกิจกรรม เฉลยบัตรฝึกเสริมทักษะ แบบทดสอบและเฉลยแบบทดสอบ

1.2.2 เอกสารสำหรับนักเรียน ได้แก่ ใบงาน ใบความรู้ ใบรายงานกิจกรรม

1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสอนแบบ STEM Education ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	สื่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้
1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ (S) – ขั้นวางแผน	– คำชี้แจง – ผลการเรียนรู้ – แบบทดสอบก่อนเรียน
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (S, T)	– ใบความรู้ – สื่อและแหล่งสืบค้นข้อมูล
3. การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา (S, E, M) – ขั้นการกำกับ	– ใบงาน
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (S, M) – ขั้นการกำกับ	
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (S, M) – ขั้นประเมิน	– แบบทดสอบหลังเรียน – แบบประเมินผลงาน
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม (S, T, E, M) – ขั้นประเมิน	– แบบฝึกหัด

1.4 นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อวิเคราะห์ความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีความรู้เรื่องหลักสูตร และด้านเนื้อหาวิชา เป็นผู้พิจารณา โดยผู้วิจัยแปลความหมายออกแบบ แบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ประเมิน 5 ด้าน ดังนี้ 1) คำแนะนำ 2) เนื้อหา 3) แนวทางการจัดกิจกรรม 4) สื่อการเรียนรู้ 5) การวัดผลประเมินผลใช้เกณฑ์การประเมิน ซึ่งดัดแปลงมาจากการประเมินและการหาค่าเฉลี่ยของบุญชม ศรีสะอาด (2556, หน้า 121) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

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

เกณฑ์พิจารณาคุณภาพของชุดกิจกรรมจากคะแนนเฉลี่ยตามเกณฑ์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย

1. ดร.สมพร หลิมเจริญ ผู้อำนวยการกลุ่มนิเทศ ติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เขต 1

2. ดร.ภิญโญ ทองเหลา ผู้อำนวยการชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านบ่อร้าง (ผลานิวรรต) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 2

3. ดร.วาทินี แกสมาน อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. นางสาววัชราภรณ์ เขาเขจร อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

5. นางสาวชัญญาพัทธ์ ธนดิษฐาพงศ์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องของชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาทั้ง 5 ด้าน มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านเท่ากับ 4.7

1.5 ปรับปรุงชุดกิจกรรมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.6 นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยสุ่มชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 1 ชุด ไปใช้สอนเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง โดยดำเนินการดังนี้ ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 36 คน โดยคัดเลือกนักเรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน อย่างละ 12 คน เพื่อหาความเหมาะสม นำข้อบกพร่องมาพิจารณา ปรับปรุงแก้ไขต่อไป

1.7 นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ปรับปรุงและนำเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพิจารณาความถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง และปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.8 นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขและสมบูรณ์แล้วไปใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 36 คน โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร ที่เป็นกลุ่มทดลอง

2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.1 ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคนิคการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ

2.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับผลการเรียนรู้ เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบ

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ต้องใช้จริง 30 ข้อ โดยจำแนกเป็น 13 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต จำนวน 3 ข้อ
2. ทักษะการวัด จำนวน 3 ข้อ
3. ทักษะการจำแนก จำนวน 3 ข้อ

4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ จำนวน 3 ข้อ

5. ทักษะการคำนวณ จำนวน 3 ข้อ

6. ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย จำนวน 3 ข้อ

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล จำนวน 3 ข้อ

8. ทักษะการพยากรณ์ จำนวน 3 ข้อ

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน จำนวน 3 ข้อ

10. ทักษะการเขียนนิยามเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 ข้อ

11. ทักษะการกำหนดตัวแปร จำนวน 3 ข้อ

12 ทักษะการทดลอง จำนวน 3 ข้อ

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จำนวน 4 ข้อ

2.4 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา และความตรงของเนื้อหาความสอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะคำถาม ความถูกต้องของภาษา พิจารณาให้ข้อคิดเห็นแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อกับจุดมุ่งหมายในการวัด โดยผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน ใช้แนวการประเมินดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ให้คะแนน 0 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ให้คะแนน –1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นวัดได้ตรงกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.6 วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบกับทักษะกระบวนการที่ต้องการวัด โดยใช้สูตร IOC (Index of Item Objective Congruence) เลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 เป็นข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ ผลการวิเคราะห์ พบว่าค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8–1.00 แสดงว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้สมบูรณ์ขึ้น

2.7 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดสอบ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 จำนวน 36 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์หาคุณภาพดังนี้

2.7.1 นำคะแนนของนักเรียนแต่ละคนมาเรียงจากคะแนนสูงสุดไปหาต่ำสุด แล้วใช้เทคนิค 50% แยกคะแนนกลุ่มสูง กลุ่มต่ำ ที่ได้แล้ว นำมาคำนวณหาค่าความยากง่าย (Difficulty) (p) และคำนวณหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) (r)

การวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ ซึ่งค่าความยากตั้งแต่ 0 ถึง 1 ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ระหว่าง .20 ถึง .80 เป็นข้อสอบที่มีความยากอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ โดยใช้ดัชนีวัดค่าความยาก ดังนี้
(บุญชม ศรีสะอาด, 2556, หน้า 97–98)

.81–1.00 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก ไม่มีคุณภาพ

.61–.80 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย มีคุณภาพ

.40–.60 หมายถึง เป็นข้อสอบความยากปานกลาง มีคุณภาพ

.20–.39 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก มีคุณภาพ

.00–.19 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ยากมาก ไม่มีคุณภาพ

ส่วนเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ –1 ถึง +1 และค่าที่อยู่ระหว่าง .20 ถึง 1 เป็นเกณฑ์ที่มีคุณภาพ โดยใช้ค่าอำนาจจำแนก (r) ดังนี้
(บุญชม ศรีสะอาด, 2556, หน้า 97–98)

ค่า r ตั้งแต่ .61 ขึ้นไป ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกสูง มีคุณภาพ

ค่า r ตั้งแต่ .41–.60 ข้อมีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง มีคุณภาพ

ค่า r ตั้งแต่ .20–.40 ข้อมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง มีคุณภาพ

ค่า r ต่ำกว่า .19 แสดงว่าข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกต่ำ ไม่มีคุณภาพ

หากข้อใดข้อหนึ่งในสถานการณ์หนึ่ง ๆ มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกไม่อยู่ในเกณฑ์ ก็จะปรับปรุงตัวเลือกใหม่ ๆ เฉพาะข้อนั้น ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่เข้าเกณฑ์ไว้ 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากรายข้อ (p) มีค่าตั้งแต่ 0.42–0.76 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าตั้งแต่ 0.21–0.58 เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์คุณภาพปานกลาง

2.7.2 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อ หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีการคำนวณจากสูตร KR–20 ของ Kuder–Richardson (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, หน้า 103) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.78 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง ซึ่งการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับพิจารณาตามเกณฑ์ต่อไปนี้

.71–1.00 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือสูง

.30–.70 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้ปานกลาง

น้อยกว่า .30 ถือว่าแบบทดสอบเชื่อถือได้ต่ำ

7.3 นำแบบทดสอบที่เลือกไว้ จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 30 ข้อ เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 และ 6/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 23 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน 72 คน

3. แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.1 ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 48 ข้อ ของสุทธภา บุญแซม (2553, หน้า 131–145) มาใช้ในครั้งนี้

3.2 นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปทดสอบ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 จำนวน 38 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์หาคุณภาพดังนี้

3.3 นำคะแนนของนักเรียนแต่ละคนมาเรียงจากคะแนนสูงสุดไปหาต่ำสุด แล้วใช้เทคนิค 50% แยกคะแนนกลุ่มสูง กลุ่มต่ำ ที่ได้แล้ว นำมาคำนวณหาค่าความยากง่าย (Difficulty) (p) และคำนวณหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) (r)

การวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ ซึ่งค่าความยากตั้งแต่ 0 ถึง 1 ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ระหว่าง .20 ถึง .80 เป็นข้อสอบที่มีความยากอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ โดยใช้ดัชนีวัดค่าความยากดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, หน้า 97–98)

.81–1.00 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก ไม่มีคุณภาพ

.61–.80 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย มีคุณภาพ

.40–.60 หมายถึง เป็นข้อสอบความยากปานกลาง มีคุณภาพ

.20–.39 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก มีคุณภาพ

.00–.19 หมายถึง เป็นข้อสอบที่ยากมาก ไม่มีคุณภาพ

ส่วนเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ –1 ถึง +1 และค่าที่อยู่ระหว่าง .20 ถึง 1 เป็นเกณฑ์ที่มีคุณภาพ โดยใช้ค่าอำนาจจำแนก (r) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, หน้า 97–98)

ค่า r ตั้งแต่ .61 ขึ้นไป ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกสูง มีคุณภาพ

ค่า r ตั้งแต่ .41–.60 ข้อมีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง มีคุณภาพ

ค่า r ตั้งแต่ .20–.40 ข้อมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง มีคุณภาพ

ค่า r ต่ำกว่า .19 แสดงว่าข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกต่ำ ไม่มีคุณภาพ

ซึ่งมีค่าความยากรายข้อ (p) มีค่าตั้งแต่ 0.21– 0.95 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าตั้งแต่ 0.42 – 1.89 เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์คุณภาพ

3.4 นำข้อสอบจำนวน 48 ข้อ หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยวิธีการคำนวณจากสูตร KR–20 ของ Kuder–Richardson (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, หน้า 103) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.98 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง ซึ่งการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับพิจารณาตามเกณฑ์ต่อไปนี้

.71–1.00 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือสูง

.30–.70 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้ปานกลาง

น้อยกว่า .30 ถือว่าแบบทดสอบเชื่อถือได้ต่ำ

เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 และ 6/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 23 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน 72 คน

4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

4.1 ศึกษารายละเอียดของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร วิชาเคมี หน่วยเคมีอินทรีย์ ศึกษาเนื้อหา ผลการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 หน้า 1–131)

4.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากแนวคิดของ สมนึก ภัททิยธนี (2551, หน้า 82–97) และศึกษาคู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, หน้า 10–27)

4.3 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระตามหลักสูตรสถานศึกษา วิชา เคมี หน่วยเคมีอินทรีย์ รายละเอียดดังนี้

ตาราง 7 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ชุดที่	เรื่อง	พฤติกรรมที่วัด						จำนวนชั่วโมง	จำนวนข้อสอบ
		ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า		
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์	2	1	–	1	–	–	3	4
2	การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	1	2	–	–	1	–	3	4
3	ไอโซเมอร์และหมู่ฟังก์ชัน	1	1	–	1	–	1	3	4
4	แอลเคน	1	1	1	1	–	–	3	4
5	แอลคีน	1	1	1	1	–	–	3	4
6	แอลไคน์	1	1	1	1	–	–	3	4
7	อะโรมาติก	1	1	1	1	–	–	3	4
8	แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์และคีโตน	1	1	1	1	–	–	3	4
9	กรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์	1	1	1	1	–	–	3	4
10	เอมีน	1	1	1	1	–	–	3	4
11	เอไมด์	–	1	1	1	1	–	3	4
รวม		11	12	8	10	2	1	33	44

4.4 สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา เคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 44 ข้อ ต้องการใช้จริง 30 ข้อ ในแต่ละข้อมีความถูกต้องเพียงข้อเดียว การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีเกณฑ์ ดังนี้ คือ คำตอบถูกในแต่ละ

ข้อจะให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดในแต่ละข้อจะให้ 0 คะแนน ถ้าตอบมากกว่า 1 ข้อหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

4.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา เคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เสนอต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา และความตรงของเนื้อหาความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ลักษณะคำถาม ตัวเลือก ความถูกต้องของภาษา พิจารณาให้ข้อคิดเห็นแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

4.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา เคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน มีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2551, หน้า 219)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามผลการเรียนรู้
ให้คะแนน 0 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามผลการเรียนรู้
ให้คะแนน –1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงตามผลการเรียนรู้

4.7 วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด โดยใช้สูตร IOC (Index of Item Objective Congruence) เลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 เป็นข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ ผลการวิเคราะห์ พบว่าค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8–1.00 แสดงว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้สมบูรณ์ขึ้น

4.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดสอบ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 23 จำนวน 72 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์หาคุณภาพดังนี้

4.8.1 นำคะแนนของนักเรียนแต่ละคนมาเรียงจากคะแนนสูงสุดไปหาต่ำสุด แล้วใช้เทคนิค 50% แยกคะแนนกลุ่มสูง กลุ่มต่ำ ที่ได้แล้ว นำมาคำนวณหาค่าความยากง่าย (Difficulty) (p) และคำนวณหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) (r)

การวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ ซึ่งค่าความยากตั้งแต่ 0 ถึง 1 ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ระหว่าง .20 ถึง .80

เป็นข้อสอบที่มีความยากอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ ส่วนเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ –1 ถึง +1 และค่าที่อยู่ระหว่าง .20 ถึง 1 เป็นเกณฑ์ที่มีคุณภาพ โดยพิจารณาตามเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2556, หน้า 97–98)

หากข้อใดข้อหนึ่งในสถานการณ์หนึ่ง ๆ มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกไม่อยู่ในเกณฑ์ ก็จะปรับปรุงตัวเลือกใหม่ ๆ เฉพาะข้อนั้น ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่เข้าเกณฑ์ไว้ 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากรายข้อ (p) มีค่าตั้งแต่ 0.32–0.74 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าตั้งแต่ 0.21–0.58 เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์คุณภาพ

4.8.2 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 30 ข้อ หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีการคำนวณจากสูตร KR–20 ของ Kuder–Richardson ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.74 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง ซึ่งการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับพิจารณาตามเกณฑ์ต่อของบุญชม ศรีสะอาด (2556, หน้า 103)

4.9 นำแบบทดสอบที่เลือกไว้ จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 30 ข้อ เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 และ 6/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 23 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน 72 คน

5. แบบทดสอบวัดจิตวิทยาศาสตร์

5.1 ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดจิตวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ของพนัส ทองปาน (2558, หน้า 411–420) มาใช้ในครั้งนี้

5.2 นำแบบทดสอบแบบทดสอบวัดจิตวิทยาศาสตร์ ไปทดสอบ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 จำนวน 36 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์หาคุณภาพ ดังนี้

5.3 นำคะแนนของนักเรียน วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบโดยคะแนนเป็นมาตรประมาณค่าหรือ rating scale มี 5 ระดับ การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วยสถิติทดสอบที (t–test) โดยคัดผู้ได้คะแนนสูงสุดและต่ำสุดของจำนวนทั้งหมด แล้วนำคะแนนของกลุ่มสูงและต่ำมา

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ถ้าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็แสดงว่าข้อคำถามนั้นมีอำนาจจำแนก

ส่วนเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.4 ถึง 1.00 เป็นเกณฑ์ที่มีคุณภาพ โดยใช้ค่าอำนาจจำแนก (r) ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2554, หน้า 309)

ค่า r ตั้งแต่ .61 ขึ้นไป ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกสูง มีคุณภาพ
ค่า r ตั้งแต่ .41–.60 ข้อมีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง มีคุณภาพ
ค่า r ตั้งแต่ .20–.40 ข้อมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง มีคุณภาพ
ค่า r 0.00 – 0.09 แสดงว่าข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกต่ำ ต้องปรับปรุง

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าตั้งแต่ 0.21–0.58 เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์คุณภาพ

5.4 นำข้อสอบจำนวน 30 ข้อ หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) Cronbach จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 กรณีสัมประสิทธิ์แอลฟามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความเชื่อมั่นได้ค่อนข้างสูง ถ้าสัมประสิทธิ์แอลฟามีค่าเข้าใกล้ 0.5 หรือ 0 แสดงว่า มีความเชื่อมั่นได้ปานกลางหรือมีความเชื่อมั่นค่อนข้างน้อย (สรชัย พิศาลบุตร, เสาวรส ใหญ่สว่าง และปรีชา อัศวเดชานุกร , 2552, หน้า 32–33) ผลการวิเคราะห์ พบว่า มีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.79

5.5 นำแบบทดสอบวัดจิตวิทยาศาสตร์ ไปเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 และ 6/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 23 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน 72 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียม

ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 และ 6/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 23 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน

72 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster Random Sampling) มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม โดยจับฉลาก จำนวน 2 ห้อง จาก 4 ห้องเรียน และสุ่มอย่างง่าย (Sample Random Sampling) โดยการจับสลากอีกครั้ง เพื่อแยกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน จำนวน 1 ห้องเรียน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6/5 ทั้งหมด 36 คนและกลุ่มปกติ จำนวน 1 ห้องเรียน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 36 คน แล้วใช้ระดับผลการประเมินจิตวิทยาศาสตร์ มาจัดกลุ่มนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับลักษณะจิตวิทยาศาสตร์ เป็นกลุ่มสูง กลุ่มปานกลางและกลุ่มต่ำ

กลุ่มทดลอง ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิง อภิปัญญาจำนวน 36 คน กลุ่มปกติ ได้รับการสอนด้วยการเรียนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. จำนวน 36 คน

2. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 ติดต่อขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือการวิจัยและขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย จากบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 23 เพื่อขออนุญาตทดลองใช้เครื่องมือวิจัยและเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2.2 ผู้วิจัยลงมือทำการวิจัย โดยผู้วิจัยดำเนินการต่อเนื่องเป็นระยะดังนี้

2.2.1 การดำเนินการก่อนเริ่มการทดลองผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน ทดสอบนักเรียนทั้งหมดดังนี้

2.2.1.1 ทดสอบกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบสถานการณ์วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.2.1.2 ทดสอบกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ แบบทดสอบวัดจิตวิทยาศาสตร์

2.2.2 การดำเนินการทดลองผู้วิจัยเป็นผู้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ทั้ง 2 กลุ่มกลุ่มละ 33 ชั่วโมง ระหว่างวันที่ 16 พฤษภาคม 2561 ถึง 16 สิงหาคม 2561 เรื่องเคมีอินทรีย์ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.2.1 กลุ่มทดลอง ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

2.2.2.2 กลุ่มปกติ ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

2.2.3 การดำเนินการหลังการทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทดสอบนักเรียนทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ ดังนี้

2.2.3.1 ทดสอบกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมีเรื่องเคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.3 นำผลคะแนนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์หาดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ตามเกณฑ์ดัชนีประสิทธิผล 0.50

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependent Sample

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependent Sample

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรม การเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ independent Sample

5. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนด้วยชุด กิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับ กระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาโดยใช้การวิเคราะห์คะแนน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ผลการวิเคราะห์พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนแตกต่างกัน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน ดังนั้นคะแนนหลังเรียนจึงวิเคราะห์โดยควบคุมคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณทางเดียว (One- Way MANCOVA)

6. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. โดยใช้การวิเคราะห์คะแนน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ผลการวิเคราะห์พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน ดังนั้นคะแนนหลังเรียนจึงเพราะโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-Way MANOVA)

7. วิเคราะห์ผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรวิธีการสอนและตัวแปร จิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนน ทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์การคิดอย่างมีวิจารณญาณผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ 2 ทาง (Two Way MANOVA)

ในการวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้สถิติดังนี้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สถิติพื้นฐานในการคำนวณร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean, $\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation or S.D.)

1.1 ค่าร้อยละ (Percentage) โดยสูตร P (สมนึก ภัททิยธนี, 2551, หน้า 260)

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ

F แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมดหรือคะแนนเต็ม

1.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean, $\bar{X}$) คำนวณจากสูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2551, หน้า 237)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

Σx แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation or S.D.) (สมนึก ภัททิยธนี, 2551, หน้า 250)

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

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน ผลรวมของคะแนนในกลุ่ม

$\bar{X}$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสูตรดัชนีความสอดคล้อง Index of Item Objective Congruence (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2551, หน้า 220)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับข้อสอบ

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนความคิดของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 การหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์

2.2.1 ค่าความยากง่าย (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นรายข้อจากสูตร (สุวิมล ติรกานันท์, 2551, หน้า 147–148) ดังนี้

$$P = \frac{R_u + R_l}{2f}$$

เมื่อ **P** แทน ระดับความยาก

f แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน

R_u แทน จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

R_l แทน จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

2.2.2 หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากสูตร (สุวิมล ติรกานันท์, 2551, หน้า 152–153) คำนวณได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$r = \frac{R_u + R_l}{f}$$

เมื่อ r แทน อำนาจจำแนก

f แทน จำนวนคนในกลกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน

R_u แทน จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

R_l แทน จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

หาค่าอำนาจจำแนกแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ โดยคะแนนเป็นมาตรประมาณค่าหรือ rating scale มี 5 ระดับ จากสูตร (ไพศาล วรคำ, หน้า 309) คำนวณได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$r = \frac{t}{\sqrt{t^2 + n - 2}}$$

เมื่อ r แทน อำนาจจำแนก

t แทน ค่าสถิติทดสอบ

n แทน จำนวนนักเรียน

2.3 หาค่าความเที่ยงหรือความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยใช้สูตร KR–20 ของ Kudre–Richardson โดยวิธีคำนวณ (สุวิมล ติรกานันท์, 2551, หน้า 173–175) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\Sigma pq}{s^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อสอบ

S^2 แทน ความแปรปรวน

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่ง ๆ

$p = \frac{R}{N}$ เมื่อ R แทนจำนวนของผู้ตอบถูกในข้อนั้น และ N แทน จำนวนผู้สอบ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ เท่ากับ 1-p

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบสมมติฐานข้อ 1

ดัชนีประสิทธิผล ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (เผชิญ กิจระการ, 2544, หน้า 44-45 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 102-103)

$$\text{E.I.} = \frac{\text{P}_2 - \text{P}_1}{\text{Total} - \text{P}_1}$$

เมื่อ E.I. แทน ค่าดัชนีประสิทธิผล

P_1 แทน ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน

P_2 แทน ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน

Total แทน ผลคูณของจำนวนนักเรียนกับคะแนนเต็ม

3.2 ทดสอบสมมติฐานข้อ 2 และข้อ 3

เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependant Samples (ชูศรี วงค์รัตนะ, 2553, หน้า 179)

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคะแนน

n แทน จำนวนสมาชิกกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.3 ทดสอบสมมติฐานข้อ 4

เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Dependant Samples (ชูศรี วงค์รัตนะ, 2553, หน้า 151-155)

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1^2} + \frac{1}{n_2^2}\right)}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1^2-1)S_1^2+(n_2^2-1)S_2^2}{n_1^2+n_2^2-2}$$

เมื่อ $\overline{X}_1, \overline{X}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ

S_p^2 แทน ค่าความแปรปรวน

S_1^2, S_2^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ

n_1, n_2 แทน จำนวนกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ

3.4 ทดสอบสมมติฐานข้อ 5

เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ก่อนเรียนและหลังเรียนวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณทางเดียว (One-Way MACOVA) สำหรับสมมติฐานข้อ 5 วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

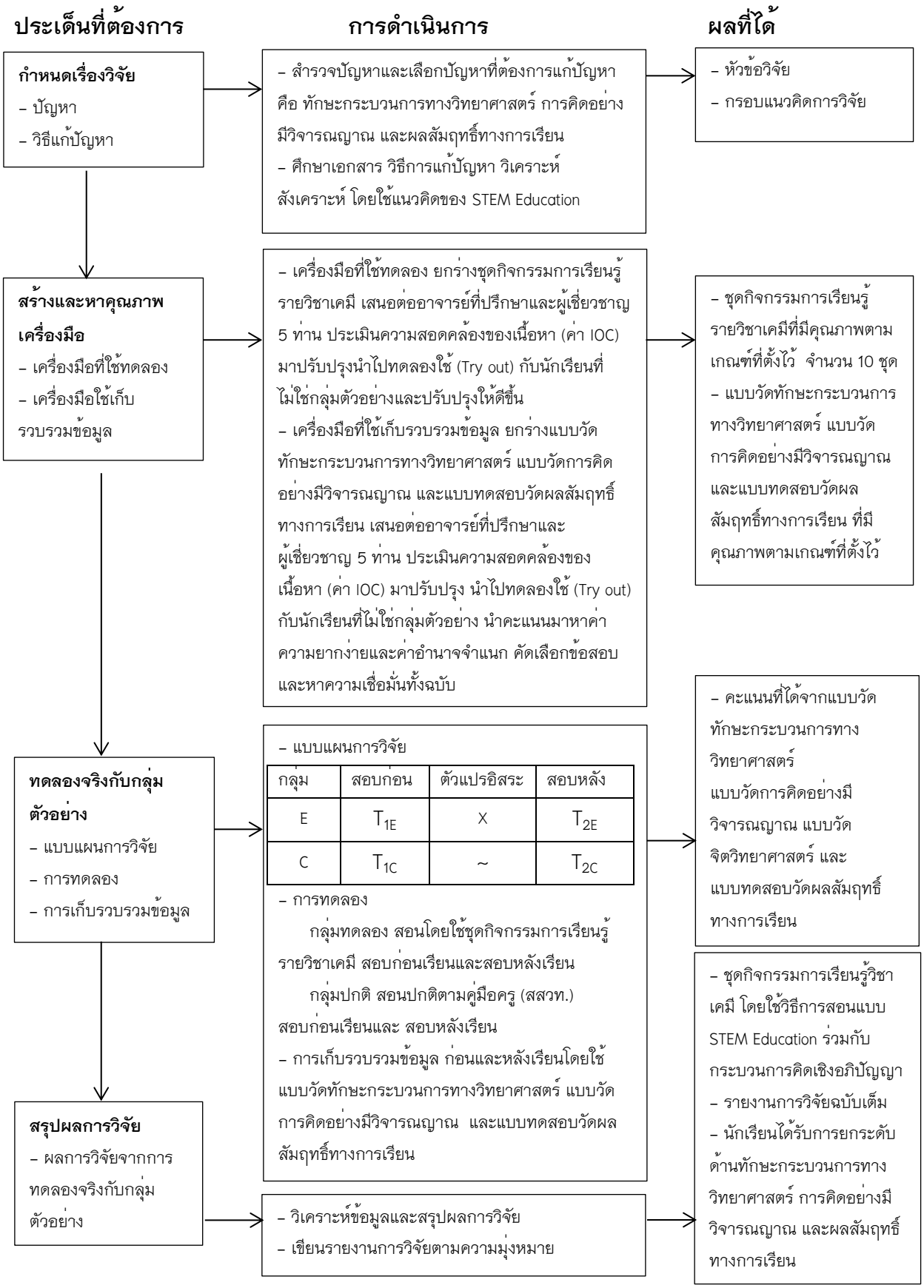
3.5 ทดสอบสมมติฐานข้อ 6

เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มี

จิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One–Way ANOVA) ก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณทางเดียว (One–Way MANOVA) สำหรับสมมติฐานข้อ 6 วิเคราะห์โยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.6 ทดสอบสมมติฐานข้อ 7

ศึกษาปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่าตัวแปรวิธีการสอนและตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทาง (Two–Way ANOVA) สำหรับสมมุติฐานข้อ 7 วิเคราะห์โยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 3 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและตีความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการสื่อความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนน
S.D	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
E.I.	แทน	ค่าดัชนีประสิทธิผล
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตในตาราง
F	แทน	แทนสถิติทดสอบที่ใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤติจากการแจกแจงแบบ F เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
Λ	แทน	ค่าแลมด้าของ wilks

df แทน ระดับของความเป็นอิสระ

P แทน ความน่าจะเป็นเพื่อใช้ทดสอบระดับนัยสำคัญ

SS แทน ผลรวมของกำลังสอง

MS แทน ค่าประมาณของความแปรปรวน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น เพื่อการเลือกใช้สถิติที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้อำนาจการทอสอบเข้าใกล้ความเป็นจริงมากที่สุดดังที่ได้แสดงผลไว้บางส่วน และลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ตามลำดับสมมติฐานการวิจัย

1. วิเคราะห์หาดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ตามเกณฑ์ดัชนีประสิทธิผล 0.5 ขึ้นไป

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t–test แบบ Dependent Samples

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t–test แบบ Dependent Samples

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t–test แบบ Independent Samples

5. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ผลการวิเคราะห์พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนแตกต่างกัน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน ดังนั้นคะแนนหลังเรียนจึงวิเคราะห์โดยควบคุมคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณทางเดียว (One-Way MANCOVA)

6. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. โดยใช้การวิเคราะห์ก่อนเรียนโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ผลการวิเคราะห์พบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนแตกต่างกัน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน ดังนั้นคะแนนหลังเรียนจึงวิเคราะห์โดยควบคุมคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณทางเดียว (One-Way MANCOVA)

7. วิเคราะห์ผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรวิธีการสอน และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทาง (Two-Way-MANNOVA)

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเพิ่มเติมจากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในขณะจัดการเรียนการสอน โดยบันทึกหลังการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ในภาพรวมของการเกิดพฤติกรรม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1. วิเคราะห์หาดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ตามเกณฑ์ดัชนีประสิทธิผล 0.50 ขึ้นไป

ตาราง 8 แสดงค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ตัวแปรตาม	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนน		ค่าดัชนีประสิทธิผล
			ก่อนเรียน	หลังเรียน	
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	36	40	390	1,069	0.65
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	36	48	516	1,388	0.72
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	36	30	283	866	0.73
รวม	36	118	1,189	3,323	0.70

จากตาราง 8 พบว่า ดัชนีประสิทธิผล (The Effectiveness Index: E.I.) ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.65 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าเท่ากับ 0.73 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.73 ละค่าดัชนีประสิทธิผลโดยรวม มีค่าเท่ากับ 0.70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ .05 ขึ้นไป

ตาราง 9 แสดงค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท.

ตัวแปรตาม	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนน		ค่าดัชนีประสิทธิผล
			ก่อนเรียน	หลังเรียน	
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	36	40	362	943	0.54
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	36	48	698	1,269	0.55
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	36	30	350	811	0.63
รวม	36	118	1,410	3,023	0.57

จากตาราง 9 พบว่า ดัชนีประสิทธิผล (The Effectiveness Index: E.I.) ของวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.54 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าเท่ากับ 0.55 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 0.63 ละค่าดัชนีประสิทธิผลโดยรวม มีค่าเท่ากับ 0.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ .05 ขึ้นไป

จากตาราง 8 และ 9 เมื่อเทียบค่าดัชนีประสิทธิผลของคะแนน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีค่าดัชนีประสิทธิผลสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท.

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตัวแปร/ระยะเวลา		คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	P
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	40	10.83	2.22	34.24*	.00
	หลังเรียน	40	29.69	3.47		
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ก่อนเรียน	48	14.33	2.37	35.27*	.00
	หลังเรียน	48	38.56	2.95		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ก่อนเรียน	30	7.86	1.71	23.55*	.00
	หลังเรียน	30	24.06	3.51		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 10 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เมื่อเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่มีค่าสถิติทดสอบที (t-test for Dependent Samples) ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 34.24, 35.27 และ 23.55 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน ($\bar{X}$) เท่ากับ 10.83, 14.33 และ 7.86 หลังเรียน ($\bar{X}$) เท่ากับ 29.69, 38.56 และ 24.06 ตามลำดับ สรุปได้ว่า หลังเรียนนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตัวแปร / ระยะเวลา		คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t	P
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	40	10.06	2.52	25.93*	.00
	หลังเรียน	40	26.19	3.22		
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ก่อนเรียน	48	19.39	6.69	11.80*	.00
	หลังเรียน	48	35.25	3.19		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ก่อนเรียน	30	9.72	2.13	22.63*	.00
	หลังเรียน	30	22.53	1.96		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 11 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. เมื่อเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 โดยที่มีค่าสถิติทดสอบที (t-test for Dependent Samples) ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 25.93, 11.80 และ 22.63 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 10.06, 19.39 และ 2.13 หลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 26.19, 35.25 และ 22.53 ตามลำดับ สรุปได้ว่า หลังเรียนนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน

4.1 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. (กลุ่มปกติ)

ตัวแปร		คะแนนเต็ม	N	$\overline{X}$	S.D.	t	P
ก่อนเรียน	กลุ่มทดลอง	40	36	10.83	2.22	1.39	.18
	กลุ่มปกติ	40	36	10.06	2.52		
หลังเรียน	กลุ่มทดลอง	40	36	29.69	3.47	4.43	.40
	กลุ่มปกติ	40	36	26.19	3.22		

จากตาราง 12 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t-test for Independent Samples) เท่ากับ 1.39 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ ($\overline{X}$) มีค่าเท่ากับ 10.83 และ 10.06 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t-test for Independent Samples) เท่ากับ 4.43 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ ($\overline{X}$) มีค่าเท่ากับ 29.69 และ 26.19 ตามลำดับ สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

4.2 เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

ตาราง 13 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. (กลุ่มปกติ)

ตัวแปร		คะแนนเต็ม	N	$\bar{X}$	S.D.	t	P
ก่อนเรียน	กลุ่มทดลอง	48	36	14.33	2.37	4.27*	.00
	กลุ่มปกติ	48	36	19.39	6.69		
หลังเรียน	กลุ่มทดลอง	48	36	38.56	2.95	4.56	.75
	กลุ่มปกติ	48	36	35.25	3.19		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 13 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t–test for Independent Samples) เท่ากับ 14.27 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ ($\bar{X}$) มีค่าเท่ากับ 14.33 และ 19.39 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติพบว่า ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t–test for Independent Samples) เท่ากับ 4.56 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ ($\bar{X}$) มีค่าเท่ากับ 38.56 และ 35.25 ตามลำดับ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติหลังเรียนไม่แตกต่างกัน แต่ก่อนเรียนจะเห็นได้ว่ากลุ่มปกติจะมีคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

ตาราง 14 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. (กลุ่มปกติ)

ตัวแปร		คะแนนเต็ม	N	$\bar{X}$	S.D.	t	P
ก่อนเรียน	กลุ่มทดลอง	30	36	7.86	1.71	4.09	.12
	กลุ่มปกติ	30	36	9.72	2.13		
หลังเรียน	กลุ่มทดลอง	30	36	24.06	3.51	2.28*	.00
	กลุ่มปกติ	30	36	22.53	1.96		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t-test for Independent Samples) เท่ากับ 4.09 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ ($\bar{X}$) มีค่าเท่ากับ 7.86 และ 9.72 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t-test for Independent Samples) เท่ากับ 2.28 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ ($\bar{X}$) มีค่าเท่ากับ 24.06 และ 22.53 ตามลำดับ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน แต่หลังเรียนจะเห็นได้ว่า กลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่ากลุ่มปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ดังนั้นวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ผู้วิจัยได้นำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One–Way ANOVA) ของคะแนนก่อนเรียน โดยผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเบื้องต้นของการใช้สถิติ ได้แก่ ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ (Normality Distribution) ข้อมูลมีความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มเท่ากัน (Homogeneity of Variances) ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าเป็นไปตามข้อตกลงของการใช้สถิติ จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One–Way ANOVA) ได้ผลดังตาราง 15

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวแปรตามก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One–Way ANOVA) ของกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	60.17 112.83 173.00	2 33 35	30.08 3.42	8.79*	.00
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	28.17 167.83 196.00	2 33 35	14.08 5.09	2.77	.08
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	7.39 94.92 102.31	2 33 35	3.69 2.88	1.28	.29

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 15 พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันของกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นการวิเคราะห์คะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมทางเดียว (One–Way MANCOVA) โดยควบคุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ ได้แก่ ข้อมูลการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร (Multivariable Normality Distribution) ข้อมูลมีเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมเท่ากันทุกกลุ่ม (Homogeneity of Covariance Matrix) และความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรตาม (Correlation) ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมทางเดียว (One–Way MANCOVA) ดังตาราง 16

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ในกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา โดยใช้ความแปรปรวนพหุคูณร่วมทางเดียว (One–Way MANCOVA)

ตัวแปร	Λ	df	F	P
ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	.30	6	7.85*	.00

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 16 พบว่า ค่าความน่าจะเป็น P = .00 หมายความว่า หลังจากควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน 1 ตัวแล้ว ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมี

วิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนโดยใช้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อผลจากการวิเคราะห์ด้วย One-Way MANCOVA พบว่านักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการคิดอย่างวิจารณญาณหลังเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว (One-Way ANCOVA) และผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ รายคู่ภายหลัง (Post Hoc) ปรากฏผลดังตาราง 17-22

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม (One-Way ANOVA) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ระหว่างกลุ่ม	12.056	2	6.02	.67	.51
	ภายในกลุ่ม	292.83	33	8.87		
	รวม	304.88	35			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 17 พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันของกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาหลังเรียน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกัน

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม (One–Way ANOVA) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ระหว่างกลุ่ม	320.05	2	160.02	48.08	.00
	ภายในกลุ่ม	109.83	33	3.32		
	รวม	429.88	35			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 18 พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันของกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาหลังเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยต้องการทราบว่า จิตวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ในคู่ใดบ้าง ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบภายหลัง (Post Hoc) โดยการวิเคราะห์แบบเทียบรายคู่ ด้วนสถิติ Scheffe/ ปรากฏผลดังตาราง 19

ตาราง 19 ผลการการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเป็นรายคู่ เมื่อได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน			
	$\bar{X}$	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
		32.00	30.08	27.00
สูง	27.08	–	2.00*	7.08*
ปานกลาง	25.08	–	–	5.08*
ต่ำ	20.00	–	–	–

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 19 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามระดับของจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 3 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลางและต่ำ และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียวของตัวแปรตาม (One–Way ANCOVA) ทักษะกระบวนการทาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จิตวิทยาศาสตร์	88.67	2	44.33	5.29*	.01

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 20 ตัวแปรตามด้านทักษะกระบวนการทาวิทยาศาสตร์ P = .01 หมายความว่า หลังจากควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาหลังเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยต้องการทราบว่า หลังจากควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน นักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน มีทักษะกระบวนการหลังเรียนแตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ ในคู่ใดบ้าง ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยสถิติ Bonferroni ปรากฏผลดังตาราง 21

ตาราง 21 ผลการการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเป็นรายคู่ หลังจากได้ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน			
	$\bar{X}$	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
		32.00	30.08	27.00
สูง	32.00	–	–	5.00*
ปานกลาง	30.08	–	–	3.08*
ต่ำ	27.00	–	–	–

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 21 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงจะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

6. วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

วิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ผู้วิจัยได้นำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One–Way ANOVA) ของคะแนนก่อนเรียน โดยผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบเบื้องต้นของการใช้สถิติ ได้แก่ ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ (Normality Distribution) ข้อมูลมีความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มเท่ากัน

(Homogeneity of Variances) ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าเป็นไปตามข้อตกลงของการใช้สถิติจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ได้ผลดังตาราง 22

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวแปรตามก่อนเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ของกลุ่มปกติ

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	33.55 188.33 221.88	2 33 35	16.77 5.70	2.94	.06
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	611.55 955.00 1566.55	2 33 35	305.77 28.93	10.56*	.00
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ระหว่างกลุ่ม ภายในกลุ่ม รวม	11.55 147.66 159.22	2 33 35	5.77 4.47	1.29	.28

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 22 พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันของกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียน มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นการวิเคราะห์คะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมทางเดียว (One-Way MANCOVA) โดยควบคุมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มี

ระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ ได้แก่ ข้อมูลการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร (Multivariable Normality Distribution) ข้อมูลมีเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมเท่ากันทุกกลุ่ม (Homogeneity of Covariance Matrix) และความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรตาม (Correlation) ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมทางเดียว (One-Way MANCOVA) ดังตาราง 23

ตาราง 23 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ในกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. โดยใช้ความแปรปรวนพหุคูณร่วมทางเดียว (One-Way MANCOVA)

ตัวแปร	Λ	df	F	P
ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	.51	6	3.67*	.00

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 23 พบว่า ค่าความน่าจะเป็น P = .00 หมายความว่า หลังจากควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน 1 ตัวแล้ว ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อผลจากการวิเคราะห์ด้วย One-Way MANCOVA พบว่า นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ส่วนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว (One-Way

ANCOVA) และผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ รายคู่ภายหลัง (Post Hoc) ปรากฏผลดังตาราง 24–28

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม (One–Way ANOVA) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ระหว่างกลุ่ม	33.38	2	16.69	1.69	.20
	ภายในกลุ่ม	330.25	33	10.00		
	รวม	363.63	35			

จากตาราง 24 พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันของกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. หลังเรียน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของตัวแปรตาม (One–Way ANOVA) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ระหว่างกลุ่ม	24.38	2	12.19	3.63	.03
	ภายในกลุ่ม	110.58	33	3.35		
	รวม	134.97	35			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 25 พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันของกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.หลังเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยต้องการทราบว่า จิตวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ในคู่ใดบ้าง ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบภายหลัง (Post Hoc) โดยการวิเคราะห์แบบเทียบรายคู่ ด้วนสถิติ Scheffe/ ปรากฏผลดังตาราง 26

ตาราง 26 ผลการการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเป็นรายคู่ เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน			
	$\bar{X}$	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
		22.17	23.67	21.75
สูง	22.17	–	–	–
ปานกลาง	23.67	–	–	1.91*
ต่ำ	21.75	–	–	–

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 26 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามระดับของจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 1 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียวของตัวแปรตาม (One-Way ANCOVA) การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จิตวิทยาศาสตร์	92.88	2	46.44	6.09*	.00

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 27 ตัวแปรตามด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ P = .00 หมายความว่า หลังจากควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. หลังเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยต้องการทราบว่า หลังจากควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนเรียน นักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน จะมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนแตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ในคู่ใดบ้าง ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยสถิติ Bonferroni ปรากฏผลดังตาราง 28

ตาราง 28 ผลการการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกันเป็นรายคู่ หลังจากได้ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนเรียนของการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของสสวท.

ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน			
	$\bar{X}$	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
		34.66	37.41	33.66
สูง	34.66	–	–	–
ปานกลาง	37.41	–	–	3.75*
ต่ำ	33.66	–	–	–

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 28 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำแนกตามระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน จะมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 1 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลางจะมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

7. วิเคราะห์ผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรวิธีการสอนและตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงมาตรฐาน (S.D.) คะแนนหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. (กลุ่มปกติ) จำแนกตามระดับจิตวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังตาราง 29

ตาราง 29 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่จำแนกตามตัวแปรอิสระ ด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวแปรอิสระด้านวิธีการจัดการเรียนรู้

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง				กลุ่มปกติ			
	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	รวม	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	รวม
	$\overline{X}$	$\overline{X}$	$\overline{X}$	$\overline{X}$	$\overline{X}$	$\overline{X}$	$\overline{X}$	$\overline{X}$
	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
	N	N	N	N	N	N	N	N
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	32.00	30.08	27.00	29.69	26.92	24.83	26.83	26.19
	2.629	2.353	3.464	3.471	4.379	1.946	2.657	3.223
	12	12	12	36	12	12	12	36
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	39.08	37.75	38.83	38.56	34.67	37.42	33.67	35.25
	3.118	2.832	2.980	2.951	2.309	2.746	3.367	3.193
	12	12	12	36	12	12	12	36
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	27.08	25.08	20.00	24.06	22.17	23.67	21.75	22.53
	1.379	1.676	2.296	3.505	1.749	1.435	2.221	1.964
	12	12	12	36	12	12	12	36

ตาราง 29 พบว่า กลุ่มทดลอง ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และกลุ่มปกติ ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. มีค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 29.69 และ 26.19 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยรวมของคะแนน การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 38.56 และ 35.25 ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยรวม ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 24.06 และ 22.53 ตามลำดับ

กลุ่มทดลอง ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ ค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 32.00, 30.08 และ 27.00 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยรวมของการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 34.67, 37.75 และ 38.83 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 27.08, 25.08 และ 20.00 ตามลำดับ

กลุ่มปกติ ที่ได้รับการสอนการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ ค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 26.92, 26.92 และ 26.83 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยรวมของการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 39.08, 37.42 และ 33.67 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\overline{X}$) เท่ากับ 22.17, 21.75 และ 22.53 ตามลำดับ

เพื่อศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรวิธีการสอนและตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรแบบสอง ทาง (Two–Way MANOVA) โดยผู้วิจัยได้ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ ได้แก่ ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร (Multivariable Normality Distribution) ข้อมูลมี เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมเท่ากันทุกกลุ่ม (Homogeneity of Covariance Matrix) และ ความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรตาม (Correlation) ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าเป็นไปตาม ข้อตกลงเบื้องต้นทั้ง 3 ข้อ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรแบบสองทาง (Two–Way MANOVA) ได้ผลดังตาราง 30

ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของคะแนนเฉลี่ย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอน 2 วิธี และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ในกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ โดยใช้สถิติทดสอบ Two-Way MANOVA

ตัวแปร	ค่า Hotelling T^2	df	F	P
วิธีการสอน 2 วิธี	1.22	3	26.18*	.00
จิตวิทยาศาสตร์	1.46	1.22	26.18*	.00
ปฏิสัมพันธ์แบบสองทาง วิธีการสอน*จิตวิทยาศาสตร์	1.15	6	12.16*	.00

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 30 ผลการทดสอบ โดยใช้ค่า HotelingT พบว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้ วิธีสอนต่างกัน มีค่า P = .00 แสดงว่า นักเรียนเรียนที่ได้รับการสอนต่างกัน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน มีค่า P = .00 แสดงว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่าง วิธีการสอน 2 วิธี และจิตวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่า P = .00 แสดงว่า มีปฏิสัมพันธ์ร่วม ระหว่างวิธีการสอน 2 วิธี และจิตวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อตัวแปรตามคือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยต้องการทราบว่า มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างวิธีการสอน 2 วิธี และจิตวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อตัวแปรตามชนิดใด จึงทำการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมปฏิสัมพันธ์สองทาง ดังตาราง 31

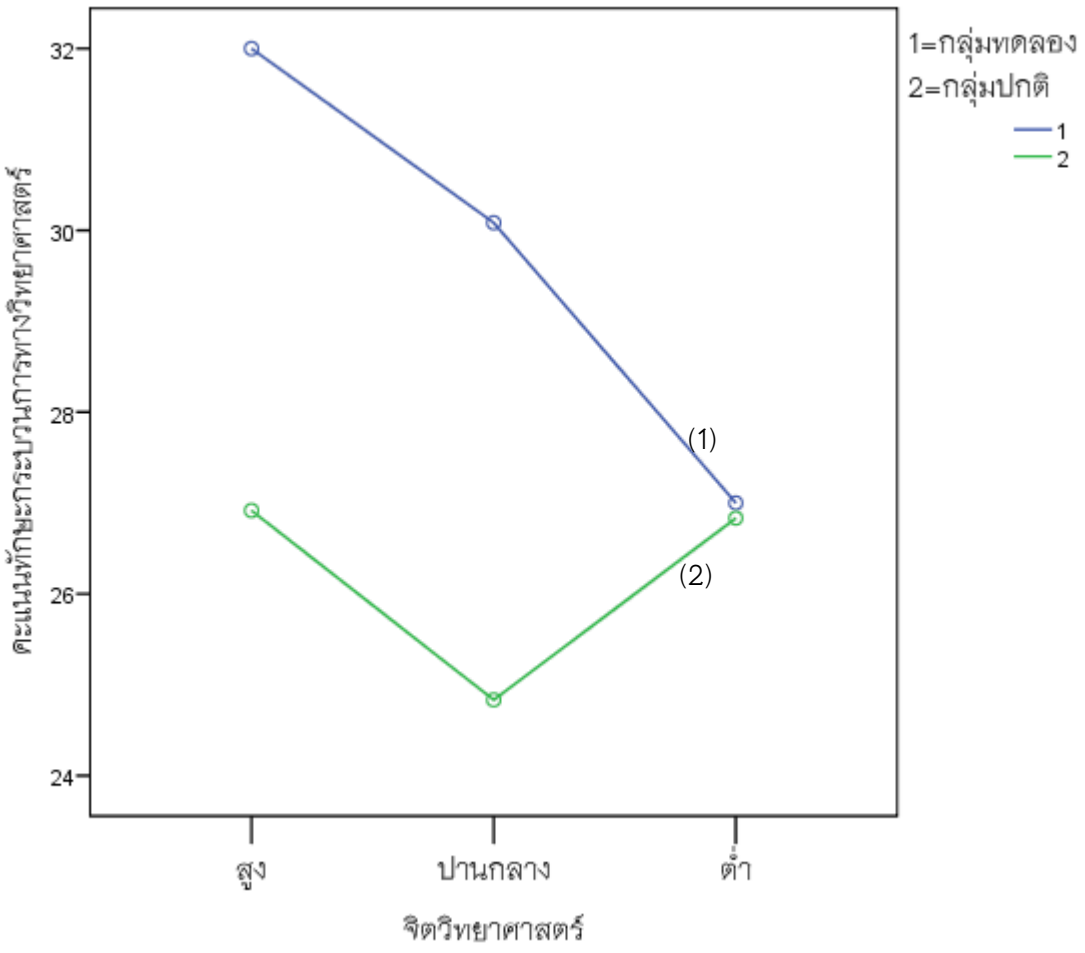
ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรแบบสองทาง (Two-Way MANOVA) ของคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสอนกับจิตวิทยาศาสตร์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
วิธีการสอน 2 วิธี					
– ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	220.50	1	220.50	24.28*	.00
– การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	196.68	1	196.68	23.21*	.00
– ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	42.01	1	42.01	12.58*	.00
จิตวิทยาศาสตร์					
– ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	86.02	2	43.01	4.73*	.01
– การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	21.36	2	10.68	1.26	.29
– ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	211.00	2	105.50	31.59*	.00
ปฏิสัมพันธ์แบบสองทาง					
– ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	100.08	2	50.04	5.51*	.00
– การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	81.19	2	40.59	4.79*	.01
– ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	133.44	2	66.72	19.97*	.00

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

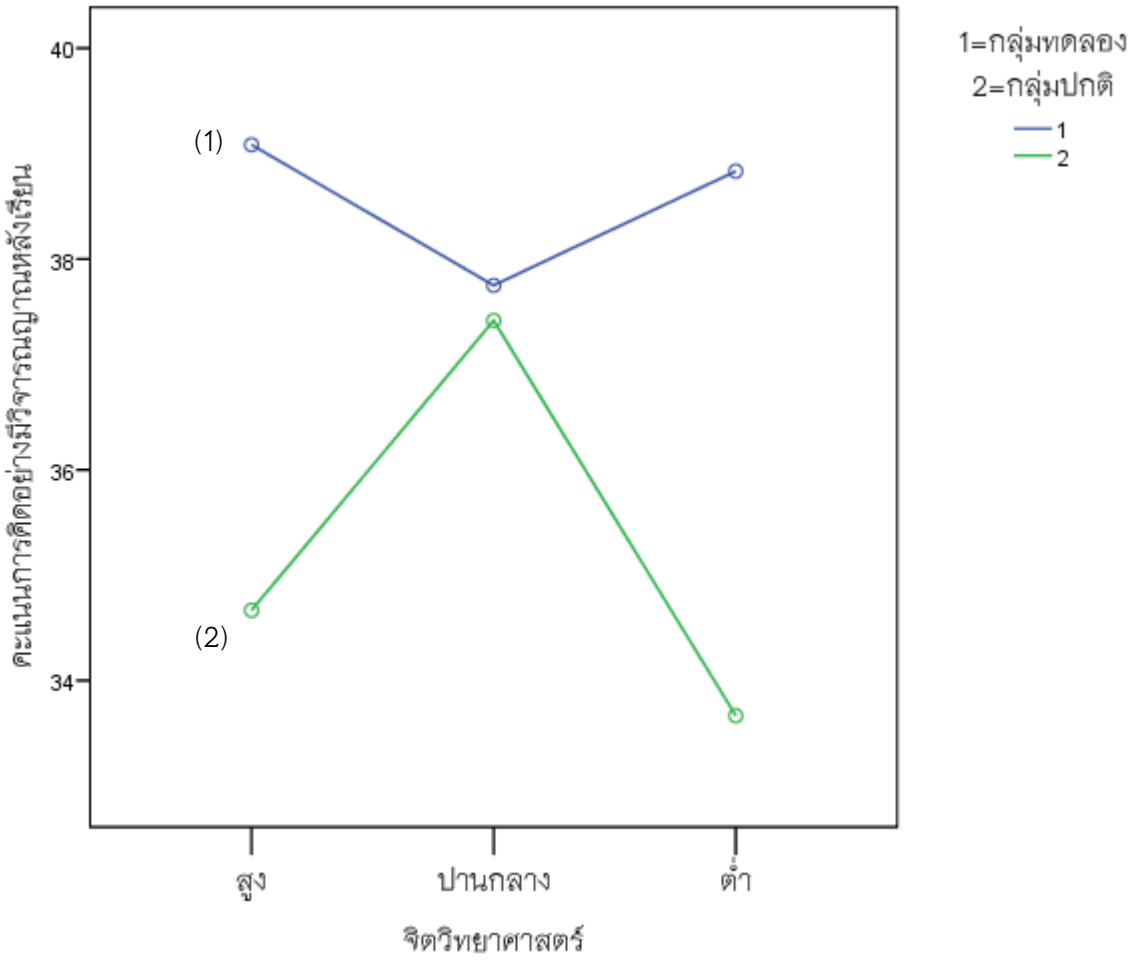
จากตาราง 31 เมื่อพิจารณากลุ่มที่ได้รับการสอนโดยวิธีการสอนต่างกัน พบว่า ค่า P = .00 แสดงว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. คะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจิตวิทยาศาสตร์พบว่า ค่า P=.01, .29 และ .00 แสดงว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน เมื่อเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ไม่ส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แต่ส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรอิสระวิธีการสอน 2 วิธี และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ค่า P= .00, .01 และ .00 ตามลำดับ แสดงว่า นักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนต่างกันและมีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน จะมีคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสามารถอธิบายความแตกต่างกันด้วยกราฟดังภาพประกอบต่อไปนี



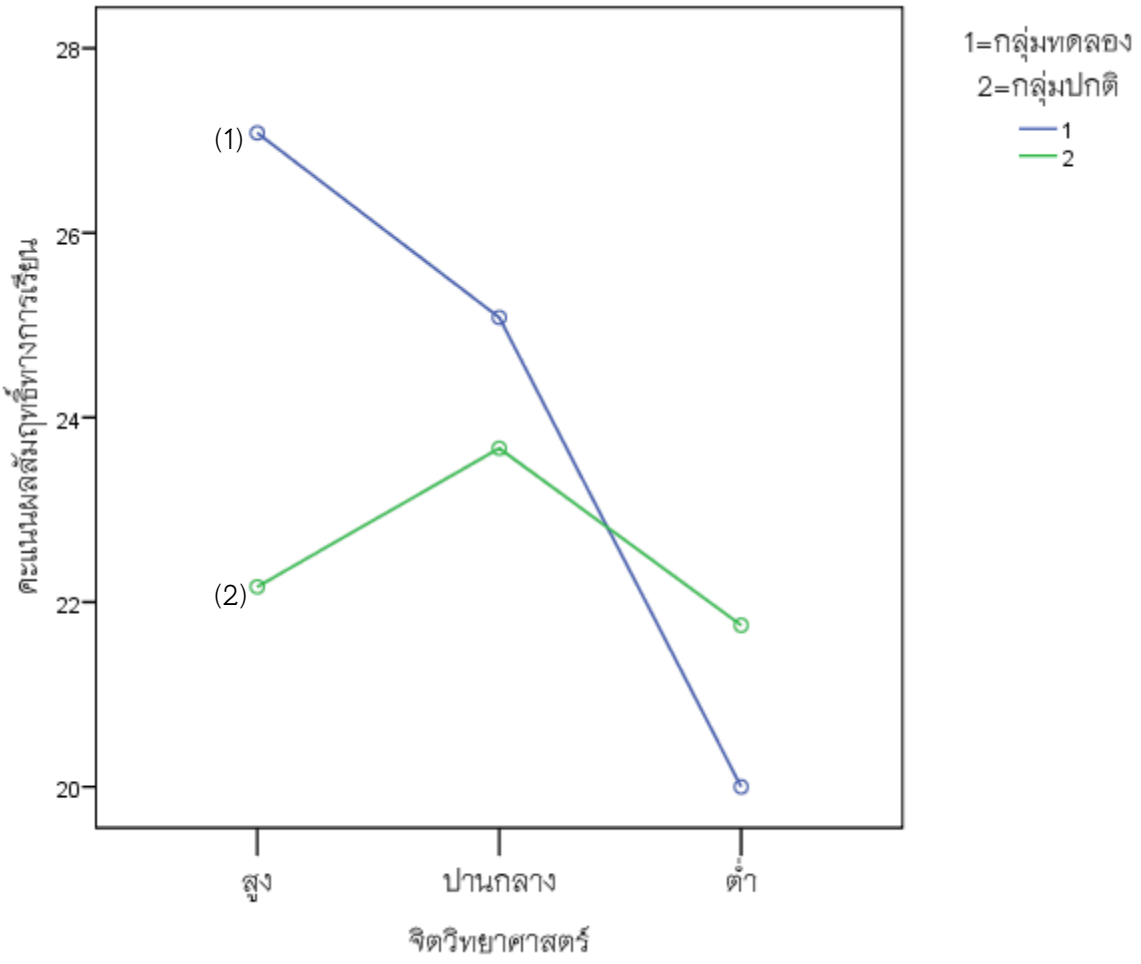
ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวแปรอิสระด้านการสอนที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยวิธีการสอน 2 วิธี คือ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา จะส่งผลดีเมื่อนำไปใช้สอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ส่วนวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. จะส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ต่ำ และปานกลางตามลำดับ



ภาพประกอบ 5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวแปรอิสระด้านการสอนที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จากภาพประกอบ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนด้วยวิธีการสอน 2 วิธี คือ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา จะส่งผลดีเมื่อนำไปใช้สอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ต่ำ และปานกลาง ตามลำดับ ส่วนวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. จะส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง สูง และต่ำ ตามลำดับ



ภาพประกอบ 6 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวแปรอิสระด้านการสอนที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากภาพประกอบ 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยวิธีการสอน 2 วิธี คือ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา จะส่งผลดีเมื่อนำไปใช้สอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ส่วนวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. จะส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง สูง และต่ำ ตามลำดับ

ผู้วิจัยทำต้องการทราบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ ภายหลังได้รับการสอน 2 วิธี มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบว่ามีค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่ตามวิธีของ Schefe/ ผลปรากฏดังตาราง 32

ตาราง 32 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ภายหลังได้รับการสอน 2 วิธี ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีทดสอบของ Scheffe

ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน			
	$\bar{X}$	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
		29.46	27.46	26.92
สูง	29.46	–	–	2.54*
ปานกลาง	27.46	–	–	–
ต่ำ	26.92	–	–	–

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 32 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ภายหลังได้รับการสอน 2 วิธี ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน มีจำนวน 1 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

ตาราง 33 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังได้รับการสอน 2 วิธี ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีทดสอบของ Scheffe

ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน			
	$\bar{X}$	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
		24.06	24.38	20.87
สูง	24.06	–	–	3.75*
ปานกลาง	24.38	–	–	3.50*
ต่ำ	20.87	–	–	–

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 33 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังได้รับการสอน 2 วิธี ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกันมี จำนวน 2 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพนี้ ผู้วิจัยได้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนในบันทึกหลังการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ทั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ในภาพรวมของการเกิดพฤติกรรม นำเสนอข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. บันทึกหลังการสอน โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

1.1 ด้านความรู้

จากการตรวจประเมินนักเรียนทำใบงานกิจกรรม นักเรียนสามารถทำคะแนนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ผลงานนักเรียนมีการทำงานตามลำดับขั้นของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการกำกับของกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นไปอย่างรอบคอบ ผลการทดสอบย่อยแต่ละชุดกิจกรรมคะแนนรายบุคคลผ่านเกณฑ์การประเมินผล

1.2 ด้านทักษะกระบวนการ

1.2.1 การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ (S) จากการสังเกตผู้วิจัยพบว่า นักเรียน แบ่งกลุ่มโดยคละความสามารถ เก่ง ปานกลางและอ่อน ทำให้นักเรียนร่วมวางแผนการทำงาน ร่วมตอบคำถาม ร่วมแสดงความคิดเห็นด้วยการช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม โดยนำความความรู้พื้นฐานเดิมของแต่ละคนมาร่วมกันหาปัญหาจากสถานการณ์นั้นและมีการช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม

1.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (S, T) จากการสังเกตผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนและได้ช่วยกันหาข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการตอบปัญหา นักเรียนมีความพยายามที่จะมีส่วนร่วมในการหาคำตอบมาแก้ปัญหาสถานการณ์

1.2.3 การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา (S, E, M) ขั้นการกำกับ นักเรียนร่วมกันนำข้อมูลที่แบ่งหน้าที่กันหา มาหาวิธีแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ครูกำหนดปัญหามาให้

1.2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (S, M) ขั้นการกำกับ หลังจากนักเรียนพบวิธีการแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนมีการวางแผนเป็นลำดับขั้นตอนและคิดหาวิธีอย่างมีเหตุและผล อย่าละเอียดรอบคอบในการแก้ปัญหา และนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ในการทำงาน

1.2.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (S, M) นักเรียนทุกคนช่วยกันตอบคำถามที่ครูถามเกี่ยวกับผลงานของกลุ่มตัวเองและรับฟังสิ่งที่ครูแนะนำให้ไปปรับปรุงแก้ไขในการณ์แก้สถานการณ์ปัญหา รวมถึงนักเรียนมีความซื่อสัตย์ ตั้งใจ มุ่งมั่นในการทำแบบทดสอบหลังแก้ปัญหาเสร็จ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีเป้าหมายร่วมกันคือ นำคะแนนของตนเองมาร่วมเป็นคะแนนของกลุ่มเพื่อให้กลุ่มได้รับคะแนนสูงสุด ผู้เรียนมีความตื่นเต้น ตื่นตัว สนุกสนานกับการเรียน

1.2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม (S, T, E, M) ขั้นประเมิน จากสังเกตผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีการช่วยเหลือ

ร่วมมือกันระหว่างผู้เรียนที่เก่งช่วยอธิบายให้เพื่อนในกลุ่มฟัง ทำให้ผู้เรียนคนอื่นเข้าใจในผลงานของกลุ่มมากขึ้นและเวลาออกไปนำเสนอผลงานหรือวิธีการแก้ปัญหาของแต่ละสถานการณ์ ทุกคนในกลุ่มก็จะช่วยกันอธิบายเมื่อเพื่อพูดติดขัด ผู้เรียนแสดงออกถึงทักษะการคิดอย่างไตร่ตรองและรอบคอบตามขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ได้แก่ การวางแผน การกำกับ การประเมิน มาใช้ในการนำเสนองานด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม ทำให้ดูสนุกสนานกับการเรียน และผลการเรียนก็มีทิศทางที่ดีขึ้น

1.3 ด้านจิตวิทยาศาสตร์

จากการสังเกตผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความตั้งใจมุ่งมั่นในการเรียนเห็นได้จากการเข้าเรียนตรงเวลา สนใจในการร่วมกิจกรรม การตอบคำถาม มีความรับผิดชอบทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด ส่งงานที่มอบหมายทุกครั้ง ผลงานมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย เมื่อมีการให้ร่วมแสดงความคิดเห็นจะอธิบายโดยใช้เหตุผลประกอบอย่างมีเหตุผลและยอมรับฟังข้อโต้แย้ง เมื่อเพื่อนในชั้นเรียนมีความคิดเห็นต่างหรือมีคำตอบที่แตกต่าง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผล ของชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ก่อนและหลังเรียน และระหว่างกลุ่ม รวมถึงการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์แตกต่างกันที่เรียนโดยใช้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท.

สมมติฐานของการวิจัยการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ส่งผลต่อ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของดัชนีประสิทธิผล ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม หลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน และ

มีความแตกต่างกัน นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนปกติตามคู่มือครู สสวท. แตกต่างกัน และมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรวิธีการเรียนซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ วิธีเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการเรียนปกติตามคู่มือครู สสวท. และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ จิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มี จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา คู่มือครูเคมีเล่ม 5 สสวท. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารญาณ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ในโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 144 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 และ 6/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร เขต 23 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 72 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม โดยจับสลากจำนวน 2 ห้องจาก 4 ห้องเรียน และสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Samping) โดยการจับสลากอีกครั้ง เพื่อแยกเป็นกลุ่มทดลอง คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 จำนวน 36 คน ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และกลุ่มปกติ คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 จำนวน 36 คน ได้รับวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยการวัดจิตวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) สถิติทดสอบค่าที (t–test for

Dependent Samples, t–test for Independent Samples) การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (MANCOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) และ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว (ANCOVA)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัย สามารถสรุปผล ได้ดังนี้

1. ค่าดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.65, 0.72 และ 0.73 ตามลำดับ และค่าดัชนีประสิทธิผลของวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.54, 0.55 และ 0.63 ตามลำดับซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยค่าดัชนีประสิทธิผลเฉลี่ยของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีค่าเท่ากับ 0.70 สูงกว่าค่าดัชนีประสิทธิผลเฉลี่ยของวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.57

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. ตัวแปรวิธีการสอนซึ่งมี่อยู่ 2 วิธีคือ วิธีการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ จิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีปฏิสัมพันธ์กันที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยสามารถนำสรุปผลการวิจัยมาอภิปรายผลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนี้

ตอนที่ 1 การอภิปรายผลตามลำดับสมมติฐาน ดังนี้

1. ประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.65 ,0.72 และ 0.73 ตามลำดับ โดยรวมมีค่าเท่ากับ 0.70 และค่าดัชนีประสิทธิผลของวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท.ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.54, 0.55 และ 0.63 ตามลำดับ โดยรวมมีค่าเท่ากับ 0.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ .50 ขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องและเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลที่ปรากฏนี้ย่อมเกิดจากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการตรวจสอบประเมินและปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เท่ากับ 4.7 และเทียบกับเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ทั้งนี้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยใช้รูปแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับการเรียนที่ต้องแก้ปัญหาสถานการณ์ไม่ว่าจะแก้ปัญหาคนเดียวหรือเป็นกลุ่ม เนื่องจากมีกิจกรรมให้นักเรียนเลือกแก้ปัญหาที่เหมาะสมและความถนัดของนักเรียน (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2551, อ้างถึงใน ศักดา พิมพ์แก้ว, 2552, หน้า 10–11) ทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ดีมีความหมายต่อผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี ส่งเสริมให้เกิดการคิดอย่างอิสระมากขึ้น สร้างแรงจูงใจภายในให้แก่ผู้เรียนด้วยการทดสอบก่อนเรียน และตรวจประเมินใบงานทันที ดังงานวิจัยที่ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรม ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีค่าดัชนีประสิทธิผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (กนกวลี แสงวิจิตรประชา, 2550, หน้า 91–92) เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีประสิทธิผลของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา จะมีค่าดัชนีประสิทธิผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท.

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องและเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยคะแนนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียน

กับคะแนนหลังเรียนที่วัดด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.83 และ 26.69 ตามลำดับ คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.33 และ 38.56 ตามลำดับ และด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.86 และ 24.06 ตามลำดับ แสดงว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีขั้นตอนและมีการจัดการเรียนรู้ที่กระชับ เข้าใจง่าย และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนรู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลาย เพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เป็นการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎี และสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35–36) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบ STEM Education ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบ STEM Education ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (นัสรินทร์ บือซา, 2558, หน้า 59; วรรณธนะ ปัดชา, 2559, หน้า 830; บุญลอย มูลน้อย, 2559, หน้า 287; ภัสสร ติดมา, 2558, บทคัดย่อ) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการเชิงอภิปัญญา ซึ่งเป็นการเรียนการสอนฝึกคิดแก้ปัญหา เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกควบคุมความคิดให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงตามแนวทางโดยมีขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงบรรยายคือ ขั้นวางแผน (planning) โดยนักเรียนดำเนินการวิเคราะห์โจทย์ระบบสิ่งที่โจทย์กำหนดให้บอกข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ ปัญหาหรืออุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ขั้นการกำกับ (Monitoring) โดยนักเรียนดำเนินการเขียนวิธีดำเนินการให้เป็นไปตามขั้นตอน ขั้นประเมิน (Assessing) โดยนักเรียนดำเนินการตรวจสอบคำตอบ และตรวจสอบขั้นตอนในการปฏิบัติพร้อมบอกปัญหาอุปสรรคที่พบขณะแก้ปัญหา ทำให้การแก้ปัญหามีความสอดคล้องและเหมาะสมและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปในทางที่ดีขึ้น (Beyer, 1987, pp. 192–196) ดังที่อังคาร์ เทพรัตนนันท์ (2557) ได้ทำการวิจัยศึกษาการพัฒนา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดอภิปัญญา ในรายวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดย เสริมการคิดอภิปัญญาในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสวนศรีวิทยา จังหวัดชุมพร ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยเสริมการคิดอภิปัญญามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่เรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือตามปกติอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยเสริมการคิดอภิปัญญามีความสามารถในการคิดอภิปัญญาสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ยังมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาดังที่ ศรีสุมา ทัศมี (2552, หน้า 97–98) ได้ทำการวิจัยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดย Metacodnition สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลการทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 80.95 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จากเหตุดังกล่าวจึงสนับสนุนว่า การเรียนรู้แบบ STEM Education และกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ล้วนส่งผลให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มปกติ เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนกับคะแนนหลังเรียนที่วัดด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 10.06 และ 26.19 ตามลำดับ คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เท่ากับ 19.39 และ 35.25 ตามลำดับ และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 9.72 และ 22.53 ตามลำดับ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าคู่มือครู สสวท. สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื่องจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดำเนินการสร้างคู่มือครูรายวิชาเคมีเพิ่มเติมเล่ม 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการวางแผนจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหาและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2554) จึงสนับสนุนว่าคู่มือครู สสวท. ส่งผลให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยคู่มือครู สสวท. หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากข้อมูลอภิปรายผลข้อ 2 และ ข้อ 3 ข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนโดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และนักเรียนที่เรียนตามคู่มือครู สสวท. ได้พัฒนาด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยยังมีความต้องการทราบว่า การเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แตกต่างกันกับการเรียนด้วยคู่มือครู สสวท. หรือไม่ ซึ่งจะกล่าวในสมมติฐานข้อที่ 4 ต่อไป

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. โดยมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน แต่การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนไม่แตกต่างกัน แต่มีคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มปกติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มปกติ ผู้วิจัยอภิปรายผลแยกตามตัวแปรตาม ดังนี้

4.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู สสวท. (กลุ่มปกติ) ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t-test for Independent Samples) เท่ากับ 1.39 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ มีค่าเท่ากับ 10.83 และ 10.06 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t-test for Independent Samples) เท่ากับ 4.43 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ มีค่าเท่ากับ 29.69 และ 26.19 ตามลำดับ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ซึ่งการวิเคราะห์กลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ ค่าเฉลี่ยก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน แสดงว่าความรู้พื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน เมื่อเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาและเรียนตามคู่มือครู สสวท. ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แสดงว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ STEM Education โดยมนตรี จุฬาวัฒนทล (2556, หน้า 16) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษาไปจนถึงอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียน รู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา และสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบอภิปัญญา โดย Flavell (1979, pp. 103-110, อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 77) กล่าวถึง ด้านประสบการณ์ในทางอภิปัญญาเต็มประสบการณ์คิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้และประสบการณ์นี้มีความสำคัญต่อการกำกับตนเองในกิจกรรมการคิด ตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิดจนกระทั่งสามารถ

บรรลุเป้าหมายหรือเลิกการกระทำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อยซึ่งเป็นกิจกรรมทางการคิดคือ การวางแผน (planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไรตั้งแต่เริ่มกำหนดเป้าหมายจนกระทั่งปฏิบัติงานได้บรรลุเป้าหมาย การกำกับ (monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเข้าใจสิ่งที่เรียนมากน้อยเพียงใด สิ่งใดเคยเรียนรู้มาแล้ว ตนเองมีความรู้เพียงพอที่จะเข้าใจบทเรียนนั้นหรือไม่ และการประเมิน (evaluation) เป็นการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นว่าผลการเรียนรู้เป็นอย่างไรมีสิ่งใดแก้ไขปรับปรุง และวิธีการสอนตามคูมือครู สสวท. มีคุณภาพในการพัฒนานักเรียนใกล้เคียงกัน

4.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู สสวท. (กลุ่มปกติ) ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน กลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t–test for Independent Samples) เท่ากับ 14.27 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ มีค่าเท่ากับ 14.33 และ 19.39 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติพบว่า ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t–test for Independent Samples) เท่ากับ 4.56 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ มีค่าเท่ากับ 38.56 และ 35.25 ตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ ก่อนเรียนจะเห็นได้ว่ากลุ่มปกติจะมีคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนมีพื้นฐานการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่แตกต่างกัน เมื่อเรียนชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และเรียนตามคู่มือครู สสวท. ทำให้คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการแสดงออกทางด้านการคิด โดยศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง, (2546, หน้า 59–61) ได้กล่าวถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ว่าเป็นกระบวนการคิดที่ผู้คิดต้องคิดกว้าง คิดลึก คิดถูกทาง คิดชัดเจน คิดถูกต้อง อย่างมีเหตุผล การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์กับการคิดแก้ปัญหา โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็น

ทักษะสำคัญของการแก้ปัญหา และการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นการคิดอย่างมีเหตุผล ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับการเรียนที่ต้องแก้ปัญหาสถานการณ์ ไม่ว่าจะแก้ปัญหาคนเดียวหรือเป็นกลุ่ม เนื่องจากมีกิจกรรมให้นักเรียนเลือกแก้ปัญหาที่เหมาะสมและความถนัดของนักเรียน (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2551, อ้างถึงใน ศักดา พิมพ์แก้ว, 2552, หน้า 10–11) ทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ดี มีความหมายต่อผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี ส่งเสริมให้เกิดการคิดอย่างอิสระมากขึ้น สร้างแรงจูงใจภายในให้แก่ผู้เรียนด้วยการทดสอบก่อนเรียน และตรวจประเมินใบงานทันที นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารญาณที่ดีต่อการเรียนวิชาเคมี ล้วนส่งผลให้ความคิดอย่างมีวิจารญาณหลังเรียนสูงขึ้น เมื่อใช้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นและตามคู่มือครู สสวท. ที่ได้รับการพัฒนาตามหลักสูตรแกนกลาง ดังนั้นการคิดอย่างมีวิจารญาณหลังเรียนจึงไม่แตกต่างกัน

4.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา (กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู สสวท. (กลุ่มปกติ) ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน กลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t–test for Independent Samples) เท่ากับ 4.09 โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ มีค่าเท่ากับ 7.86 และ 9.72 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ พบว่า แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบที (t–test for Independent Samples) เท่ากับ 2.28 ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มปกติ มีค่าเท่ากับ 24.06 และ 22.53 ตามลำดับ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ ก่อนเรียนไม่แตกต่างกันแต่หลังเรียนจะเห็นได้ว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการวิเคราะห์กลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน แสดงว่า ความรู้พื้นฐานของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มนี้ไม่แตกต่างกัน

แต่เมื่อเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาและเรียนตามคู่มือครู สสวท. ทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์แตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามคู่มือครู สสวท. ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากรูปแบบการสอน STEM Education ร่วมกับอภิปัญญา ซึ่งจะมีขั้นตอนและมีการจัดการเรียนรู้ที่กระชับเข้าใจง่าย และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนรู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกรที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลาย เพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเป็นการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎี และสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35–36) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้กระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาเข้ามาเสริมให้ฝึกคิดแก้ปัญหา เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกควบคุมความคิดให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงตามแนวทางโดยมีขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงบรรยายคือ ขั้นวางแผน (planning) โดยนักเรียนดำเนินการวิเคราะห์โจทย์ระบบสิ่งที่โจทย์กำหนดให้บอกข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ ปัญหาหรืออุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ขั้นการกำกับ (Monitoring) โดยนักเรียนดำเนินการเขียนวิธีดำเนินการให้เป็นไปตามขั้นตอน ขั้นประเมิน (Assessing) โดยนักเรียนดำเนินการตรวจสอบคำตอบ และตรวจสอบขั้นตอนในการปฏิบัติพร้อมบอกปัญหาอุปสรรคที่พบขณะแก้ปัญหา ทำให้การแก้ปัญหามีความสอดคล้องและเหมาะสมและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปในทางที่ดีขึ้น (Beyer, 1987, pp. 192–196) ดังผลวิจัยพบว่า นักเรียนที่ ทได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก (นัสรินทร์ บือซา, 2558, บทคัดย่อ)

5. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา โดยมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่การคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลแยกตามตัวแปรดังนี้

5.1 นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างกัน นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ จะมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 32.00 30.08 และ 27.00 ตามลำดับ โดยความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำแนกตามระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงจะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ ข้อมูลสนับสนุนสมมติฐานของการวิจัย ข้อที่ 5 ในกรณีกลุ่มทดลองนั้น พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญนั้น จะส่งผลดีมากที่สุด เมื่อนำไปสอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์จิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง จะสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, อ้างถึงใน ธวัลรัตน์ สีหานาจ, 2557, หน้า 20–21) สำนักงานวิชาการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2551, หน้า 106) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ (Scientifc Mind) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถปรากฏเป็นพฤติกรรมที่สำคัญคือ ความสนใจใฝ่รู้ ความอดทน ความมุ่งมั่น ความรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟัง

ความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ ดังนั้นชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา จึงส่งผลให้นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงจะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

5.2 นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกัน แสดงว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้สามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนทั้งกลุ่มสูง ปานกลาง และกลุ่มต่ำตามลำดับ เป็นวิธีสอนที่ดี เหมาะสมสำหรับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน เพราะผลที่ได้มีการพัฒนาตัวแปรเท่ากัน ทั้งนี้เพราะในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้นำกระบวนการอภิปัญญาเข้ามาช่วยในเรื่อง การคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเองซึ่งรวมถึงการตระหนักรู้อย่างสมเหตุสมผลว่าตนเองเป็นนักแก้ปัญหา สามารถกำกับและควบคุมกระบวนการทางสติปัญญาหรือการคิดของตนเอง รับรู้ว่าการจดจำข้อเท็จจริงและสื่อต่าง ๆ อย่างง่าย ๆ จะไม่ช่วยให้สามารถเข้าใจและนำข้อสนเทศดังกล่าวไปใช้ได้ และรู้ว่าความรู้และความเข้าใจไม่ได้รับการถ่ายทอดมาจากครูโดยตรง แต่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างขึ้นมาด้วยตนเอง (McGuire, 2003, unpaged อ้างถึงใน ศิริกัญญา ดรครชุม, 2550, หน้า 42) ซึ่งส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ดีกับนักเรียนทุกกลุ่ม

5.3 นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ จะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 27.08 25.08 และ 20.00 ตามลำดับ โดยความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำแนกตามระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 3 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลางและต่ำ และนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ ข้อมูลสนับสนุน

สมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 5 ในกรณีกลุ่มทดลองนั้น พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญนั้น จะส่งผลดีมากที่สุด เมื่อนำไปสอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์จิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนกลุ่มที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงและปานกลาง มีความพร้อมในการช่วยกันแก้ปัญหาและมีคุณสมบัติของนักวิทยาศาสตร์ของแต่ลุ่มที่แตกต่างกัน เมื่อร่วมกันแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบ STEM เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ Engineering Design Process (EIE) เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่กระชับ เข้าใจง่าย และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา เข้าใจถึง กระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเป็นการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีและสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35–36) และผู้วิจัยได้เสริมกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อให้นักเรียนได้กำกับตนเองในกิจกรรมการคิด ตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกการกระทำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อยซึ่งเป็นกิจกรรมทางการคิดคือ การวางแผน (planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไรตั้งแต่เริ่มกำหนดเป้าหมายจนกระทั่งปฏิบัติงานได้บรรลุเป้าหมาย การกำกับ (monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเข้าใจสิ่งที่เรียนมากน้อยเพียงใด สิ่งใดเคยเรียนรู้มาแล้ว ตนเองมีความรู้เพียงพอที่จะเข้าใจบทเรียนนั้นหรือไม่ การประเมิน (evaluation) เป็นการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นว่าผลการเรียนรู้เป็นอย่างไรมีสิ่งใดแก้ไขปรับปรุง (Flavell, 1979, pp. 103–110, อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 77) จึงส่งผลให้กลุ่มนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น ดังผลวิจัย กัลยาณี หนูดำ (2556, บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก จากวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าถ้านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นเช่นกัน จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงและปานกลางมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยคู่มือครูของ สสวท. มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลแยกตามตัวแปรตาม ดังนี้

6.1 นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยคู่มือครูของ สสวท. มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มปกติที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมือนกัน แสดงว่าคู่มือครูของ สสวท. นี้สามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนทั้งกลุ่มสูง ปานกลาง และกลุ่มต่ำ ตามลำดับ เป็นวิธีสอนที่ดี เหมาะสมสำหรับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน เพราะผลที่ได้มีการพัฒนาตัวแปรเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดำเนินการสร้างคู่มือครูรายวิชาเคมีเพิ่มเติมเล่ม 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการวางแผนจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหาและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2554) จึงสนับสนุนว่าคู่มือครู สสวท. ส่งผลให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะได้ดีกับนักเรียนทุกกลุ่ม

6.2 นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยคู่มือครูของ สสวท. มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มปกติที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ จะมีคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เท่ากับ

34.66 37.41 และ 33.66 ตามลำดับ โดยความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำแนกตามระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน จะมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 1 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง จะมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ ข้อมูลสนับสนุนสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 6 ในกรณีกลุ่มปกตินั้น พบว่า คู่มือครูของ สสวท. ที่ทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น จะส่งผลดีมากที่สุด เมื่อนำไปสอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์จิตวิทยาศาสตร์ ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ เนื่องจากนักเรียนกลุ่มที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง จะสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2546, อ้างถึงใน ธวัลรัตน์ สีหานาจ, 2557, หน้า 20–21) สำนักงานวิชาการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2551, หน้า 106) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ (Scientifc Mind) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถปรากฏเป็นพฤติกรรมที่สำคัญคือ ความสนใจใฝ่รู้ ความอดทน ความมุ่งมั่น ความรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ ดังนั้นคู่มือครูของ สสวท. จึงส่งผลให้นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลางมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ

6.3 นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อได้รับการสอนด้วยคู่มือครูของ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มปกติที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ จะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 22.17 23.67 และ 21.75 ตามลำดับ โดยความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำแนกตามระดับจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีระดับจิตวิทยาศาสตร์ต่างกัน จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 1 คู่ ได้แก่ นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดำเนินการสร้างคู่มือครู รายวิชาเคมีเพิ่มเติมเล่ม 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการวางแผนจัดการเรียนรู้ การวัดและ

ประเมินผล ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหาและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2554) จึงสนับสนุนว่าคู่มือครู สสวท. ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นกับนักเรียนกลุ่มปานกลางที่สูงกว่ากลุ่มต่ำ

7. ตัวแปรวิธีการสอนซึ่งมี่อยู่ 2 วิธีคือ วิธีการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ จิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีปฏิสัมพันธ์กันที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาผลการใช้สถิติทดสอบ Two–Way MANOVA พบว่าปฏิสัมพันธ์แบบสองทาง ระหว่างวิธีสอนและจิตวิทยาศาสตร์ มีค่า P = .00 แสดงว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอนและจิตวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อย่างน้อยหนึ่งตัวแปร (ตาราง 29, หน้า 217) ผู้วิจัยจึงพิจารณาอิทธิพลหลักปฏิสัมพันธ์สองทางโดยพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัว แปรอิสระวิธีการสอน 2 วิธี และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อคะแนนเฉลี่ยด้าน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าค่า P = .00, .01 และ .00 ตามลำดับ สรุปได้ว่า มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างตัวแปรอิสระวิธีการสอน 2 วิธีและจิตวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระวิธีการสอน 2 วิธี และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครู สสวท. เมื่อพิจารณากราฟแสดงผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ จึงอภิปรายผลดังนี้

กรณีที่ผลการวิจัยที่พบว่า ตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายหลังเรียนจากการสอน 2 วิธี มีอิทธิพลร่วมกับทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นอธิบายได้ว่า ตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายหลังเรียนจากการสอน 2 วิธี มีอิทธิพลร่วมกับทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในกรณีกลุ่มทดลอง นั้นพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นเมื่อนำไปใช้สอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ และในกรณีกลุ่มปกติ คือ กลุ่มที่เรียนตามคู่มือครู สสวท. พบว่า จะส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ สูง ต่ำ และปานกลางตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า นักเรียนกลุ่มที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงของทั้งสองกลุ่มจะสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 อ้างถึงใน ธวัลรัตน์ สีหานาจ, 2557, หน้า 20–21) สำนักงานวิชาการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2551, หน้า 106) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ (Scientifc Mind) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถปรากฏเป็นพฤติกรรมที่สำคัญ คือ ความสนใจใฝ่รู้ ความอดทน ความมุ่งมั่น ความรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยภาพประกอบ 4 (หน้า 221) การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ทำให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอนโดยใช้คู่มือครู สสวท. เนื่องจากรูปแบบรูปแบบ STEM เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ Engineering Design Process (EIE) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่กระชับเข้าใจง่าย และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึง กระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเป็นการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีและสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35–36) และผู้วิจัยได้เสริม

กระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อให้นักเรียนได้กำกับตนเองในกิจกรรมการคิด ตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกการกระทำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อยซึ่งเป็นกิจกรรมทางการคิดคือ การวางแผน (planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไรตั้งแต่เริ่มกำหนดเป้าหมายจนกระทั่งปฏิบัติงานได้บรรลุเป้าหมาย การกำกับ (monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเข้าใจสิ่งที่เรียนมากน้อยเพียงใด สิ่งใดเคยเรียนรู้มาแล้ว ตนเองมีความรู้เพียงพอที่จะเข้าใจบทเรียนนั้นหรือไม่ การประเมิน (evaluation) เป็นการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นว่าผลการเรียนรู้เป็นอย่างไรมีสิ่งใดแก้ไขปรับปรุง (Flavell, 1979, pp. 103–110 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 77)

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยภาพประกอบ 4 (หน้า 221) พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง เมื่อใช้วิธีการสอนทั้ง 2 แบบ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงตามปกติ แสดงว่าวิธีการสอนทั้ง 2 แบบ สามารถนำไปสอนนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ แต่ถ้านำไปใช้สอนนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลางและต่ำ พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ส่งผลให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลางและต่ำแตกต่างจากการสอนด้วยคู่มือครู สสวท. ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้รูปแบบ STEM Education ส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง และต่ำ เนื่องจาก STEM Education ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ผู้เรียนต้องทำงานร่วมกันเป็นทีม ต้องแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นกันในกลุ่ม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เรียนรู้ปัญหา ฝึกคิด ฝึกแก้ปัญหา การวางแผน การศึกษาข้อมูล การออกแบบ การคำนวณ ในระหว่างทำกิจกรรม การลงมือสืบค้นข้อมูลปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และนำความรู้ที่ได้มาใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหาและวิธีการในการแก้ปัญหาเป็นการฝึกสังเกต ตั้งคำถาม ลงมือทดสอบผลงานที่สร้างเองเพื่อปรับปรุงผลงานให้ดีกว่าเดิม จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาส่งเสริมนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลางและต่ำให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

กรณีที่ผลการวิจัยที่พบว่า ตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายหลังเรียนจากการสอน 2 วิธี มีอิทธิพลร่วมกับทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นอธิบายได้ว่า ตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายหลังเรียนจากการสอน 2 วิธี มีอิทธิพลร่วมกับทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในกรณีกลุ่มทดลอง นั้นพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นเมื่อนำไปใช้สอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ต่ำ และปานกลาง ตามลำดับ และในกรณีกลุ่มปกติ คือ กลุ่มที่เรียนตามคู่มือครู สสวท. พบว่า จะส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ ปานกลาง สูง และต่ำ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า นักเรียนกลุ่มที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงและปานกลางของทั้งสองกลุ่มจะสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, อ้างถึงใน ธวัลรัตน์ สีหานาจ, 2557 หน้า 20–21) สำนักงานวิชาการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2551, หน้า 106) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ (Scientifc Mind) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถปรากฏเป็นพฤติกรรมที่สำคัญ คือ ความสนใจใฝ่รู้ ความอดทน ความมุ่งมั่น ความรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยภาพประกอบ 5 (หน้า 222) การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ทำให้ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สูงกว่าการสอนโดยใช้คู่มือครู สสวท. เนื่องจากรูปแบบรูปแบบ STEM เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ Engineering Design Process (EIE) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่กระชับเข้าใจง่าย และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึง กระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลาย เพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เป็นการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญ

ของการเรียนรู้ทฤษฎี และสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35–36) และผู้วิจัยได้เสริมกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อให้นักเรียนได้กำกับตนเองในกิจกรรมการคิด ตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกการกระทำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อยซึ่งเป็นกิจกรรมทางการคิดคือ การวางแผน (planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไรตั้งแต่เริ่มกำหนดเป้าหมายจนกระทั่งปฏิบัติงานได้บรรลุเป้าหมาย การกำกับ (monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเข้าใจสิ่งที่เรียนมากน้อยเพียงใด สิ่งใดเคยเรียนรู้มาแล้วตนเองมีความรู้เพียงพอที่จะเข้าใจบทเรียนนั้นหรือไม่ การประเมิน (evaluation) เป็นการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นว่าผลการเรียนรู้เป็นอย่างไรมีสิ่งใดแก้ไขปรับปรุง (Flavell, 1979, pp. 103–110 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 77)

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยภาพประกอบ 5 (หน้า 222) พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อใช้วิธีการสอนทั้ง 2 แบบ คะแนน การคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกัน แสดงว่าถ้านำชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ไปใช้สอนนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานสูง ปานกลางและต่ำ พบว่า จะส่งผลให้การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน แตกต่างจากการสอนด้วยคู่มือครู สสวท. ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้รูปแบบ STEM Education ส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ เนื่องจาก STEM Education ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ผู้เรียนต้องทำงานร่วมกันเป็นทีม ต้องแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นกันในกลุ่ม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เรียนรู้ปัญหา ฝึกคิด ฝึกแก้ปัญหา การวางแผนการศึกษาข้อมูล การออกแบบ การคำนวณ ในระหว่างทำกิจกรรม การลงมือสืบค้นข้อมูลปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และนำความรู้ที่ได้มาใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหา และวิธีการในการแก้ปัญหาเป็นการฝึกสังเกต ตั้งคำถาม ลงมือทดสอบผลงานที่สร้างเอง เพื่อปรับปรุงผลงานให้ดีกว่าเดิม จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ส่งเสริมนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลางและต่ำให้มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น

กรณีที่ผลการวิจัยที่พบว่า ตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายหลังเรียนจากการสอน 2 วิธี มีอิทธิพลร่วมกับทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นอธิบายได้ว่า ตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายหลังเรียนจากการสอน 2 วิธี มีอิทธิพลร่วมกับทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในกรณีกลุ่มทดลอง นั้นพบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นเมื่อนำไปใช้สอนกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ และในกรณีกลุ่มปกติ คือ กลุ่มที่เรียนตามคู่มือครู สสวท. พบว่า จะส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ ปานกลาง สูง และต่ำ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า นักเรียนกลุ่มที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงและปานกลางของทั้งสองกลุ่มจะสามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2546 อ้างถึงใน ธวัลรัตน์ สีหานาจ, 2557, หน้า 20–21) สำนักงานวิชาการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2551, หน้า 106) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ (Scientifc Mind) เป็นคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถปรากฏเป็นพฤติกรรมที่สำคัญ คือ ความสนใจใฝ่รู้ ความอดทน ความมุ่งมั่น ความรอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยภาพประกอบ 6 (หน้า 223) การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการสอนโดยใช้คู่มือครู สสวท. เนื่องจากรูปแบบรูปแบบ STEM เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ Engineering Design Process (EIE) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่กระชับ เข้าใจง่าย และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเป็นการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎี

และสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, หน้า 35–36) และผู้วิจัยได้เสริมกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อให้นักเรียนได้กำกับตนเองในกิจกรรมการคิด ตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกการกระทำ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อยซึ่งเป็นกิจกรรมทางการคิด คือ การวางแผน (planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไรตั้งแต่เริ่มกำหนดเป้าหมายจนกระทั่งปฏิบัติงานได้บรรลุเป้าหมาย การกำกับ (monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเข้าใจสิ่งที่เรียนมากน้อยเพียงใด สิ่งใดเคยเรียนรู้มาแล้ว ตนเองมีความรู้เพียงพอที่จะเข้าใจบทเรียนนั้นหรือไม่ การประเมิน (evaluation) เป็นการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นว่าผลการเรียนรู้เป็นอย่างไรมีสิ่งใดแก้ไขปรับปรุง (Flavell, 1979, pp. 103–110 อ้างถึงใน พนัส ทองปาน, 2558, หน้า 77)

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยภาพประกอบ 6 (หน้า 223) พบว่า นักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลาง เมื่อใช้วิธีการสอนทั้ง 2 แบบ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงตามปกติ แสดงว่าวิธีการสอนทั้ง 2 แบบ สามารถนำไปสอนนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ปานกลางให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ แต่ถ้านำไปใช้สอนนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงและต่ำ พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงและต่ำ แตกต่างจากการสอนด้วยคู่มือครู สสวท. ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้รูปแบบ STEM Education ส่งผลดีกับนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูง และต่ำ เนื่องจาก STEM Education ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ผู้เรียนต้องทำงานร่วมกันเป็นทีม ต้องแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นกันในกลุ่ม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เรียนรู้ปัญหา ฝึกคิด ฝึกแก้ปัญหา การวางแผน การศึกษาข้อมูล การออกแบบ การคำนวณ ในระหว่างทำกิจกรรม การลงมือสืบค้นข้อมูล ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และนำความรู้ที่ได้มาใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหา และวิธีการในการแก้ปัญหาเป็นการฝึกสังเกต ตั้งคำถาม ลงมือทดสอบผลงานที่สร้างเอง เพื่อปรับปรุงผลงานให้ดีกว่าเดิม จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ส่งเสริมนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์สูงและต่ำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำเอาผลการวิจัยไปใช้

ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์สามารถนำแนวคิดไปออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการออกแบบและสร้างชุดกิจกรรมบนพื้นฐานของ STEM Education และกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ด้วยตนเองจนทำให้เกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้นั้นอย่างมี ความหมาย สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยครูจะเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวก ในการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเก็บเป็นข้อมูล สามารถนำมาใช้ได้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรนำตัวแปรอิสระชนิดจัดประเภท เช่น แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ตัวแปรพื้นฐานทางครอบครัว ความถนัดทางการเรียน ตัวแปรความวิตกกังวล เป็นต้น มาศึกษาเพื่อให้ได้องค์ความรู้เพิ่มเติม ในการนำไปใช้วางแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กนกวลี แสงวิจิตรประชา. (2550). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง หน่วยของชีวิตและชีวิตพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: คุรุสภา ลาดพร้าว.

_____. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

กัลยาณี หนูดำ. (2556). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นร่วมกับของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์.* บทความวิจัยเสนอในการประชุมหาดใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4 (หน้า 341–346). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

กัมปนาท ศรีเชื้อ. (2550). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒมหาสารคาม.

กุหลาบ สีชาลี. (2557). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบฝึกทักษะ.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรมวิชาการ. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: มปท.

กรองแก้ว วรรณพฤกษ์. (2555). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอสมการ ความคงทนในการเรียนรู้และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยกลุ่มร่วมมือแบบ STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ขนิษฐา บุญภักดี. (2552). *การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. ราชบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เขมวเขมณัฏฐ์ มิ่งศิริธรรม. (2559). *การออกแบบสื่อการศึกษาสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เครือวัลย์ แสงโสดา. (2556). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพในอ่างเก็บน้ำคลองลำกง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์*. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ฆนัท ธาตุทอง. (2554). *สอนคิด : การรู้จักเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เพชรเกษมการพิมพ์.

จิราวรรณ กันติศาฤทธิ์. (2554). *ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนพานทองสภาชนูปถัมภ์ จังหวัดชลบุรี*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

จงรักษ์ ภาโส. (2553). *การสร้างแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ชนิดา ทาระเนตร์. (2560). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องความน่าจะเป็นโดยการจัดการเรียนการสอนเน้นกระบวนการกลุ่ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสา จังหวัดน่าน*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชะลอ เอี่ยมสะอาด. (2550). *แผนพัฒนาศักยภาพศึกษานิเทศ นวัตกรรมการเรียนรู้ สพท. นครปฐม 2*. [ม.ป.ท.].

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *การจัดการเรียนรู้แนวใหม่*. นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

_____. (2553). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2554). *การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง*. กรุงเทพฯ: บริษัทสหมิตรพริ้นติ้งแอนด์ พับลิสชิ่ง.

ชวาล แพรัตกุล. (2552). *เทคนิคการวัดผล*. (พิมพครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ณรงค์ฤทธิ์ ประเสริฐสุข. (2554). *ความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ การพัฒนาเมตาคอกนิชันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). *การสร้างเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐธิดา อุทกัง. (2558). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะกลุ่มการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ดี พงศานนท์. (2557, 18–20 กรกฎาคม). *STEM EDUCATION.* ในการปฐมนิเทศผู้รับทุนโครงการ สควค. ระดับปริญญาโททางการศึกษา (ประเภท Premium) ปีการศึกษา 2557 (หน้า 1–4). โรงแรมเอวัน เดอะรอยัล ครูส พัทยา จังหวัดชลบุรี: สสวท.

ทรายทอง พวกสันเทียะ. (2553). *การพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษา.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน.* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: ด่านสุธาการพิมพ์.

_____. (2553). *ศาสตร์การสอนองคความรูเพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู่ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

ธนภรณ์ ก้องเสียง. (2558). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมทดลองเสริมการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมทวิทยารามอินทรา.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ธวัลรัตน์ สีหานาจ. (2557). *การพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สานักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 จังหวัดกาญจนบุรี.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. กาญจนบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.

ธิภาวดี มูลสุวรรณ. (2555*). การศึกษากระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของครูที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธูปทอง กว้างสวาสดิ์. (2554). *การสอนการคิด.* กรุงเทพฯ: ข้าวฟ่าง.

นะดา แสงวิมาน. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสาร AL-NUR บัณฑิตวิทยาลัย, 12*(22), 93-102.

นภัสสร พฤฒตยาคี. (2552). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นันทวัน พัวพัน, และเอกภูมิ จันทรขันตี. (2557). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามหลักไตรสิกขาต่อการพัฒนาการคิดแบบอภิปัญญา เรื่อง ระบบนิเวศและมนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 . The Effects of Instruction Base on Tri-sik-kha Principles for Development of 10th 'Graders' Metacog. *KKu RESEACH JOURNAL (GRADUATE STUDIES), 14*(1), 55-69.

นัสรินทร์ ปือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิติกาญจน์ ไกรสิทธิพัฒน์. (2553). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* สารนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

นิธิวดี เพียรรักกิจการค้า. (2554). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการเรื่อง โจทย์ ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความฉลาดทาง อารมณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เนตรพิศ คตจำปา. (2557). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปฏิบัติการโดยใช้โครงงานเป็นฐานที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดมโนทัศน์ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

บัญชา แสนทวี และคณะ. (2551). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ม.4–6.* กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

บรรณรักษ์ คุ้มรักษา. (2562). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน เรื่อง สมบัติของดิน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 10*(1), 14–15.

บุญชม ศรีสะอาด และคณะ. (2549). *พื้นฐานการวิจัยการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น.* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น

บุศรา จิตวันนา. (2552). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สร้างสรรค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2557). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21.* มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.

ประภาภรณ์ ไพบูลย์มั่นคง. (2560). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.* วิทยานิพนธ์ วท.ม. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ปัญญฎา อิทวงศ์. (2553). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีพหุปัญญา ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาวามรู้ 5 ขั้นและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ขั้น.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ปราณี หีบแก้ว. (2552). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปราณี โตยะบุตรม. (2557). *การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปี ที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุพรรณบุรีเขต* 1. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กาญจนบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.

ปรณัฐ กิจรุ่งเรือง. (2553). *การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้กรณีศึกษาทางศาสตร์การเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาวิชาชีพครู*. วิทยานิพนธ์ ปร.ด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พนัส ทองปาน. (2558). *การพัฒนาชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 7E ทวนการคิดเชิงอภิปัญญาร่วมกับเทคนิค STAD และชุดกิจกรรมวงจรการเรียนรู้แบบ 5E ที่มีต่อการคิดแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์. ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

พระมหาบุญเชิด สุขแม้น. (2553). *การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาพระพุทธศาสนาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีระดับความฉลาดทางอารมณ์ (EQ) ต่างกันที่ได้รับการจัดการการเรียนรู้แบบกรณีตัวอย่างและแบบธรรมสากัจฉา*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

พฤทธิ มาเนตร. (2553). *การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถทางการคิดเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พัชรินทร์ สิงห์สรศรี. (2560). *อิทธิพลของความรู้พื้นฐานเดิมและบรรยากาศชั้นเรียนที่มีต่อจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2553). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์จำกัด.

พิมพ์ใจ เกตุการณ์, สพลณภัทร์ ศรีแสนยงค์, และสมศิริ สิงห์ลพ. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19*(1), 77–89.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข และราเชน มีศรี (2553). *การสอนคิดด้วยโครงงาน: การสอนแบบบูรณาการ ทักษะในศตวรรษที่ 21.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป.* กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

เพ็ญพิชชา มั่นคง. (2554). *การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลการเรียน เรื่อง พลเมืองดีของสังคมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวโยนิโสมนสิการ.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เพ็นนี บุญอาษา, ประยูร บุญใช้, และภูมิพงศ์ จอมหงษ์พิพัฒน์. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสุขศึกษาตามแนวคิดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานผสมผสานกลวิธีเมตาคอกนิชันสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Joumal of graduate studies Valaya Alongkom Rajabhat University, 11*(2), 115–129.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ.* วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 33*(2), 50–55.

ภัคณัฏฐ์ สมพงษ์ธรรม. (2551). *การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบวัดความสามารถ ในการเผชิญและฟันฝ่าอุปสรรค ตามทฤษฎีของสโตลซ์ระหว่างมาตรประมาณค่ากับแบบวัดชนิดสถานการณ์ : การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุวิภาค.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทรลักษณ์ สังข์วงษ์. (2555). *การพัฒนาความคิดอภิปัญญาโดยการจัดกิจกรรมการเรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาเรื่องวิวัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัสสร ติดมา. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มณี เชื้อวัชรินทร์. (2556). *จิตวิทยาศาสตร์กบธรรมะทางพระพุทธศาสนา. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา, 24*(3), 1–14.

มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. (2559). *การประชุมสัมมนาวิชาการและนาเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3.* 22 กรกฎาคม 2559. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2551). *การพัฒนาหลักสูตรและสื่อการสอนหน่วยที่ 8–15.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

เมริกา ตรรกวาทการ. (2556). *การพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม, *นิตยสาร สสวท., 42*(185), 14–16.

ระพินทร์ โพธิ์ศรี. (2549). *การสร้างและวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย.* คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). *รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง STEM Educatio*n. เข้าถึงได้จาก http://dpstapply.ipst.ac.th/specialproject/images/IPST_Global/document/STEM_Workshop_Report.pdf. 13 สิงหาคม 2561.

รัตนะ บัวสนธ์. (2552). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุ่งอรุณ ถำวาปี. (2556). *การพัฒนาการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ โดยใช้คู่มือการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7E บนพื้นฐานการคิดแบบโยนิโสมนสิการและคู่มือการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้แบบ สสวท. ที่ส่งผลต่อความรับผิดชอบการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

รุจาภา ประถมวงษ์. (2551). *การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E).* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วนิดา ดีแป้น. (2553). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเลยโดยการวิเคราะห์พหุระดับช่วงที่ 3.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. เลย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

วราภรณ์ สีดำนิล. (2550). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วัฒนชัย วินิจจะกูล. (2557). *รวมมิตรคิด เรื่อง การเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: มาตาการพิมพ์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2551). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).

วรรณธนะ ปัดชา. (2559). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ. *วารสารสาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ, 9*(3), 830–839.

วิเชียร ภคพามงคลชัย. (2559). *การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เศรษฐศาสตร์มหภาคด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. (2561). *การวิจัยเทคโนโลยีการศึกษา.* พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศศิธร เยื่อใย. (2562). *การพัฒนาอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศักดา พิมพ์แก้ว. (2552). *การสร้างชุดกิจกรรมกลุ่มสาระสุขศึกษาและพลศึกษา เรื่อง ครอบครัว และเพศศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. อุตรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

ศิริกัญญา ดรครชุม. (2550). *การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู 7 ขั้น โดยใชเทคนิคการรูคิด และการเรียนแบบปัฏจักรการเรียนรู 5 ขั้น ที่มีตอแนวคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติฟสิกสงานพลังงานและโมเมนตัมและเจตคติเชิงวิทยาศาสตรของนักเรียนขั้น มัธยมศึกษาปที่ 4 ที่มีผลการเรียนตางกัน.* วิทยานิพนธ ศษ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศิริชัย กาญจนวาสี และคณะ. (2556). *การพัฒนาระบบบริหารผลงานและสมรรถนะทางการบริหารของผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (ก.พ.).

ศรีสุมา ทัศมี. (2552). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยเมตาคอกนิชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555). กรุงเทพฯ: พิมพ์ลักษณ์.

สนิท ยุจันทร์. (2550). *การพัฒนาเครื่องมือประเมินจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสงขลา*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สัณหวัช สอนท่าโก. (2550). *การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สายไหม โพธิ์ศิริ. (2555). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมการทำงานกลุ่มโดยใช้ชุดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการเรียนแบบร่วมมือ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเทศบาล 3 ประชายินดี. *Veridian E-Journal, SU Vol, 5*(1), 505-522.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา (STEM Education). *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17*(2), 201-207.

สิรัชญา พิมพะลา. (2561). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, 5*(2), 71-82.

สุรยศ ทรัพย์ประกอบม, อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ และพินธุดิฐ กลิ่นขจร. (2556). *การพัฒนาครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ด้าน การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Science, Technology, Engineering and Mathematics, [STEM])*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทธภา บุญแซม. (2553). *การศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (7E).* วิทยานิพนธ์ ค.ม. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2552). *พัฒนาทักษะการคิดพิชิตการสอน.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เลี่ยงเชียง.

_____. (2552). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุคนธ์ สินธพานนท์ วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรรณี สินธพานนท์. (2552). *พัฒนาทักษะการคิด พิชิตการสอน.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เลี่ยงเชียง.

สุคนธ์ สินธพานนท์ และจินตนา วีรเกียรติสุนทร. (2556). *การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่สู่ประชาคมอาเซียน.* กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2550). *19 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ.* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

_____. (2551). *20 วิธีการจัดการเรียนรู้.* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

สุนารี มีใหม่. (2557). *การพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย: การวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวัดระหว่างแผนการเรียน.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุปาณี วังกานนท์. (2558). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการคิดวิเคราะห์ตามหลักการของ Marzano สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยามหาสารคาม.

สุภัสสร สิงหโส. (2559). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร เรื่องเซลลของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรูตามแนวทฤษฎีการเรียนรู เพื่อสรางสรรคดวยปญญา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18*(3), 202–212.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ. *วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 8*(2). 28–38.

สมนึก ภัททิยธนี. (2551). *การวัดผลการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมปรารถนา ทองนาค. (2558). *การพัฒนาชุดกิจกรรมฝึกทักษะพื้นฐานกีฬาแฮนด์บอล โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของเดวีส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมท่าแคลง จังหวัดจันทบุรี*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณ.

สมพร ผาเจริญ. (2551). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านชำซอง อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. อุตรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2551). *ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง*. [ม.ป.ท.].

สำเนียง พุทธา. (2550). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สารเคมีที่เป็นพิษในอาหาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยามหาสารคาม.

อนุวัติ คูณแก้ว. (2558). *การวัดผลและประเมินผลการศึกษาแนวใหม่*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา, *นิตยสาร สสวท.*, *42*(185), 35–37.

อญัชลา โชติวุฒิเดชา. (2553). *ผลการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอคนิชันที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในเมตาคอคนิชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์. (2556). *ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร พลสิทธิ์. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารสารสนเทศ, 15*(1), 102–113.

อังคาร์ เทพรัตนนันท์. (2557). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยเสริมการคิดอภิปัญญาที่มีผลต่อผลสีมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ และความสามารถในการคิดเชิงอภิปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสวนศรีวิทยา จังหวัดชุมพร. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, 7*(2), 31–43.

Adnan, & Bahri, A. (2018). Beyond effective teaching: *Enhancing students' metacognitive skill through inquiry*. Makassar: Indonesia.

Anwari, I., Yamada, S., Unno M., Saito, T., Suwarma, I., Mutakinati, L. and Kumano, Y. (2015*).* Implementation of Authentic Learning and Assessment through STEM Education Approach to Improve Students Metacognitive Skills.*K–12 STEM Education, 1*(3), 123–136.

Bassham, Gregory, Irwin William, Nardone Henry, Wallace M. James. (2011). *Critical Thinking: A Student's Introduction.* (4th ed.). New York: McGraw–Hill.

Billiar, K., Hubelbank, J., Oliva, T., and Camesano, T. (2014). Teaching STEM by design. *Advance in Engineering Education, 4*(1), 1–21.

Breiner, J. M., Carla, C. J., Harkness, S. S. & Koehler. C.M. (2012). What is STEM? A discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics, 112*(1), 3–11.

Burrows, Andrea C. (2014). Biodiesel and Integrated STEM: Vertical Alignment of High School Biology/Biochemistry and Chemistry. *Journal of Chemical Education, 91*, 1379–1389.

Christensen, Rhonda. (2014). Student perceptions of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) content and career. *Computers in Human Behavior, 34,* 173–186.

Chung, C. J., Cartwright, C. & Cole, M. (2014). Assessing the Impact of an Autonomous Robotics Competition for STEM Education. *Journal of STEM Education. 15*(2). 24–34.

Cox, C., Reynolds, B., Schunn, C. and Schuchardt, A. (2016). Using Mathematics and Engineering to Solve Problems in Secondary Level Biology. *Journal of STEM Education, 17*(1), 22–30.

Dowey, A.L. (2013). *Attitudes, Interest, and Perceived Self–efficacy toward Science of Middle School Minority Female Students: Considerations for their Low Achievement and Participation in STEM Disciplines*. Degree Doctor of Education. San Diego: University of California.

Ennis, R.H. (1991). *Critical Thinking Conception. Draft for Presentation at Area in Chicago.* April.

Fang, N. (2014). Increasing High School Students Interest in STEM Education Through Collaborative Brainstorming with Yo–Yos. *Journal of STEM Education, 14*(4), 8–14.

Flavell, John H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive–Development Inquiry. *American Psychologist, 34*(10), 906–911.

Hanadek, Antica. (1989). *Critical Thinking: Book One Californai: Midwest Poblication*.

Han, S., Capraro, R. and Capraro, M.M. (2014). How Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Project–based Learning (PBL) affects High, Middle and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *12*(2), unpaged.

Hudgins, B. B. (1997). *Learning and Thinking: A Primer for Teachers*. Illinois: F.E. Peacock.

Husamah, H. (2015). Blended project based learning: Metacognitive awareness of biology education new students. *Journal of Education and Learning (EduLearn), 9*(4), 274–281.

Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D., and Kazerounian, K. (2013). The Nexus between science literacy and technical literacy: a state by state analysis of engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education*, *14*(3), 5–12.

Marle, Peter D. (2014). *CSI–Chocolate Science Investigation and the Case of the Recipe Rip– Off: Using an Extended Problem–Based Scenario to Enhance High School Students' Science Engagement. Journal of Chemical Education, 91*(3), 345–350.

Munby, H. (1983). Thirty Studies Involving the Scientific Attitude Inventory What Confidence Can We Have in This Instrument. *Journal of Research in Science Teaching*, *20*(2), 141–162.

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Available from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165. December 26th, 2013,

Raines, J. (2012). First STEP: A preliminary review of the effects of a summer bridge program on pre–college STEM majors. *Journal of STEM Education, 13*(1), 22–29.

Robert, A. (2013). STEM is here. Now what?. *Technology and Engineering Teacher, 73(1),* 22–27.

Scott, C. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S. *Journal of STEM Education*, *13*(5), 30–39.

Seraphin, K. D., Philippoff, J., Kaupp, L., & Vallin, L. M. (2012). Metacognition as means to increase the effectiveness of inquiry–based science education. *Science Education International, 23*(4), 366–382.

Wiswell, Matthew. (2014). Does attending a STEM high school improve student performance? Evidence from New York City. *Economics of Education Review*. *40*, 93–105.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ดร.สมพร หลิมเจริญ ผู้อำนวยการกลุ่มนิเทศ ติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เขต 1

2. ดร.ภิญโญ ทองเหลา ผู้อำนวยการชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านบ่อร้าง (ผลานิวรรต) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 2

3. ดร.วาทินี แกสมาน อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. นางสาววัชราภรณ์ เขาเขจร อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

5. นางสาวชัญญาพัทธ์ ธนดิษฐาพงศ์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22

ภาคผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/ว ๑๐๐๓

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

๒๕ สิงหาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร.สมพร หลิมเจริญ

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

ด้วย นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว รหัสประจำตัวนักศึกษา ๕๙๔๒๑๒๓๑๑๐๙ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง **“การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖”** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมเกียรติ พละจิตต์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.หาญชัย อัมภาผล)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙
โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒
ผู้ประสานงาน นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๔๒๒๙ ๐๙๖๓

“อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร”

ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/ว ๑๐๐๓

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

๒๕ สิงหาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร.ภิญโญ ทองเหลา

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

ด้วย นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว รหัสประจำตัวนักศึกษา ๕๙๔๒๑๒๓๑๐๐๙ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง **"การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖"** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมเกียรติ พละจิตต์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.หาญชัย อัมภาผล)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙
โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒
ผู้ประสานงาน นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๔๒๒๙ ๐๙๖๓

"อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร"

ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/ว ๑๐๐๓

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

๒๕ สิงหาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร.วาทินี แกสมาน

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

ด้วย นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว รหัสประจำตัวนักศึกษา ๕๙๔๒๑๒๓๑๐๐๙ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง **"การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖"** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมเกียรติ พละจิตต์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.หาญชัย อัมภาผล)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙
โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒
ผู้ประสานงาน นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๔๒๒๙ ๐๙๖๓

"อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร"

ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/ว ๑๐๐๓

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

๒๕ สิงหาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางสาววัชราภรณ์ เขาเขจร

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

ด้วย นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว รหัสประจำตัวนักศึกษา ๕๙๔๒๑๒๓๑๐๐๙ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง **“การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖”** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมเกียรติ พละจิตต์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.หาญชัย อัมภาผล)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙
โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒
ผู้ประสานงาน นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๔๒๒๙ ๐๙๖๓

“อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร”

ที่ ศธ ๐๕๔๒.๑๒/ว ๑๐๐๓

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

๒๕ สิงหาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางสาวชัญญาพัทธ์ ธนดิษฐาพงศ์

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

ด้วย นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว รหัสประจำตัวนักศึกษา ๕๙๔๒๑๒๓๑๑๐๙ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง **"การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖"** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารศรี กลางประพันธ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมเกียรติ พละจิตต์ เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.หาญชัย อัมภาผล)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙
โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒
ผู้ประสานงาน นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๔๒๒๙ ๐๙๖๓

"อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร"

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

ตาราง 34 การประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่					รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5			
คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม								
1. สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	5	4	5	23	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
2. ชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมได้ชัดเจน	4	5	5	4	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรม								
3. สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	4	4	5	22	4.4	เหมาะสมมาก
4. ชี้แจงข้อปฏิบัติในการใช้ชุดกิจกรรมได้ชัดเจน	4	4	5	5	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
5. กำหนดบทบาทได้ชัดเจน ละเอียดครบถ้วน	4	5	4	5	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
6. กำหนดการประเมินผลที่ชัดเจนแก่นักเรียน	4	5	5	4	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
แผนประกอบการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี								
7. มีองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนและเหมาะสม	5	5	4	4	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
8. จุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	5	4	5	4	5	23	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
9. เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	4	5	5	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
10. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนความชัดเจน สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้	4	4	5	4	5	22	4.4	เหมาะสมมาก

ตาราง 34 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่					รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5			
11. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด การเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	4	5	4	5	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
การจัดรูปแบบรูปเล่ม								
12. ลักษณะรูปเล่มน่าสนใจ	4	4	4	5	4	21	4.2	เหมาะสมมาก
13. การออกแบบปกน่าสนใจ	4	5	4	4	4	21	4.2	เหมาะสมมาก
14. ขนาดของเล่มเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	4	5	23	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
15. ขนาดตัวหนังสือเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	4	4	5	23	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
16. การออกแบบปกสอดคล้องกับเนื้อหา	4	5	4	5	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
การจัดรูปภาพประกอบ								
17. ภาพประกอบมีสีสวยงามเหมาะสมกับชุดกิจกรรม	5	5	5	5	5	25	5	เหมาะสมมากที่สุด
18. ปริมาณภาพกับข้อความมีความเหมาะสม	4	4	4	5	5	22	4.4	เหมาะสมมาก
19. ภาพประกอบส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน	4	4	4	4	5	21	4.2	เหมาะสมมาก
20. การจัดวางภาพประกอบและข้อความเหมาะสม	4	4	5	4	5	22	4.4	เหมาะสมมาก
เนื้อหา								
21. เนื้อหาให้ความรู้ที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	5	4	5	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
22. เนื้อหาเข้าใจง่าย	4	4	4	5	4	21	4.2	เหมาะสมมาก
23. เนื้อหายึดผู้เรียนเป็นสำคัญ	4	5	4	4	4	21	4.2	เหมาะสมมาก

ตาราง 34 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่					รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5			
24. เนื้อหาส่งเสริมประสบการณ์ของผู้เรียน	4	5	5	5	4	23	4.6	เหมาะสมมากที่สุด
25. เนื้อหาก่อให้เกิดอารมณ์ร่วมตามจุดมุ่งหมาย	4	4	5	4	5	22	4.4	เหมาะสมมาก
การใช้ภาษา								
26. ชื่อเรื่องเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง	5	5	5	5	5	25	5	เหมาะสมมากที่สุด
27. ภาษาที่ใช้ถูกต้องและชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
28. ภาษาทำให้เกิดอารมณ์ร่วมตามจุดประสงค์ของการเรียน	4	4	4	4	5	21	4.2	เหมาะสมมาก
29. ภาษาส่งเสริมจินตนาการของผู้เรียน	4	4	4	5	4	21	4.2	เหมาะสมมาก
30. ภาษาที่ใช้ส่งเสริมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ	5	4	5	4	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
การวัดและประเมินผล								
31. สอดคล้องและครอบคลุมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8	เหมาะสมมากที่สุด
32. วัดได้ครอบคลุมกับเนื้อหา	4	4	5	4	5	22	4.4	เหมาะสมมาก
33. มีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้	4	5	4	5	4	22	4.4	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย							4.7	เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 0.00 – 1.50 เหมาะสมน้อยที่สุด

ตาราง 35 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อคำถาม	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่					รวม	IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
7	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
8	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
17	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
18	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 35 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ท่านที่					รวม	IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5			
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
27	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
28	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
31	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
32	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
36	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 36 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถาม	คะแนนของของผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
18	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 36 (ต่อ)

ข้อคำถาม	คะแนนของของผู้เชี่ยวชาญ คนที่					Σr	IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5			
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
27	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

ตาราง 37 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา
	p	r	
1	0.66	0.26	ใช้ได้
2	0.74	0.21	ใช้ได้
3	0.61	0.26	ใช้ได้
4	0.58	0.32	ใช้ได้
5	0.53	0.32	ใช้ได้
6	0.63	0.21	ใช้ได้
7	0.53	0.21	ใช้ได้
8	0.50	0.26	ใช้ได้
9	0.55	0.26	ใช้ได้
10	0.55	0.26	ใช้ได้
11	0.58	0.42	ใช้ได้
12	0.58	0.21	ใช้ได้
13	0.58	0.21	ใช้ได้

ตาราง 37 (ต่อ)

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา
	p	r	
14	0.68	0.21	ใช้ได้
15	0.66	0.26	ใช้ได้
16	0.42	0.21	ใช้ได้
17	0.71	0.26	ใช้ได้
18	0.68	0.21	ใช้ได้
19	0.53	0.21	ใช้ได้
20	0.58	0.21	ใช้ได้
21	0.66	0.26	ใช้ได้
22	0.63	0.32	ใช้ได้
23	0.50	0.26	ใช้ได้
24	0.63	0.21	ใช้ได้
25	0.55	0.21	ใช้ได้
26	0.63	0.32	ใช้ได้
27	0.53	0.26	ใช้ได้
28	0.61	0.32	ใช้ได้
29	0.61	0.21	ใช้ได้
30	0.74	0.26	ใช้ได้
31	0.47	0.37	ใช้ได้
32	0.66	0.21	ใช้ได้
33	0.71	0.32	ใช้ได้
34	0.47	0.26	ใช้ได้
35	0.63	0.26	ใช้ได้
36	0.53	0.32	ใช้ได้
37	0.50	0.42	ใช้ได้
38	0.76	0.32	ใช้ได้
39	0.55	0.58	ใช้ได้
40	0.63	0.37	ใช้ได้
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.78			

จากตาราง 37 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ที่ได้คัดเลือกข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้อที่เข้าเกณฑ์ไว้ 40 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากรายข้อ (p) มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.76 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.58 เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.78 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง

ตาราง 38 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา
	p	r	
1	0.66	0.26	ใช้ได้
2	0.74	0.21	ใช้ได้
3	0.58	0.32	ใช้ได้
4	0.61	0.26	ใช้ได้
5	0.66	0.26	ใช้ได้
6	0.55	0.26	ใช้ได้
7	0.66	0.37	ใช้ได้
8	0.53	0.21	ใช้ได้
9	0.74	0.21	ใช้ได้
10	0.71	0.26	ใช้ได้
11	0.58	0.21	ใช้ได้
12	0.61	0.37	ใช้ได้
13	0.61	0.26	ใช้ได้
14	0.68	0.21	ใช้ได้
15	0.55	0.58	ใช้ได้
16	0.58	0.21	ใช้ได้
17	0.45	0.37	ใช้ได้
18	0.58	0.21	ใช้ได้

ตาราง 38 (ต่อ)

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา
	p	r	
19	0.55	0.26	ใช้ได้
20	0.58	0.42	ใช้ได้
21	0.66	0.26	ใช้ได้
22	0.71	0.37	ใช้ได้
23	0.53	0.32	ใช้ได้
24	0.47	0.63	ใช้ได้
25	0.58	0.21	ใช้ได้
26	0.53	0.21	ใช้ได้
27	0.71	0.26	ใช้ได้
28	0.53	0.53	ใช้ได้
29	0.32	0.32	ใช้ได้
30	0.58	0.32	ใช้ได้
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.74			

จากตาราง 38 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ที่ได้คัดเลือกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้อที่เข้าเกณฑ์ไว้ 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากรายข้อ (p) มีค่าตั้งแต่ 0.32 ถึง 0.74 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.63 เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.74 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง

ตาราง 39 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา
	p	r	
1	0.66	1.32	ใช้ได้
2	0.66	1.32	ใช้ได้
3	0.53	1.05	ใช้ได้
4	0.42	0.84	ใช้ได้
5	0.55	1.11	ใช้ได้
6	0.30	0.60	ใช้ได้
7	0.53	1.05	ใช้ได้
8	0.50	1.00	ใช้ได้
9	0.82	1.63	ใช้ได้
10	0.68	1.37	ใช้ได้
11	0.84	1.68	ใช้ได้
12	0.58	1.16	ใช้ได้
13	0.60	1.20	ใช้ได้
14	0.53	1.05	ใช้ได้
15	0.71	1.42	ใช้ได้
16	0.42	0.84	ใช้ได้
17	0.70	1.50	ใช้ได้
18	0.80	1.50	ใช้ได้
19	0.40	0.90	ใช้ได้
20	0.60	1.10	ใช้ได้
21	0.76	1.53	ใช้ได้
22	0.80	1.50	ใช้ได้
23	0.50	0.90	ใช้ได้

ตาราง 39 (ต่อ)

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา
	P	r	
24	0.60	1.30	ใช้ได้
25	0.40	0.70	ใช้ได้
26	0.61	1.21	ใช้ได้
27	0.80	1.70	ใช้ได้
28	0.61	1.21	ใช้ได้
29	0.53	1.05	ใช้ได้
30	0.58	1.16	ใช้ได้
31	0.80	1.70	ใช้ได้
32	0.74	1.47	ใช้ได้
33	0.32	0.63	ใช้ได้
34	0.89	1.79	ใช้ได้
35	0.95	1.89	ใช้ได้
36	0.50	1.00	ใช้ได้
37	0.63	1.26	ใช้ได้
38	0.21	0.42	ใช้ได้
39	0.50	1.00	ใช้ได้
40	0.76	1.53	ใช้ได้
41	0.60	1.20	ใช้ได้
42	0.66	1.32	ใช้ได้
43	0.50	1.00	ใช้ได้
44	0.61	1.21	ใช้ได้
45	0.58	1.16	ใช้ได้
46	0.58	1.16	ใช้ได้
47	0.70	1.30	ใช้ได้
48	0.61	1.21	ใช้ได้
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.98			

จากตาราง 39 มีค่าความยากรายข้อ (p) มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.95 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าตั้งแต่ 0.42 ถึง 1.89 เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.98 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง

ตาราง 40 ค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดจิตวิทยาศาสตร์

ข้อที่	การวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
	r	
1	0.21	ใช้ได้
2	0.22	ใช้ได้
3	0.23	ใช้ได้
4	0.24	ใช้ได้
5	0.27	ใช้ได้
6	0.30	ใช้ได้
7	0.27	ใช้ได้
8	0.29	ใช้ได้
9	0.24	ใช้ได้
10	0.25	ใช้ได้
11	0.52	ใช้ได้
12	0.29	ใช้ได้
13	0.25	ใช้ได้
14	0.22	ใช้ได้
15	0.41	ใช้ได้
16	0.58	ใช้ได้
17	0.51	ใช้ได้
18	0.35	ใช้ได้
19	0.43	ใช้ได้
20	0.38	ใช้ได้

ตาราง 40 (ต่อ)

ข้อที่	การวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
	r	
21	0.58	ใช้ได้
22	0.34	ใช้ได้
23	0.32	ใช้ได้
24	0.30	ใช้ได้
25	0.36	ใช้ได้
26	0.33	ใช้ได้
27	0.24	ใช้ได้
28	0.38	ใช้ได้
29	0.30	ใช้ได้
30	0.32	ใช้ได้
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.79		

จากตาราง 40 มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.58 เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.79 ถือว่าแบบทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 41 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

คนที่	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดย วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา					
	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (40 คะแนน)		การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (48 คะแนน)		ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (30 คะแนน)	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
กลุ่มสูง จำนวน 12 คน						
1	10	32	14	40	8	28
2	11	29	15	39	8	29
3	13	37	13	45	5	27
4	14	34	12	38	7	26
5	14	31	17	41	6	26
6	15	29	16	38	6	29
7	11	28	15	44	8	28
8	11	33	18	37	7	25
9	14	35	12	40	9	27
10	13	32	11	36	7	28
11	13	31	14	35	7	27
12	10	33	15	36	9	25
กลุ่มปานกลาง จำนวน 12 คน						
14	10	34	13	37	7	24
15	11	33	18	37	9	26
16	8	31	19	32	7	26
17	8	32	14	41	5	22

ตาราง 41 (ต่อ)

คนที่	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดย วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา					
	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (40 คะแนน)		การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (48 คะแนน)		ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (30 คะแนน)	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
18	9	29	16	43	5	26
19	11	31	17	35	8	27
20	9	27	18	39	8	25
21	12	27	15	39	10	25
22	14	31	14	37	11	22
23	11	29	13	36	12	26
24	15	30	16	39	7	25
25	12	27	12	38	7	27
กลุ่มต่ำ จำนวน 12 คน						
26	13	30	11	45	9	20
27	9	20	10	38	7	17
28	7	26	13	35	8	21
29	9	25	15	39	7	23
30	8	31	17	42	10	19
31	9	32	14	38	8	20
32	11	30	17	35	9	19
33	9	24	13	42	11	21
34	9	26	15	37	5	17
35	8	29	11	37	9	19
36	9	26	12	38	9	25

การแบ่งกลุ่มตามจิตวิทยาศาสตร์

คนที่ 1–10 เป็นนักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูง

คนที่ 11–25 เป็นนักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ปานกลาง

คนที่ 26–35 เป็นนักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1. ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการสถิติ T–test

1.1 การแจกแจงปกติของข้อมูลตัวแปรตาม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียนและหลังเรียน (กลุ่มทดลองที่ 1)

One–Sample Kolmogorov–Smirnov Test

		ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน
N		36	36	36	36	36	36
Normal Parameters[a]	Mean	10.83	29.69	14.33	38.56	7.86	24.06
	Std. Deviation	2.223	3.471	2.366	2.951	1.710	3.505
Most Extreme Differences	Absolute	.156	.119	.102	.135	.141	.217
	Positive	.156	.059	.102	.135	.137	.099
	Negative	–.113	–.119	–.092	–.086	–.141	–.217
Kolmogorov–Smirnov Z		.938	.713	.614	.808	.843	1.304
Asymp. Sig. (2–tailed)		.343	.690	.845	.532	.475	.067

a. Test distribution is Normal.

ค่า Sig. > .05 แสดงว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2 การแจกแจงปกติของข้อมูลตัวแปรตาม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.ก่อนเรียนและหลังเรียน (กลุ่มทดลองที่ 2)

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน
N		36	36	36
Normal Parameters[a]	Mean	35.25	9.72	22.53
	Std. Deviation	3.193	2.133	1.964
Most Extreme Differences	Absolute	.108	.151	.123
	Positive	.097	.151	.115
	Negative	-.108	-.101	-.123
Kolmogorov-Smirnov Z		.646	.908	.737
Asymp. Sig. (2-tailed)		.798	.381	.649

a. Test distribution is Normal.

ค่า Sig. > .05 แสดงว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

2. เปรียบเทียบคะแนน t-test แบบ Dependent Group Paired Sample Statistics คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ทักษะหลัง	29.69	36	3.471	.578
	ทักษะก่อน	10.83	36	2.223	.371
Pair 2	คิดหลัง	38.56	36	2.951	.492
	คิดก่อน	14.33	36	2.366	.394
Pair 3	ผลสัมฤทธิ์หลัง	24.06	36	3.505	.584
	ผลสัมฤทธิ์ก่อน	7.86	36	1.710	.285

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ทักษะหลัง & ทักษะก่อน	36	.393	.018
Pair 2	คิดหลัง & คิดก่อน	36	-.191	.265
Pair 3	ผลสัมฤทธิ์หลัง & ผลสัมฤทธิ์ก่อน	36	-.151	.379

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1 ทักษะหลัง - ทักษะก่อน	18.861	3.305	.551	17.743	19.979	34.241	35	.000
Pair 2 คิดหลัง - คิดก่อน	24.222	4.120	.687	22.828	25.616	35.272	35	.000
Pair 3 ผลสัมฤทธิ์หลัง - ผลสัมฤทธิ์ก่อน	16.194	4.125	.688	14.799	17.590	23.554	35	.000

3. เปรียบเทียบ t-test แบบ Dependent Group Paired Sample Statistics คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ทักษะหลัง	26.19	36	3.223	.537
	ทักษะก่อน	10.06	36	2.518	.420
Pair 2	คิดหลัง	35.25	36	3.193	.532
	คิดก่อน	19.39	36	6.690	1.115
Pair 3	ผลสัมฤทธิ์หลัง	22.53	36	1.964	.327
	ผลสัมฤทธิ์ก่อน	9.72	36	2.133	.355

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	ทักษะหลัง & ทักษะก่อน	36	.171	.318
Pair 2	คิดหลัง & คิดก่อน	36	-.236	.166
Pair 3	ผลสัมฤทธิ์หลัง & ผลสัมฤทธิ์ก่อน	36	-.373	.025

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	ทักษะหลัง – ทักษะก่อน	16.139	3.735	.623	14.875	17.403	25.925	35	.000
Pair 2	คิดหลัง – คิดก่อน	15.861	8.065	1.344	13.132	18.590	11.801	35	.000
Pair 3	ผลสัมฤทธิ์หลัง – ผลสัมฤทธิ์ก่อน	12.806	3.396	.566	11.657	13.955	22.625	35	.000

4. เปรียบเทียบคะแนน t-test for Independent Sample คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test แบบ Independent Samples

4.1 เปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน

Group Statistics

	room	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ทักษะก่อน	1	36	10.83	2.223	.371
	2	36	10.06	2.518	.420
ทักษะหลัง	1	36	29.69	3.471	.578
	2	36	26.19	3.223	.537

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ทักษะก่อน	Equal variances assumed	1.873	.176	1.389	70	.169	.778	.560	-.339	1.894
	Equal variances not assumed			1.389	68.943	.169	.778	.560	-.339	1.895
ทักษะหลัง	Equal variances assumed	.728	.397	4.433	70	.000	3.500	.789	1.925	5.075
	Equal variances not assumed			4.433	69.620	.000	3.500	.789	1.925	5.075

4.2 เปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน

Group Statistics

	room	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
คิดก่อน	1	36	14.33	2.366	.394
	2	36	19.39	6.690	1.115
คิดหลัง	1	36	38.56	2.951	.492
	2	36	35.25	3.193	.532

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
คิดก่อน	Equal variances assumed	44.685	.000	-4.274	70	.000	-5.056	1.183	-7.414	-2.697
	Equal variances not assumed			-4.274	43.623	.000	-5.056	1.183	-7.440	-2.671
คิดหลัง	Equal variances assumed	.104	.748	4.562	70	.000	3.306	.725	1.860	4.751
	Equal variances not assumed			4.562	69.573	.000	3.306	.725	1.860	4.751

4.3 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา และการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. ก่อนเรียนและหลังเรียน

Group Statistics

	room	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ผลสัมฤทธิ์ก่อน	1	36	7.86	1.710	.285
	2	36	9.72	2.133	.355
ผลสัมฤทธิ์หลัง	1	36	24.06	3.505	.584
	2	36	22.53	1.964	.327

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ผลสัมฤทธิ์ก่อน	Equal variances assumed	2.207	.142	-4.085	70	.000	-1.861	.456	-2.770	-.952
	Equal variances not assumed			-4.085	66.834	.000	-1.861	.456	-2.771	-.952
ผลสัมฤทธิ์หลัง	Equal variances assumed	15.925	.000	2.282	70	.026	1.528	.670	.192	2.863
	Equal variances not assumed			2.282	55.006	.026	1.528	.670	.186	2.870

5. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลจากการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา

5.1 วิเคราะห์คะแนนก่อนเรียนทดสอบตัวแปรตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดย One-Way ANOVA

5.1.1 ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน	การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน
N		36	36	36
Normal Parameters[a]	Mean	10.83	14.33	7.86
	Std. Deviation	2.223	2.366	1.710
Most Extreme Differences	Absolute	.156	.102	.141
	Positive	.156	.102	.137
	Negative	-.113	-.092	-.141
Kolmogorov-Smirnov Z		.938	.614	.843
Asymp. Sig. (2-tailed)		**.343**	**.845**	**.475**

a. Test distribution is Normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน
N		36	36	36
Normal Parameters[a]	Mean	29.69	38.56	24.06
	Std. Deviation	3.471	2.951	3.505
Most Extreme Differences	Absolute	.119	.135	.217
	Positive	.059	.135	.099
	Negative	-.119	-.086	-.217
Kolmogorov-Smirnov Z		.713	.808	1.304
Asymp. Sig. (2-tailed)		.690	.532	.067

a. Test distribution is Normal.

ค่า Sig. > .05 แสดงว่าประชากรมีการแจก

5.1.2 วิเคราะห์ One-Way ANOVA ก่อนเรียน

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.607
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	25.158
	df	15
	Sig.	.048

การทดสอบ Bartlett's Test of Sphericity มีค่า sig < .05 หมายความว่า ตัวแปรตามทุกตัวมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน นั่นคือ เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน	1.189	2	33	.317
การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน	.222	2	33	.802
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน	1.533	2	33	.231

ค่า Sig. > .05 หมายความว่า มีความแปรปรวนกันทุกกลุ่ม

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
S1	Between Groups	60.167	2	30.083	8.798	.001
	Within Groups	112.833	33	3.419		
	Total	173.000	35			
T1	Between Groups	28.167	2	14.083	2.769	.077
	Within Groups	167.833	33	5.086		
	Total	196.000	35			
A1	Between Groups	7.389	2	3.694	1.284	.290
	Within Groups	94.917	33	2.876		
	Total	102.306	35			

5.2 วิเคราะห์คะแนนหลังเรียน ตัวแปรตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน One-Way MANCOVA โดยควบคุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากก่อนเรียนแตกต่างกัน

Box's Test of Equality of Covariance Matrices[a]

Box's M	13.016
F	.940
df1	12
df2	5.277E3
Sig.	.505

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + Mind + S1 + T1 + A1

ค่า Sig. > .05 หมายความว่า เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของทุกกลุ่มเท่ากัน

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.607
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	25.158
	df	15
	Sig.	.048

การทดสอบ Bartlett's Test of Sphericity มีค่า sig < .05 หมายความว่า ตัวแปรตามทุกตัวมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน นั่นคือ เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

Multivariate Tests[c]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.807	38.991[a]	3.000	28.000	.000
	Wilks' Lambda	.193	38.991[a]	3.000	28.000	.000
	Hotelling's Trace	4.178	38.991[a]	3.000	28.000	.000
	Roy's Largest Root	4.178	38.991[a]	3.000	28.000	.000
Mind	Pillai's Trace	.720	5.437	6.000	58.000	.000
	Wilks' Lambda	**.295**	**7.853[a]**	**6.000**	**56.000**	**.000**
	Hotelling's Trace	2.340	10.532	6.000	54.000	.000
	Roy's Largest Root	2.319	22.413[b]	3.000	29.000	.000
S1	Pillai's Trace	.022	.210[a]	3.000	28.000	.889
	Wilks' Lambda	.978	.210[a]	3.000	28.000	.889
	Hotelling's Trace	.022	.210[a]	3.000	28.000	.889
	Roy's Largest Root	.022	.210[a]	3.000	28.000	.889
T1	Pillai's Trace	.036	.344[a]	3.000	28.000	.793
	Wilks' Lambda	.964	.344[a]	3.000	28.000	.793
	Hotelling's Trace	.037	.344[a]	3.000	28.000	.793
	Roy's Largest Root	.037	.344[a]	3.000	28.000	.793
A1	Pillai's Trace	.035	.344[a]	3.000	28.000	.794
	Wilks' Lambda	.965	.344[a]	3.000	28.000	.794
	Hotelling's Trace	.037	.344[a]	3.000	28.000	.794
	Roy's Largest Root	.037	.344[a]	3.000	28.000	.794

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept + Mind + S1 + T1 + A1

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

	F	df1	df2	Sig.
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	.688	2	33	.510
การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	.358	2	33	.701
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	.663	2	33	.522

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Mind + S1 + T1 + A1

ค่า sig > .05 หมายความว่า มีความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่ม

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	157.765[a]	5	31.553	3.587	.012
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	26.814[b]	5	5.363	.579	.716
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	321.741[c]	5	64.348	17.850	.000
Intercept	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	188.534	1	188.534	21.435	.000
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	473.816	1	473.816	51.117	.000
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	148.821	1	148.821	41.283	.000
Mind	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	65.690	2	32.845	3.734	.036
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	5.856	2	2.928	.316	.732
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	183.455	2	91.727	25.445	.000
S1	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	1.956	1	1.956	.222	.641
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	4.305	1	4.305	.464	.501
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	.042	1	.042	.012	.915
T1	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	3.868	1	3.868	.440	.512
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	4.751	1	4.751	.513	.480
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	.145	1	.145	.040	.842
A1	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	.141	1	.141	.016	.900
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	5.191	1	5.191	.560	.460
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	1.576	1	1.576	.437	.514
Error	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	263.874	30	8.796		
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	278.075	30	9.269		
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	108.148	30	3.605		
Total	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	32165.000	36			
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	53820.000	36			
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	21262.000	36			
Corrected Total	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	421.639	35			
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	304.889	35			
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	429.889	35			

a. R Squared = .374 (Adjusted R Squared = .270)

b. R Squared = .088 (Adjusted R Squared = –.064)

c. R Squared = .748 (Adjusted R Squared = .706)

5.3 วิเคราะห์คะแนนหลังเรียน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา แยกตามชนิดตัวแปรตาม

5.3.1 วิเคราะห์คะแนนหลังเรียน ตัวแปรตามการคิดอย่างมีวิจารณญาณ One–Way ANOVA

ANOVA

การคิดอย่างมีวิจารญาณหลังเรียน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.056	2	6.028	.679	.514
Within Groups	292.833	33	8.874		
Total	304.889	35			

5.3.2 วิเคราะห์คะแนนหลังเรียน ตัวแปรตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน One–Way ANOVA

ANOVA

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	320.056	2	160.028	48.081	.000
Within Groups	109.833	33	3.328		
Total	429.889	35			

Descriptives

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	12	27.08	1.379	.398	26.21	27.96	25	29
2	12	25.08	1.676	.484	24.02	26.15	22	27
3	12	20.00	2.296	.663	18.54	21.46	17	25
Total	36	24.06	3.505	.584	22.87	25.24	17	29

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

Scheffe

(I) จิตวิทยาศาสตร์ 1=สูง, 2 = ปานกลาง , 3 = ต่ำ	(J) จิตวิทยาศาสตร์ 1=สูง, 2 = ปานกลาง , 3 = ต่ำ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	2.000*	.745	.038	.09	3.91
	3	7.083*	.745	.000	5.17	8.99
2	1	-2.000*	.745	.038	-3.91	-.09
	3	5.083*	.745	.000	3.17	6.99
3	1	-7.083*	.745	.000	-8.99	-5.17
	2	-5.083*	.745	.000	-6.99	-3.17

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

5.3.3 วิเคราะห์คะแนนหลังเรียน ตัวแปรตามทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

One-Way ANCOVA

Univariate Analysis of Variance

Descriptive Statistics

Dependent Variable:ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

จิตวิทยาศาสตร์ 1=สูง, 2 = ปานกลาง , 3 = ต่ำ	Mean	Std. Deviation	N
1	32.00	2.629	12
2	30.08	2.353	12
3	27.00	3.464	12
Total	29.69	3.471	36

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable:ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

F	df1	df2	Sig.
1.046	2	33	.363

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Mind + S1

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	153.827[a]	3	51.276	6.127	.002
Intercept	767.143	1	767.143	91.664	.000
Mind	**88.675**	**2**	**44.337**	**5.298**	**.010**
S1	1.105	1	1.105	.132	.719
Error	267.812	32	8.369		
Total	32165.000	36			
Corrected Total	421.639	35			

a. R Squared = .365 (Adjusted R Squared = .305)

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

Scheffe

(I) จิตวิทยาศาสตร์ 1= สูง, 2 = ปานกลาง , 3 = ต่ำ	(J) จิตวิทยาศาสตร์ 1= สูง, 2 = ปานกลาง , 3 = ต่ำ	Mean Difference (I–J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	1.92	1.165	.273	-1.07	4.90
	3	5.00*	1.165	.001	2.01	7.99
2	1	-1.92	1.165	.273	-4.90	1.07
	3	3.08*	1.165	.042	.10	6.07
3	1	-5.00*	1.165	.001	-7.99	-2.01
	2	-3.08*	1.165	.042	-6.07	-.10

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 8.149.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

6. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลจากการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท.

6.1 วิเคราะห์คะแนนก่อนเรียน ทดสอบตัวแปรตามทักษะกระบวนการแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA)

6.1.1 ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน
N		36	36	36
Normal Parameters[a]	Mean	35.25	9.72	22.53
	Std. Deviation	3.193	2.133	1.964
Most Extreme Differences	Absolute	.108	.151	.123
	Positive	.097	.151	.115
	Negative	-.108	-.101	-.123
Kolmogorov-Smirnov Z		.646	.908	.737
Asymp. Sig. (2-tailed)		.798	.381	.649

a. Test distribution is Normal.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน
N		36	36	36
Normal Parameters[a]	Mean	10.06	26.19	19.39
	Std. Deviation	2.518	3.223	6.690
Most Extreme Differences	Absolute	.174	.207	.223
	Positive	.138	.207	.223
	Negative	-.174	-.087	-.116
Kolmogorov-Smirnov Z		1.044	1.241	1.337
Asymp. Sig. (2-tailed)		.226	.092	.056

a. Test distribution is Normal.

ค่า Sig. > .05 แสดงว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

6.1.2 วิเคราะห์ One-Way ANOVA ก่อนเรียน

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน	2.740	2	33	.079
การคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน	1.700	2	33	.198
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน	.342	2	33	.713

ค่า Sig. > .05 หมายความว่า มีความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่ม

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
S1	Between Groups	33.556	2	16.778	2.940	.067
	Within Groups	188.333	33	5.707		
	Total	221.889	35			
T1	Between Groups	611.556	2	305.778	10.566	.000
	Within Groups	955.000	33	28.939		
	Total	1566.556	35			
A1	Between Groups	11.556	2	5.778	1.291	.288
	Within Groups	147.667	33	4.475		
	Total	159.222	35			

6.2 วิเคราะห์คะแนนหลังเรียน ตัวแปรตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน One-Way MANCOVA

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.508
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	8.584
	df	3
	Sig.	.035

การทดสอบ Bartlett's Test of Sphericity มีค่า Sig. < .05 หมายความว่า ตัวแปรตามทุกตัวมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

Box's Test of Equality of Covariance Matrices[a]

Box's M	22.547
F	1.628
df1	12
df2	5.277E3
Sig.	.077

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + group + S1 + T1 + A1

ค่า Sig. > .05 หมายความว่า เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมกันเท่ากันทุกกลุ่ม

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

	F	df1	df2	Sig.
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	3.048	2	33	.061
การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	.347	2	33	.709
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	.713	2	33	.497

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + group + S1 + T1 + A1

ค่า Sig. > .05 หมายความว่า มีความแปรปรวนร่วมกันเท่ากันทุกลุ่ม

General Linear Model

Multivariate Tests[c]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.918	1.048E2[a]	3.000	28.000	.000
	Wilks' Lambda	.082	1.048E2[a]	3.000	28.000	.000
	Hotelling's Trace	11.227	1.048E2[a]	3.000	28.000	.000
	Roy's Largest Root	11.227	1.048E2[a]	3.000	28.000	.000
group	Pillai's Trace	.542	3.598	6.000	58.000	.004
	Wilks' Lambda	**.515**	**3.676[a]**	**6.000**	**56.000**	**.004**
	Hotelling's Trace	.832	3.744	6.000	54.000	.003
	Roy's Largest Root	.665	6.429[b]	3.000	29.000	.002
S1	Pillai's Trace	.167	1.865[a]	3.000	28.000	.158
	Wilks' Lambda	.833	1.865[a]	3.000	28.000	.158
	Hotelling's Trace	.200	1.865[a]	3.000	28.000	.158
	Roy's Largest Root	.200	1.865[a]	3.000	28.000	.158
T1	Pillai's Trace	.095	.984[a]	3.000	28.000	.415
	Wilks' Lambda	.905	.984[a]	3.000	28.000	.415
	Hotelling's Trace	.105	.984[a]	3.000	28.000	.415
	Roy's Largest Root	.105	.984[a]	3.000	28.000	.415
A1	Pillai's Trace	.189	2.178[a]	3.000	28.000	.113
	Wilks' Lambda	.811	2.178[a]	3.000	28.000	.113
	Hotelling's Trace	.233	2.178[a]	3.000	28.000	.113
	Roy's Largest Root	.233	2.178[a]	3.000	28.000	.113

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept + group + S1 + T1 + A1

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	46.861[a]	5	9.372	.888	.502
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	142.469[b]	5	28.494	3.989	.007
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	49.492[c]	5	9.898	3.474	.014
Intercept	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	307.134	1	307.134	29.087	.000
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	525.601	1	525.601	73.586	.000
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	374.639	1	374.639	131.483	.000
group	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	34.156	2	17.078	1.617	.215
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	118.741	2	59.371	8.312	.001
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	21.882	2	10.941	3.840	.033
S1	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	10.420	1	10.420	.987	.328
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	20.593	1	20.593	2.883	.100
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	7.837	1	7.837	2.750	.108
T1	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	2.289	1	2.289	.217	.645
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	16.613	1	16.613	2.326	.138
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	2.072	1	2.072	.727	.401
A1	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	.415	1	.415	.039	.844
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	11.617	1	11.617	1.626	.212
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	14.742	1	14.742	5.174	.030
Error	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	316.778	30	10.559		
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	214.281	30	7.143		
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	85.480	30	2.849		
Total	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	25065.000	36			
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	45089.000	36			
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	18405.000	36			
Corrected Total	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	363.639	35			
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	356.750	35			
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	134.972	35			

a. R Squared = .129 (Adjusted R Squared = -.016)

b. R Squared = .399 (Adjusted R Squared = .299)

c. R Squared = .367 (Adjusted R Squared = .261)

6.3 วิเคราะห์คะแนนหลังเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ One-Way ANOVA แยกตามชนิดตัวแปรตาม

6.3.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ANOVA

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33.389	2	16.694	1.668	.204
Within Groups	330.250	33	10.008		
Total	363.639	35			

6.3.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Univariate Tests

Dependent Variable:การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	92.884	2	46.442	6.091	.006
Error	243.981	32	7.624		

The F tests the effect of 1= สูง, 2=ปานกลาง, 3=ต่ำ. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

Descriptive Statistics

Dependent Variable:การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน

1= สูง, 2=ปานกลาง, 3=ต่ำ	Mean	Std. Deviation	N
1	34.67	2.309	12
2	37.42	2.746	12
3	33.67	3.367	12
Total	35.25	3.193	36

Multiple Comparisons

การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน

Scheffe

(I) 1= สูง, 2=ปานกลาง, 3=ต่ำ	(J) 1= สูง, 2=ปานกลาง, 3=ต่ำ	Mean Difference (I–J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	–2.75	1.160	.075	–5.72	.22
	3	1.00	1.160	.692	–1.97	3.97
2	1	2.75	1.160	.075	–.22	5.72
	3	3.75*	1.160	.011	.78	6.72
3	1	–1.00	1.160	.692	–3.97	1.97
	2	–3.75*	1.160	.011	–6.72	–.78

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 8.068.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

6.3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ANOVA

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24.389	2	12.194	3.639	.037
Within Groups	110.583	33	3.351		
Total	134.972	35			

Descriptives

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	12	22.17	1.749	.505	21.06	23.28	20	26
2	12	23.67	1.435	.414	22.75	24.58	21	26
3	12	21.75	2.221	.641	20.34	23.16	19	26
Total	36	22.53	1.964	.327	21.86	23.19	19	26

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

Scheffe

(I) 1= สูง, 2=ปานกลาง, 3=ต่ำ	(J) 1= สูง, 2=ปานกลาง, 3=ต่ำ	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-1.500	.747	.149	-3.42	.42
	3	.417	.747	.857	-1.50	2.33
2	1	1.500	.747	.149	-.42	3.42
	3	1.917*	.747	.050	.00	3.83
3	1	-.417	.747	.857	-2.33	1.50
	2	-1.917*	.747	.050	-3.83	.00

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

7. วิเคราะห์ผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรวิธีการสอนและตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทาง (Two-Way-MANNOVA)

7.1 ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นการใช้สถิติ

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.638
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	40.885
	df	15
	Sig.	.000

Bartlett's Test of Sphericity มีค่า sig < .05 หมายความว่า ตัวแปรตามทุกตัวมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

Box's Test of Equality of Covariance Matrices[a]

Box's M	37.564
F	1.104
df1	30
df2	9.844E3
Sig.	.317

Tests the null hypothesis that the observed covariance matrices of the dependent variables are equal across groups.

a. Design: Intercept + group + class + class * group

ค่า sig > .05 หมายความว่า เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของทุกกลุ่มเท่ากัน

7.2 วิเคราะห์ผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างตัวแปรอิสระ วิธีสอน 2 วิธี คือ การเรียนโดยการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชา เคมี โดยวิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญาและการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของ สสวท. และตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทดสอบด้วยสถิติ Two-Way MANOVA

Multivariate Tests[c]

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.998	1.300E4[a]	3.000	64.000	.000
	Wilks' Lambda	.002	1.300E4[a]	3.000	64.000	.000
	Hotelling's Trace	609.289	1.300E4[a]	3.000	64.000	.000
	Roy's Largest Root	609.289	1.300E4[a]	3.000	64.000	.000
group	Pillai's Trace	.651	10.461	6.000	130.000	.000
	Wilks' Lambda	.390	12.849[a]	6.000	128.000	.000
	Hotelling's Trace	1.463	15.360	6.000	126.000	.000
	Roy's Largest Root	1.388	30.063[b]	3.000	65.000	.000
class	Pillai's Trace	.551	26.189[a]	3.000	64.000	.000
	Wilks' Lambda	.449	26.189[a]	3.000	64.000	.000
	Hotelling's Trace	1.228	26.189[a]	3.000	64.000	.000
	Roy's Largest Root	1.228	26.189[a]	3.000	64.000	.000
class * group	Pillai's Trace	.645	10.315	6.000	130.000	.000
	Wilks' Lambda	.429	11.240[a]	6.000	128.000	.000
	Hotelling's Trace	1.159	12.168	6.000	126.000	.000
	Roy's Largest Root	.983	21.309[b]	3.000	65.000	.000

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept + group + class + class * group

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	406.611[a]	5	81.322	8.958	.000
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	299.236[b]	5	59.847	7.065	.000
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	386.458[c]	5	77.292	23.144	.000
Intercept	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	56224.222	1	56224.222	6.193E3	.000
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	98050.681	1	98050.681	1.157E4	.000
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	39060.125	1	39060.125	1.170E4	.000
group	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	86.028	2	43.014	4.738	.012
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	21.361	2	10.681	1.261	.290
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	211.000	2	105.500	31.590	.000
class	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	220.500	1	220.500	24.289	.000
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	196.681	1	196.681	23.218	.000
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	42.014	1	42.014	12.580	.001
class * group	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	100.083	2	50.042	5.512	.006
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	81.194	2	40.597	4.793	.011
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	133.444	2	66.722	19.979	.000
Error	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	599.167	66	9.078		
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	559.083	66	8.471		
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	220.417	66	3.340		
Total	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	57230.000	72			
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	98909.000	72			
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	39667.000	72			
Corrected Total	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	1005.778	71			
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	858.319	71			
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	606.875	71			

a. R Squared = .404 (Adjusted R Squared = .359)

b. R Squared = .349 (Adjusted R Squared = .299)

c. R Squared = .637 (Adjusted R Squared = .609)

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Scheffe

Dependent Variable	(I) 1= สูง, 2= ปานกลาง, 3= ต่ำ	(J) 1= สูง, 2= ปานกลาง, 3= ต่ำ	Mean Difference (I–J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน	1	2	2.00	.870	.079	–.18	4.18
		3	2.54*	.870	.018	.36	4.72
	2	1	–2.00	.870	.079	–4.18	.18
		3	.54	.870	.824	–1.64	2.72
	3	1	–2.54*	.870	.018	–4.72	–.36
		2	–.54	.870	.824	–2.72	1.64
การคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	1	2	–.71	.840	.702	–2.81	1.40
		3	.62	.840	.759	–1.48	2.73
	2	1	.71	.840	.702	–1.40	2.81
		3	1.33	.840	.291	–.77	3.44
	3	1	–.62	.840	.759	–2.73	1.48
		2	–1.33	.840	.291	–3.44	.77
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน	1	2	.25	.528	.894	–1.07	1.57
		3	3.75*	.528	.000	2.43	5.07
	2	1	–.25	.528	.894	–1.57	1.07
		3	3.50*	.528	.000	2.18	4.82
	3	1	–3.75*	.528	.000	–5.07	–2.43
		2	–3.50*	.528	.000	–4.82	–2.18

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 3.340.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

Scheffe

1= สูง, 2=ปานกลาง, 3=ต่ำ	N	Subset 1	Subset 2
3	24	26.92	
2	24	27.46	27.46
1	24		29.46
Sig.		.824	.079

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 9.078.

ภาคผนวก จ

เครื่องมือวิจัย

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดที่ 1

วิชาเคมี ม.6

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551

โดย พิมพร อุ่นแก้ว
ค.บ.วิทยาศาสตร์ (เคมี)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

คำนำ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอน รายวิชา เคมี 5 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและมุ่งเน้น ให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้มีทั้งหมด 11 ชุดดังนี้

ชุดที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์
ชุดที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์
ชุดที่ 3 เรื่อง ไอโซเมอร์และหมู่ฟังก์ชัน
ชุดที่ 4 เรื่อง แอลเคน
ชุดที่ 5 เรื่อง แอลคีน
ชุดที่ 6 เรื่อง แอลไคน์
ชุดที่ 7 เรื่อง อะโรมาติก
ชุดที่ 8 เรื่อง แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ และคีโตน
ชุดที่ 9 เรื่อง กรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์
ชุดที่ 10 เรื่อง เอมีน
ชุดที่ 11 เรื่อง เอไมด์

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ เป็นชุดที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ ใช้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ โดยในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วยคำแนะนำสำหรับการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน ใบความรู้ ใบงาน เฉลยใบงาน แบบทดสอบหลังเรียน เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

ผู้จัดทำขอขอบคุณบิดา มารดา อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ จนทำให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
คำชี้แจง	1
องค์ประกอบชุดกิจกรรม	2
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมสำหรับครู	3
คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน	4
มาตรฐานตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้	5
จุดประสงค์การเรียนรู้	6
แบบทดสอบก่อนเรียน	7
กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน	9
ใบความรู้ที่ 1	10
ใบงานที่ 1.1	13
แบบทดสอบหลังเรียน	16
กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน	18
บรรณานุกรม	19
ภาคผนวก	20
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน–หลังเรียน	21
เฉลยบัตรใบงานที่ 1.1	22
แบบบันทึกสรุปผลการเรียน	25

คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี ประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 11 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

ชุดที่ 2 เรื่อง การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

ชุดที่ 3 เรื่อง ไอโซเมอร์และหมู่ฟังก์ชัน

ชุดที่ 4 เรื่อง แอลเคน

ชุดที่ 5 เรื่อง แอลคีน

ชุดที่ 6 เรื่อง แอลไคน์

ชุดที่ 7 เรื่อง อะโรมาติก

ชุดที่ 8 เรื่อง แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ และคีโตน

ชุดที่ 9 เรื่อง กรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์

ชุดที่ 10 เรื่อง เอมีน

ชุดที่ 11 เรื่อง เอไมด์

2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ (S) ขั้นวางแผน
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (S,T)
3. การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา (S,E,M) ขั้นการกำกับ
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (S,M) ขั้นการกำกับ
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (S,M) ขั้นประเมิน
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม (S,T,E,M) ขั้นประเมิน

3. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี ชุดที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ ใช้ประกอบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ วิชาเคมี 5 รหัสวิชา ว33224 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 แผน เวลาเรียนรวม 3 ชั่วโมง

องค์ประกอบชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี

องค์ประกอบของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี ชุดที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ ประกอบด้วย

1. คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี
   1.1 คำแนะนำสำหรับครู
   1.2 คำแนะนำสำหรับนักเรียน
2. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/สาระการเรียนรู้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. แบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน
5. กิจกรรมการเรียนรู้
6. ใบความรู้
7. ใบงาน
8. แบบทดสอบความรู้หลังเรียน
9. บรรณานุกรม
10. ภาคผนวก
    10.1 เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียน
    10.2 เฉลยใบงาน
    10.3 แบบบันทึกผลการเรียน

คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี

สำหรับครู

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยใช้วิธีการสอนแบบ STEM Education ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงอภิปัญญา ครูผู้สอนต้องดำเนินการจัดกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมการสอน

1.1 ศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียดและชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีจนเข้าใจเป็นอย่างดี

1.2 เตรียมชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี สื่อที่ใช้ในการสอนให้อยู่ในสภาพใช้งานได้

1.3 แบ่งกลุ่มนักเรียนโดยใช้ความสามารถเก่งปานกลางอ่อน

2. การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.1 ครูแจกชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีให้กับนักเรียน

2.2 ครูชี้แจงการใช้งานชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีให้นักเรียนทราบก่อนลงมือปฏิบัติ

2.3 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน เพื่อทดสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียน

2.4 ครูให้นักเรียนศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

2.5 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบความรู้หลังเรียน เพื่อศึกษาพัฒนาการของนักเรียน

3. ขั้นการประเมินผล

ครูตรวจ แบบทดสอบและกิจกรรม บันทึกคะแนนประเมินผลตามเกณฑ์การประเมิน

คำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี

การจัดกิจกรรมเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี ชุดที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นี้จะมีประโยชน์ต่อนักเรียน ถ้านักเรียนศึกษาตามลำดับขั้นตอนและมีความซื่อสัตย์ และถ้านักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดก็ศึกษาจากเนื้อหาในใบความรู้ และฝึกทำแบบฝึกหัดหลายๆ ครั้งแล้วกลับมาทดสอบอีกครั้ง เพื่อที่นักเรียนจะมีความเข้าใจอย่างถูกต้องมีความรู้ความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้/สาระการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับพันธะเคมี หมู่ฟังก์ชัน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

สาระการเรียนรู้

1. สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์
2. พันธะของคาร์บอน

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายความหมายของสารประกอบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้
2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนซ์แบบต่างๆ ของคาร์บอนพร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
3. อธิบายเหตุผลที่ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบเป็นจำนวนมากได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

4. จำแนกสารประกอบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

5. ซื่อสัตย์สุจริต มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน

แบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน

ชี้แจง : 1. แบบทดสอบความรู้เป็นแบบเลือกตอบจำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบความรู้ 10 นาที

2. เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดเป็นความหมายของคำว่า “สารอินทรีย์”
   1. สารประกอบของคาร์บอนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น
   2. สารประกอบของคาร์บอนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและจากการสังเคราะห์
   3. สารที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น
   4. สารที่มีธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น
2. ข้อความใดไม่ถูกต้อง
   1. สารอินทรีย์สามารถสังเคราะห์ได้จากสารอนินทรีย์
   2. สารที่เป็นอัญรูปของคาร์บอนจัดเป็นสารอนินทรีย์
   3. สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบต้องมาจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น
   4. สารประกอบทั้งหมดที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเป็นได้สารอินทรีย์และอนินทรีย์
3. สารในข้อใดเป็นสารอินทรีย์ทุกชนิด
   1. CCl_4 , CH_3OH และ CH_3F
   2. CH_3COOH , K_2CO_3 และ CH_4
   3. CH_3CHO , $C_6H_{12}O_6$ และ CO_2
   4. $C_{12}H_{22}O_{11}$, C_6H_6 และ NH_2CONH_2
4. สารอินทรีย์ทุกชนิดจะต้องมีธาตุใดอยู่ด้วยเสมอ
   1. ธาตุไนโตรเจน
   2. ธาตุไฮโดรคาร์บอน
   3. ธาตุคาร์บอน
   4. ธาตุซิลิกอน
5. สารอนินทรีย์ประกอบด้วยธาตุหลักชนิดใดบ้าง
   1. S , O , Cl , Na , Mg , Al และ C
   2. H , Li , K และ Mn
   3. F , Be , Rb และ Pb
   4. Cs , Fr , Rh และ Se

6. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

1. คาร์บอนเป็นธาตุหมู่ที่ 4 จึงมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4
2. การสร้างพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะโคเวเลนต์
3. อะตอมของคาร์บอนสามารถสร้างพันธะต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสาม
4. นอกจากธาตุไฮโดรเจนแล้วคาร์บอนไม่สามารถสร้างพันธะกับธาตุอื่นได้อีกเลย

7. สารประกอบในข้อใดมีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมกับคาร์บอนอะตอมแข็งแรงที่สุด

1. C_3H_4 2. C_3H_6 3. C_3H_8 4. C_3H_7Cl

8. ข้อใด<u>ไม่ใช่</u>เหตุผลที่ทำให้ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบได้มาก

1. ธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะเดี่ยว
2. ธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะคู่
3. ธาตุคาร์บอนไม่สามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะสาม
4. ธาตุคาร์บอนสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมของธาตุอื่น ๆ อีก 4 อิเล็กตรอน

9. ส่วนประกอบของสารอินทรีย์ชนิดใดเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

1. เชื้อเพลิงธรรมชาติ 2. พืช
3. สัตว์ 4. แร่ธาตุต่าง ๆ

10. ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องที่สุด

A. สารประกอบของคาร์บอนทุกชนิดเป็นสารอินทรีย์

B. สารอินทรีย์ทุกชนิดต้องมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

C. สารประกอบของคาร์บอน พันธะของคาร์บอนเป็นพันธะโคเวเลนต์และไอออนิก

D. สารประกอบของคาร์บอน การเกิดพันธะของคาร์บอนอาจเกิดพันธะเดี่ยว 1 พันธะ และเกิดพันธะสาม 1 พันธะก็ได้

1. B, D 2. B, A
3. B, C 4. D, A

กระดาษคำตอบแบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อ	ตัวเลือก			
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

เกณฑ์การประเมิน

ตอบถูก ให้ข้อละ 1 คะแนน
ตอบผิด ให้ข้อละ 0 คะแนน

แปรผลการประเมิน

ดีมาก ได้คะแนน 9-10 คะแนน
ดี ได้คะแนน 7-8 คะแนน
พอใช้ ได้คะแนน 5-6 คะแนน
ปรับปรุง ได้คะแนน 0-4 คะแนน

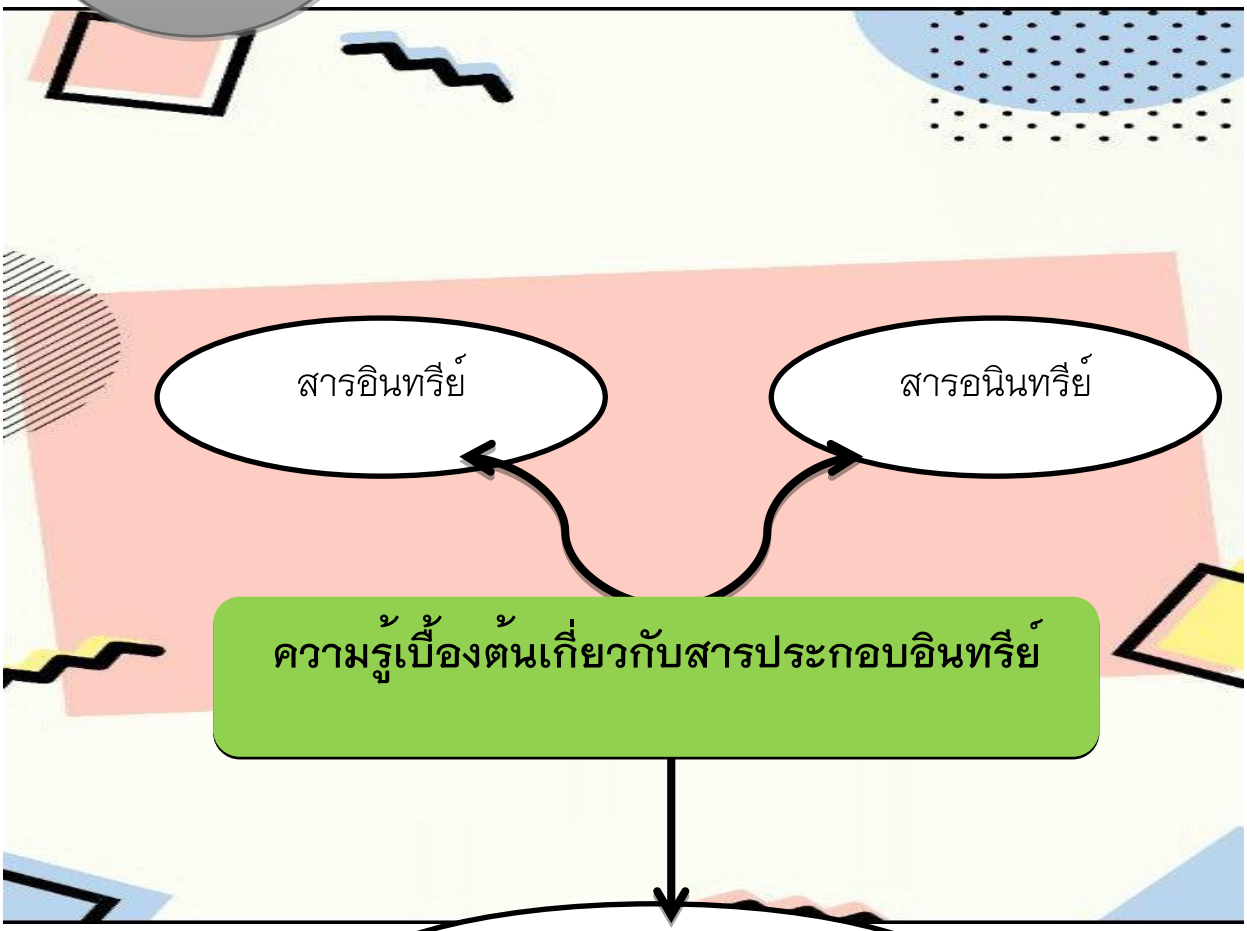
ได้คะแนน 7-10 ถือว่าผ่านเกณฑ์
ได้คะแนน 0-6 ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์

สรุปการประเมินผล

รวมคะแนน.....คะแนน

☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์



ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย

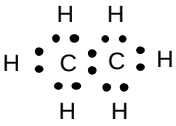
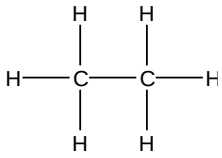
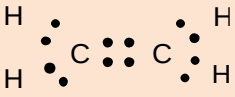
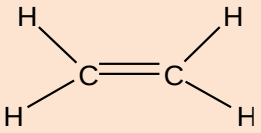
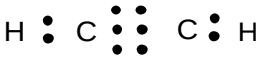
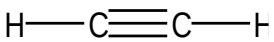
สารอินทรีย์ หมายถึงสารประกอบที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ทั้งที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและจากการสังเคราะห์ ยกเว้นสารต่อไปนี้ ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์

1. สารที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเพียงชนิดเดียว เช่น เพชร แกรไฟต์ ฟุลเลอรีน
2. ออกไซด์ของคาร์บอน เช่น CO_2
3. กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3)
4. เกลือคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไฮโดรเจนคาร์บอเนต (HCO_3^-) เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)
5. เกลือออกซาเลต เช่น โซเดียมออกซาเลต ($Na_2C_2O_4$)
6. เกลือไซยาไนด์ เช่น โพแทสเซียมไซยาไนด์ (KCN), โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)
7. เกลือไซยาเนต เช่น แอมโมเนียมไซยาเนต (NH_4OCN)
8. เกลือไทโอไซยาเนต เช่น โพแทสเซียมไทโอไซยาเนต (KSCN)
9. เกลือคาร์ไบด์ เช่น แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2)
10. สารประกอบอื่น ๆ ของคาร์บอน เช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS_2) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CS_2) คาร์บอนเตระคลอไรด์ (CCl_4) คาร์บอนิลคลอไรด์หรือฟอสจีน ($COCl_2$)

การเกิดพันธะของคาร์บอน

คาร์บอนเป็นธาตุหมู่ IVA มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 จึงสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมอื่นอีก 4 อิเล็กตรอน เกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ได้ 4 พันธะ และมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 ตามกฎออกเตต

ตัวอย่างการเกิดพันธะของคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์บางชนิด

ชื่อสาร	สูตรโมเลกุล	โครงสร้างลิวอิส	
		แบบจุด	**แบบเส้น**
อีเทน	C_2H_6		
อีทีน (เอทิลีน)	C_2H_4		
อีไทน์ (อะเซทิลีน)	C_2H_2		

สารอินทรีย์มีเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเหตุผล 3 ประการ ต่อไปนี้

1. คาร์บอนอะตอมสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้ทั้งพันธะเดี่ยว (Single bond) พันธะคู่ (Double bond) และพันธะสาม (Triple bond)

2. ธาตุคาร์บอนสามารถสร้างพันธะกับธาตุอื่น ๆ ได้จำนวนมาก เช่น สร้างพันธะกับ H , O, N, S, halogen เป็นต้น

3. การเกิดปรากฏการณ์ไอโซเมอริซึม ซึ่งหมายถึงการที่สารมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่สูตรโครงสร้างต่างกัน

ใบงานที่ 1.1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

คำชี้แจง : ทำกิจกรรมและตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. ให้นักเรียนเลือกสูตรของสารเคมีจากในกระดานที่เพื่อนได้เขียนไว้เลือกมา 6 สาร แล้วให้พิจารณาว่าสารใดเป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยใช้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

สารเคมี	สารอินทรีย์	สารอนินทรีย์
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

2. จากข้อที่ 1 สารที่เป็นสารอินทรีย์ใด เพราะเหตุใดถึงจัดเป็นสารอินทรีย์

.....

.....

.....

.....

.

3. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ของสารอินทรีย์มีกี่ชนิด อะไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงมีสารอินทรีย์ได้จำนวนมาก

.....

.....

4. ให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างของสารอินทรีย์จากข้อ 2

5. นักเรียนต่อโมเดลตามแบบโครงสร้างที่นักเรียนเขียนไว้ในข้อ 3 พร้อมกับถ่ายภาพมาติดลงในกรอบข้างล่าง

ให้นักเรียนเขียนปัญหาที่พบในการทำงานและร่วมกันแก้ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคในการต่อโมเดล

.....

.....

วิธีแก้ปัญหา

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

แบบทดสอบความรู้หลังเรียน

ชี้แจง : 1. แบบทดสอบความรู้เป็นแบบเลือกตอบจำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบความรู้ 10 นาที

2. เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อความใดไม่ถูกต้อง

1. สารที่เป็นอัญรูปของคาร์บอนจัดเป็นสารอนินทรีย์
2. สารอินทรีย์สามารถสังเคราะห์ได้จากสารอนินทรีย์
3. สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบต้องมาจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น
4. สารประกอบทั้งหมดที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเป็นได้สารอินทรีย์และอนินทรีย์

2. ข้อใดเป็นความหมายของคำว่า “สารอินทรีย์”

1. สารที่มีธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น
2. สารประกอบของคาร์บอนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น
3. สารประกอบของคาร์บอนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและจากการสังเคราะห์
4. สารที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น

3. สารในข้อใดเป็นสารอินทรีย์ทุกชนิด

1. CH_3COOH, K_2CO_3 และ CH_4
2. CCl_4, CH_3OH และ CH_3F
3. CH_3CHO, $C_6H_{12}O_6$ และ CO_2
4. $C_{12}H_{22}O_{11}$, C_6H_6 และ NH_2CONH_2

4. สารอนินทรีย์ประกอบด้วยธาตุหลักชนิดใดบ้าง

1. S, O, Cl, Na, Mg, Al และ C
2. F, Be, Rb และ Pb
3. H, Li, K และ Mn
4. Cs, Fr, Rh และ Se

5. สารอินทรีย์ทุกชนิดจะต้องมีธาตุใดอยู่ด้วยเสมอ

1. ธาตุซิลิกอน
2. ธาตุไฮโดรคาร์บอน
3. ธาตุคาร์บอน
4. ธาตุไนโตรเจน

6. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

1. คาร์บอนเป็นธาตุหมู่ที่ 4 จึงมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4
2. นอกจากธาตุไฮโดรเจนแล้วคาร์บอนไม่สามารถสร้างพันธะกับธาตุอื่นได้อีกเลย
3. อะตอมของคาร์บอนสามารถสร้างพันธะต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสาม
4. การสร้างพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะโคเวเลนต์

7. ส่วนประกอบของสารอินทรีย์ชนิดใดเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

1. เชื้อเพลิงธรรมชาติ
2. พืช
3. สัตว์
4. แร่ธาตุต่าง ๆ

8. ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องที่สุด

A. สารประกอบของคาร์บอนทุกชนิดเป็นสารอินทรีย์

B. สารอินทรีย์ทุกชนิดต้องมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

C. สารประกอบของคาร์บอน พันธะของคาร์บอนเป็นพันธะโคเวเลนต์และไอออนิก

D. สารประกอบของคาร์บอน การเกิดพันธะของคาร์บอนอาจเกิดพันธะเดี่ยว 1 พันธะ และเกิดพันธะสาม 1 พันธะก็ได้

1. B, C
2. D, A
3. B, D
4. B, A

9. สารประกอบในข้อใดมีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมกับคาร์บอนอะตอมแข็งแรงที่สุด

1. C_3H_6
2. C_3H_4
3. C_3H_8
4. C_3H_7Cl

10. ข้อใด<u>ไม่ใช่</u>เหตุผลที่ทำให้ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบได้มาก

1. ธาตุคาร์บอนไม่สามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะสาม
2. ธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะคู่
3. ธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะเดี่ยว
4. ธาตุคาร์บอนสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมของธาตุอื่น ๆ อีก 4 อิเล็กตรอน

กระดาษคำตอบแบบทดสอบความรู้หลังเรียน

ชื่อ–สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อ	ตัวเลือก			
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

เกณฑ์การประเมิน

ตอบถูก ให้ข้อละ 1 คะแนน
ตอบผิด ให้ข้อละ 0 คะแนน

แปรผลการประเมิน

ดีมาก ได้คะแนน 9–10 คะแนน
ดี ได้คะแนน 7–8 คะแนน
พอใช้ ได้คะแนน 5–6 คะแนน
ปรับปรุง ได้คะแนน 0–4 คะแนน

ได้คะแนน 7–10 ถือว่าผ่านเกณฑ์
ได้คะแนน 0–6 ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์

สรุปการประเมินผล

รวมคะแนน.....คะแนน

☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

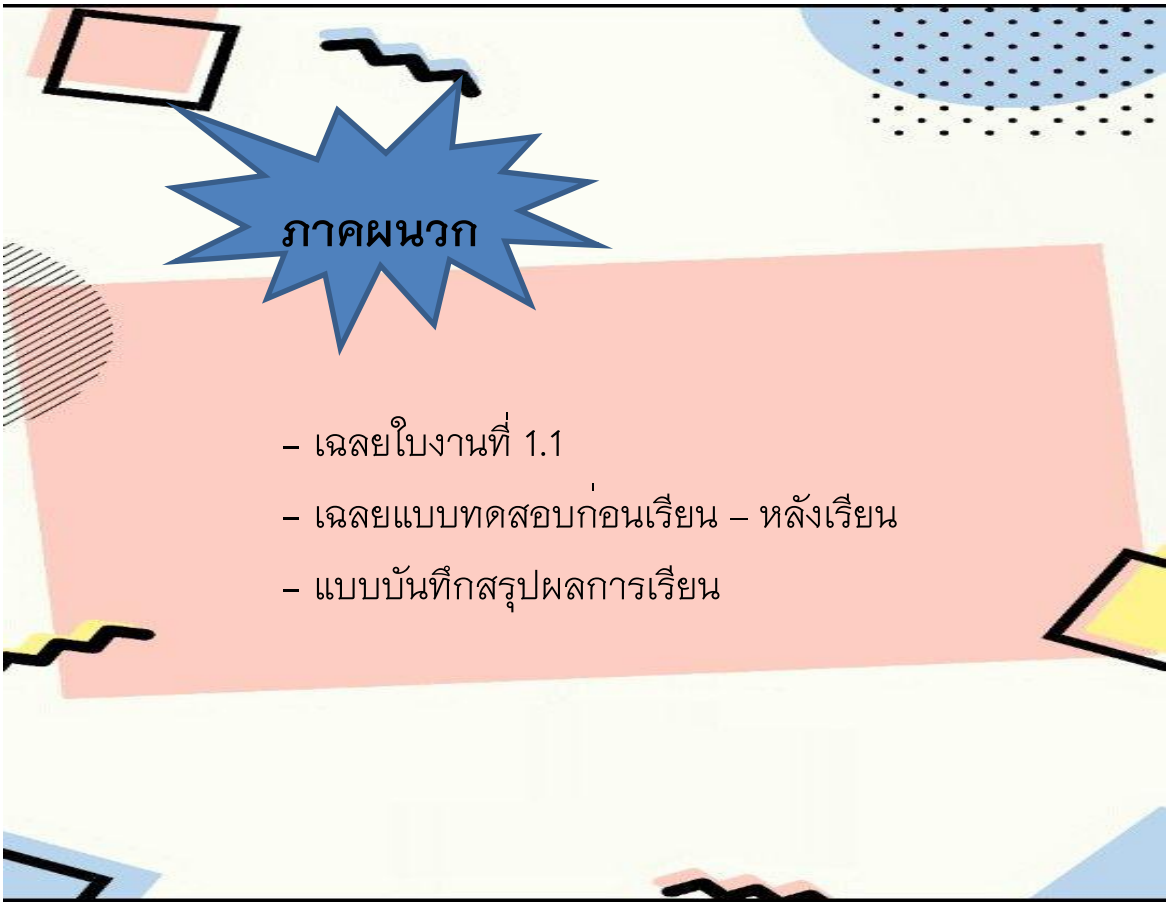
บรรณานุกรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4–6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2559.

นายพงศธร นันทธเนศ และคณะ. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2561.

https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/65513/–sciche–sci สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2560.

https://www.scimath.org/lesson–chemistry/item สืบค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม 2560.


ภาคผนวก
– เฉลยใบงานที่ 1.1
– เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน
– แบบบันทึกสรุปผลการเรียน

เฉลยแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

แบบทดสอบก่อนเรียน		แบบทดสอบหลังเรียน	
ข้อ	เฉลยคำตอบ	ข้อ	เฉลยคำตอบ
1	2	1	3
2	3	2	3
3	4	3	4
4	3	4	1
5	1	5	3
6	4	6	2
7	1	7	2
8	3	8	2
9	2	9	2
10	4	10	1

เฉลยใบงานที่ 1.1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

คำชี้แจง : ทำกิจกรรมและตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. ให้นักเรียนเลือกสูตรของสารเคมีจากในกระดานที่เพื่อนได้เขียนไว้เลือกมา 6 สาร แล้วให้พิจารณาว่าสารใดเป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยใช้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง

สารเคมี	สารอินทรีย์	สารอนินทรีย์
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน

2. จากข้อที่ 1 สารที่เป็นสารอินทรีย์ใด เพราะเหตุใดถึงจัดเป็นสารอินทรีย์

.....

.....

ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน

.....

3. การเกิดพันธะโคเวเลนต์ของสารอินทรีย์มีกี่ชนิด อะไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงมีสารอินทรีย์ได้จำนวนมาก

.....

ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนเขียนสูตรโครงสร้างของสารอินทรีย์จากข้อ 2

5. นักเรียนต่อโมเดลตามแบบโครงสร้างที่นักเรียนเขียนไว้ในข้อ 3 พร้อมกับถ่ายภาพมาติดลงในกรอบข้างล่าง

ปัญหาและอุปสรรคในการต่อโมเดล

.....

.....

วิธีแก้ปัญหา ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.

แบบบันทึกสรุปผลการเรียน
ชุดที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

นักเรียนได้คะแนนรวม ร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่า “ผ่านเกณฑ์” นะครับ

รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์/ไม่ผ่านเกณฑ์)
ใบงานที่ 1.1	10		
แบบทดสอบก่อนเรียน	10		
แบบทดสอบหลังเรียน	10		

เก่งๆ ทั้งนั้นเลยลูกศิษย์ของครู “เยี่ยมจริง ๆ”

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง : 1. แบบทดสอบเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก มีข้อทดสอบทั้งหมด 40 ข้อ

2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ลงในช่อง □ ที่ตรงกับข้อที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

ทักษะการสังเกต

1. การสังเกตในข้อใดใช้ประสาทสัมผัสที่หลากหลายมากที่สุด

1. แอลกอฮอล์เป็นของเหลวใส
2. น้ำมันพืชเป็นของเหลวสีเหลือง ไม่ละลายน้ำ
3. น้ำตาลซูโครส เป็นผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ เป็นเกล็ด
4. แอมโมเนีย เป็นสารละลายใสไม่มีสี มีกลิ่นฉุน

2. ข้อใดไม่ใช่ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

1. ท้องฟ้ามืดครึ้มและลมแรง ฝนน่าจะตก
2. น้ำผสมน้ำมันพืชเมื่อทิ้งไว้สักครู่จะแบ่งเป็น 2 ชั้น
3. หยดสารละลายไอโอดีนลงในน้ำแป้งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน
4. น้ำตาลกลูโคสละลายน้ำได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส

ทักษะการวัด

3. เมื่อนำบีกเกอร์ไปวางบนเครื่องชั่งดิจิตอล แล้วกดปุ่ม Tare เพื่อปรับมวลบีกเกอร์ จากนั้นเติม NaCl ลงไปเครื่องมือชนิดนี้บอกให้รู้อะไร

1. มวลของ NaCl
2. ปริมาตรของ NaCl
3. มวลของบีกเกอร์
4. มวลของ NaCl และบีกเกอร์

4. ถ้าผู้เรียนต้องการกรดแอซีติก 50 ml ผู้เรียนจะใช้เครื่องมือชนิดใดวัดจึงจะเหมาะสมและแม่นยำที่สุด

1. บีกเกอร์
2. กระบอกตวง
3. บิเปต
4. บิวเรต

ทักษะการจำแนกประเภท

5. จากสูตรของสารอินทรีย์ต่อไปนี้ C_6H_{14} C_3H_8O CH_3NH_2 $CHONH_2$ ถ้าต้องการจัดกลุ่มสารอินทรีย์ต่อไปนี้ต้องใช้อะไรเป็นเกณฑ์การแบ่งกลุ่ม

1. จำนวนอะตอมของธาตุ
2. องค์ประกอบของธาตุ
3. สถานะ
4. ความเป็นกรด–เบส

6. นางสาวไก่แบ่งสารอินทรีย์ได้ 2 กลุ่มดังนี้

กลุ่ม A CH_4 C_2H_6 C_2H_4 กลุ่ม B CH_3OH C_2H_6O CH_3CHO

นางสาวไก่ใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม

1. การละลายน้ำ
2. จุดเดือดจุดหลอมเหลว
3. หมู่ฟังก์ชัน
4. การอิ่มตัวไม่อิ่มตัวของสาร

7. นายจำนงแบ่งประเภทของสารอินทรีย์โดยใช้หลักการอิ่มตัวของสารที่ถูกต้องคือข้อใด

1. C_2H_4 C_3H_8 C_7H_{14}
2. C_3H_8 C_5H_{10} CH_4
3. C_7H_{14} C_5H_{12} C_2H_4
4. C_5H_{12} C_2H_2 C_3H_4

8. สารอินทรีย์ประเภทใดจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันทั้งหมด

1. แอลเคน คีโตน อีเทอร์
2. เอมีน เอไมด์ เอสเทอร์
3. แอลดีไฮด์ เอสเทอร์ ฟีนอล
4. แอลเคน แอลคีน เอมีน

ทักษะการคำนวณ

9. ข้อใดคือสูตรโมเลกุลของแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากับ 10

1. $C_{10}H_{20}$
2. $C_{10}H_{21}$
3. $C_{10}H_{18}$
4. $C_{10}H_{22}$

10. ข้อใดคือสูตรโมเลกุลของไซโคลแอลเคนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากับ 8

1. C_8H_{18}
2. C_8H_{17}
3. C_8H_{16}
4. C_8H_{14}

11. สารอินทรีย์ประเภทหนึ่งมีสูตรโมเลกุลคือ $C_{20}H_{38}$ ข้อใดคือสูตรทั่วไปของสารนี้ และสารนี้เป็นสารประเภทใด

    1. C_nH_{2n} ประเภทแอลเคน
    2. C_nH_{2n} ประเภทแอลไคน์
    3. C_nH_{2n-2} ประเภทแอลเคน
    4. C_nH_{2n-2} ประเภทแอลไคน์

12. ข้อใดคือสูตรโมเลกุลของแอลคีนที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเท่ากับ 9

    1. C_9H_{18}
    2. C_9H_{20}
    3. C_9H_{21}
    4. C_9H_{22}

ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล

13. การ์ตูนบันทึกผลการทดลองเรื่องสมบัติบางประการของแอลเคนรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดคือรูปแบบใด

    1. กราฟ
    2. ตาราง
    3. แผนภูมิแท่ง
    4. แผนภูมิวงกลม

14. ข้อมูลใดควรนำเสนอในรูปแบบกราฟ

    1. ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดและจำนวนอะตอมคาร์บอนในสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
    2. การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติบางประการของแอลคีน
    3. การศึกษาเกี่ยวกับการทำปฏิกิริยาเคมีของแอลคีนกับธาตุแฮโลเจน
    4. การเปรียบเทียบการละลายน้ำของแอลเคนและแอลกอฮอล์

15. จากการทำกิจกรรมการทดลองเรื่องสมบัติบางประการของแอลคีน กระบวนการทดลองควรนำไปสรุปลงในส่วนใด

    1. ส่วนที่ 1 กำหนดปัญหา
    2. ส่วนที่ 2 หลักการทฤษฎี
    3. ส่วนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้
    4. ส่วนที่ 4 ผลการเรียนรู้

16. จากผลการทำกิจกรรมการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ กระบวนการตั้งสมมติฐานกระบวนการออกแบบการทดลองควรนำไปสรุปลงในส่วนใด
    1. ส่วนที่ 1 กำหนดปัญหา และส่วนที่ 4 ผลการเรียนรู้
    2. ส่วนที่ 2 หลักการทฤษฎี และส่วนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้
    3. ส่วนที่ 3 กระบวนการเรียนรู้เรียนรู้
    4. ส่วนที่ 4 ผลการ

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

17. เมื่อนำกรดแอซีติกกับเอทานอลมาผสมกัน แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มจะให้กลิ่นลักษณะเหมือนกับน้ำยาล้างเล็บ เป็นของเหลวใสข้อความส่วนใดเป็นการลงความคิดเห็น
    1. ของเหลวใส
    2. น้ำยาล้างเล็บ
    3. กลิ่นเหมือนกับน้ำยาล้างเล็บ
    4. สารละลายมีลักษณะเป็นของเหลวใส
18. นักเรียนเดินเข้าไปในห้องปฏิบัติการเคมี พบมีการจัดโต๊ะเป็นระเบียบ มีอุปกรณ์และสารเคมีอยู่บนโต๊ะ เขาสรุปว่าวันนี้จะมีการทำการทดลอง ข้อมูลใดสนับสนุนการลงความเห็นนี้
    1. ห้องสะอาด
    2. มีอุปกรณ์และสารเคมี
    3. การจัดโต๊ะเป็นระเบียบ
    4. มีขั้นตอนการทดลองในกระดาน

19. ข้อใดเป็นการลงความคิดเห็นที่แตกต่างจากข้ออื่น
    1. แอลเคนมีจำนวนอะตอม C มากจะมีจุดเดือดสูง
    2. แอลคีนที่มีจำนวนอะตอม C น้อย จะมีจุดเดือดต่ำ
    3. แอลคีนเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจึงละลายน้ำได้
    4. แอลกอฮอล์เป็นโมเลกุลที่มีขั้วจึงละลายน้ำได้

20. ทักษิณเติมสารสองชนิดลงในหลอดทดลองแล้วนำไปต้มในน้ำเดือดพล่าน เป็นเวลา 15 นาที ปรากฏว่า หลอดทดลองแตก ข้อมูลใดที่สนับสนุนการลงความคิดเห็นของทักษิณ

1. หลอดทดลองบาง
2. น้ำเป็นตัวพาความร้อนได้ดี
3. หลอดทดลองขายตัวไม่ทัน
4. สารที่ต้มเป็นกรดอ่อน

ทักษะการพยากรณ์

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 21 – 22
จากการศึกษาการเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนตามตารางข้างล่างนี้

อะตอม C	อะตอม H
6	14
8	18
10	22
12	26
14	30
16	34

21. ถ้าสารมีคาร์บอน 7 อะตอม จะมีอะตอมไฮโดรเจนเท่าใด

1. 13 อะตอม
2. 16 อะตอม
3. 19 อะตอม
4. 22 อะตอม

22. จากตารางถ้ามีอะตอมไฮโดรเจน 38 อะตอม สารที่เกิดขึ้นนี้จะมีอะตอมคาร์บอนเท่าใด

1. 17 อะตอม
2. 18 อะตอม
3. 19 อะตอม
4. 20 อะตอม

23. เมื่อนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทแอลคีนมาทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนจะเกิดอะไรขึ้น

1. โบรมีนไปแทนที่ไฮโดรเจน 2 อะตอม
2. ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ช้า
3. เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่มีเขม่า
4. โบรมีนไปจับกับพันธะเดี่ยวที่สลายจากพันธะคู่

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

24. ถ้านายวุฒิ ต้องการทดสอบการเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทแอลเคน นายวุฒิจะตั้งสมมติฐานอย่างไร

1. แอลเคนที่มีจำนวนอะตอม C น้อยจะเผาไหม้ได้ดีกว่าแอลเคนที่มีจำนวนอะตอม C มาก
2. แอลเคนที่มีจำนวนอะตอม H น้อยจะเผาไหม้ได้ดีกว่าแอลเคนที่มีจำนวนอะตอม H มาก
3. แอลเคนแต่ละชนิดมีการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน
4. ออกซิเจนมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้

25. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่างชนิดกันเมื่อทดสอบด้วยการเผาไหม้ พบว่า มีปริมาณของเขม่าควันไม่เท่ากันนักเรียนจะตั้งสมมติฐานอย่างไร

1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่างชนิดกันจะให้ปริมาณเขม่าควันต่างกัน
2. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอนมากจะให้เขม่าควันมาก
3. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีการใช้ออกซิเจนมากจะเผาไหม้ได้ดีไม่มีเขม่า
4. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีการใช้ออกซิเจนน้อยจะเผาไหม้ให้เขม่าควันมาก

26. ถ้าผู้เรียนต้องการทดสอบจุดเดือดของสารอินทรีย์ประเภทเอมีนนักเรียนจะตั้งสมมติฐานอย่างไร

1. เอมีนต่างชนิดกันจะมีจุดเดือดต่างกัน
2. เอมีนที่มีอะตอม H มาก จะมีจุดเดือดมาก
3. เอมีนที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่ามีจุดเดือดเท่ากัน
4. เอมีนที่มีอะตอม H น้อย จะมีจุดเดือดน้อย

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

27. ผู้เรียนจะให้นิยาม “สารอินทรีย์”ว่าอย่างไร

1. อาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่ม
2. สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากสิ่งมีชีวิต
3. สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต
4. สารที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เกิดจากสิ่งมีชีวิตหรือสังเคราะห์ก็ได้

28. ข้อใดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

1. เป็นสารที่มีธาตุ C เป็นองค์ประกอบ
2. เป็นสารที่มีธาตุ H เป็นองค์ประกอบ
3. เป็นสารที่มีธาตุ C และ H เป็นองค์ประกอบเท่านั้น
4. เป็นสารที่มีธาตุ C และ H เป็นองค์ประกอบเป็นสารประเภทอิ่มตัว

29. ผู้เรียนจะนิยาม “คีโตน” ว่าอย่างไร

1. เป็นตัวทำละลายพลาสติกและน้ำยาเคลือบเงา
2. เป็นสารที่มีหมู่คาร์บอนิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน
3. เป็นสารที่มีหมูคาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน
4. เป็นไอโซเมอร์กันกับแอลดีไฮด์

30. ข้อใดมีความหมายตรงกับ “เอสเทอริฟิเคชัน”

1. การทำปฏิกิริยาระหว่างกรดแอซีติกกับเพนทานอล
2. การทำปฏิกิริยาระหว่างกรดแอซีติกกับโพรพาโนน
3. การทำปฏิกิริยาระหว่างกรดบิวทาโนอิกกับเพนเทน
4. การทำปฏิกิริยาระหว่างกรดบิวทาโนอิกกับเมทานามีน

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 31–34

“ปัญหาการทดลองคือ ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะในโมเลกุลต่างกันจะมีผลต่อการเผาไหม้หรือไม่”

31. ตัวแปรต้นคือข้อใด

1. การเผาไหม้ที่เกิดขึ้น
2. ปริมาณออกซิเจน
3. จำนวนหยดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
4. ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

32. ตัวแปรตามคือข้อใด

1. การเผาไหม้ที่เกิดขึ้น
2. ปริมาณออกซิเจน
3. จำนวนหยดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
4. ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

33. ตัวแปรควบคุมข้อใดไม่ถูกต้อง

1. ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
2. ปริมาณออกซิเจน
3. จำนวนหยดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
4. ใช้ภาชนะชนิดเดียวกัน

34. ในการทดลองทำไมต้องมีการควบคุมตัวแปร

1. เพื่อความสะดวก
2. เพื่อความถูกต้อง
3. เพื่อความประหยัด
4. เพื่อความปลอดภัย

ทักษะการทดลอง

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 35–37

“การทดลองเรื่อง สมบัติการเผาไหม้ของสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน”

35. ขั้นตอนใดในการทดลองควรดำเนินการในลำดับแรก

1. สรุปผลการทดลอง
2. ทดลองเป็นเวลา 30 นาที
3. เตรียมสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 3 ชนิด
4. นำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมาเผา

36. จากการทดลองดังกล่าวสามารถนำมาบันทึกลงในตารางบันทึกผลการทดลองดังนี้

ชนิดสาร	D
1. ชนิด A	ติดไฟให้เปลวไฟสว่างไม่มีควัน
2. ชนิด B	ติดไฟให้เปลวไฟสว่างและมีเขม่า
3. ชนิด C	ติดไฟให้เปลวไฟสว่างที่มีควันและเขม่ามาก

จากตาราง D คืออะไร

1. สีเปลวไฟที่ได้
2. ผลการทดลอง
3. วิธีการตรวจสอบ
4. ความสามารถในการเกิดเปลวไฟ

37. จากตารางสารในข้อใดคือสารประเภทแอลคีน

1. ชนิด A
2. ชนิด B
3. ชนิด C
4. ชนิด B และ C

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 38–40

ชนิดสาร	ผลการทดลอง	
	การเผาไหม้	การทำปฏิกิริยากับ $KMnO_4$
1. ชนิด A	ติดไฟให้เปลวไฟสว่าง ไม่มีควัน	ไม่เปลี่ยนสี
2. ชนิด B	ติดไฟให้เปลวไฟสว่าง และมีเขม่า	เปลี่ยนจากสีม่วงเป็นไม่มีสี
3. ชนิด C	ติดไฟให้เปลวไฟสว่าง ที่มีควันและเขม่ามาก	ไม่เปลี่ยนสี

38. จากตารางผลการทดลองสารชนิดใดที่เป็นสารประเภทแอลเคน

1. ชนิด A
2. ชนิด B
3. ชนิด C
4. ชนิด B และ C

39. จากตารางสาร A น่าจะเป็นสารตามข้อใด

1. เฮกเซน
2. เฮกซีน
3. เบนซีน
4. อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

40. จากตารางถ้านางสาวต้อยจะเลือกสารไปทำการทดลองที่ไม่เป็นภาวะมลพิษทางอากาศ นางสาวต้อยควรเลือกสารชนิดใด

1. ชนิด A
2. ชนิด B
3. ชนิด C
4. ชนิด B และ C

แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 48 ข้อ ใช้เวลา 50 นาที

2. แบบทดสอบทั้งหมดเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

3. ให้นักเรียนอ่านข้อความ หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกที่สุด

4. วิธีการตอบแบบทดสอบฉบับนี้ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย × ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

ตัวอย่าง

00. แม้ว่ารัฐบาลจะประกาศ “ปิดป่า” มาหลายปีแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีผู้ลักลอบตัดต้นไม้ทำลายป่าและถูกทางการจับกุมได้อยู่เสมอมา หากสถานการณ์ยังคงเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ผลที่ติดตามมาคือเรื่องใด

1. ป่าไม้จะหมดไปจากเมืองไทย
2. ประชาชนขาดความเป็นอยู่ที่ดี
3. รายได้จากการท่องเที่ยวลดลง
4. เมืองไทยจะกลายเป็นทะเลทราย

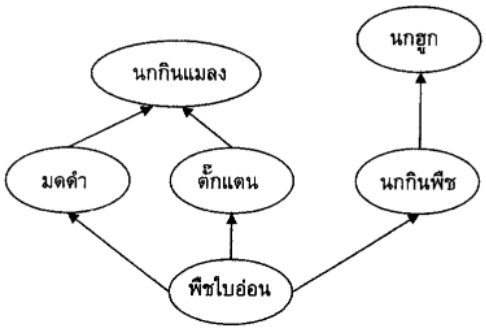
จากตัวอย่างถ้านักเรียนเห็นว่าข้อ 1. ถูกต้อง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
00	×			

ถ้าต้องการเปลี่ยนคำ ตอบจากข้อ 1. เป็น ข้อ 4” ให้ทำ ดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
00	~~×~~			×

1.จากวงจรห่วงโซ่อาหาร ถ้านกกินแมลงถูกกำจัดออกไป จะเกิดปัญหาใดตามมา



1. นกฮูกจะมีอาหารมากขึ้น
2. มดดำ ตั๊กแตน และนกกินพืชจะทำร้ายกัน
3. นกฮูกจะปรับตัวในการเพิ่มจำนวนประชากร
4. จำนวนพืชใบอ่อนจะถูกทำลายมากกว่าปกติ

2. เนื่องจากประชาชนนิยมซื้อรถยนต์กันมาก ทำให้ต้องมีการปรับปรุงโครงสร้างถนน โดยการตัดถนนเพิ่มปรับขยายถนนทั่วประเทศ สร้างทางคู่ขนาน สร้างทางเลี่ยงเมือง และสร้างทางด่วน การกระทำดังกล่าวรัฐมีจุดประสงค์เพื่ออะไร
    1. ลดอุบัติเหตุบนท้องถนน
    2. ส่งเสริมระบบเศรษฐกิจโดยอาศัยระบบการขนส่ง
    3. ทำให้เกิดการคล่องตัวในการจราจร
    4. ถ่ายเทควันพิษจากรถยนต์ออกนอกตัวเมือง

3. นักเรียน นักศึกษาในยุคโลกาภิวัตน์ ควรมีความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์ จากข้อความที่กำหนด นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย อย่างไร
    1. ไม่เห็นด้วย เพราะคอมพิวเตอร์ จำเป็นเฉพาะสังคมในเมืองเท่านั้น
    2. ไม่เห็นด้วยเพราะ เพราะอาจเสียการเรียนจากการติดเกมและอินเตอร์เน็ต
    3. เห็นด้วย เพราะทำให้ประเทศมีประชากรที่มีคุณภาพ
    4. เห็นด้วย เพราะคอมพิวเตอร์มีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก

4. ผู้ป่วยเป็นโรคตับแข็ง มีสาเหตุมาจากการเสพสุราเป็นประจำ นายสำอางดื่มสุราเป็นประจำมาหลายสิบปีและปัจจุบันยังดื่มอยู่ จากข้อความที่กำหนดให้ สรุปได้ว่าอย่างไร

    1. นายสำอางควรหยุดดื่มสุรา
    2. นายสำอางจะตายด้วยโรคตับแข็ง
    3. นายสำอางมีโอกาสเป็นโรคตับแข็ง
    4. นายสำอางมีสุขภาพที่ทรุดโทรม

5. ทุกครั้งที่ถึงช่วงเทศกาล “ลอยกระทง” จะมีการห้ามจำหน่ายพลุและดอกไม้ไฟอะไรเป็น สาเหตุที่ต้องมีการสั่งห้ามมิให้จำหน่ายวัตถุดังกล่าว

    1. ป้องกันการเกิดมลภาวะทางเสียง
    2. ป้องกันอันตรายให้กับนักท่องเที่ยว
    3. ป้องกันไฟไหม้ในช่วงเทศกาลลอยกระทง
    4. ป้องกันอันตรายต่อทรัพย์สินและชีวิตผู้คน

จงใช้ข้อความต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 6

การเต้นแอโรบิกภายใต้โครงการ TO BE NUMBER ONE TEEN AEROBICS ที่หน่วยงานทั้งภาครัฐ และเอกชนเป็นผู้ดำเนินการให้ความสะดวกในด้านสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ และการจัดหาผู้นำการเต้น ให้กับประชาชนผู้สนใจได้ออกกำลังกายเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง มีประชาชนเข้าร่วมกิจกรรมอย่างมากมาย

6. ข้อใดไม่ใช่เงื่อนไขที่ทำให้โครงการ TO BE NUMBER ONE TEEN AEROBICS ประสบความสำเร็จ

    1. ความพร้อมของอุปกรณ์
    2. การประชาสัมพันธ์
    3. มีดาราหรือนักร้องเป็นผู้นำออกกำลังกาย
    4. มีสถานที่พร้อมสำหรับการดำเนินโครงการ

จากข้อความต่อไปนี้ จงตอบคำถามข้อ 7–9

ข่าวหน้า 1 ของหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งพาดหัวข่าวว่า เกษตรกรแห่ขายที่ดิน ส.ป.ก. ให้นายทุน โครงการพระราชดำริยังไม่เว้น

7. การที่รัฐบาลได้จัดสรรที่ดินเพื่อแจกเป็นที่ดิน ส.ป.ก. ให้แก่เกษตรกร เป็นเพราะรัฐบาลมีความมุ่งหวังอย่างไร

1. เพื่อให้เกษตรกรมีที่อยู่อาศัยสติใจ
2. เพื่อพัฒนาเกษตรกรไทยให้มีคุณภาพ
3. เพื่อให้เกษตรกรทำการเกษตรแบบพอเพียง
4. เพื่อให้เกษตรกรมีที่ดินทำมาหากิน

8. เงื่อนไขใดที่เกษตรกรจะได้ครอบครองที่ดิน ส.ป.ก.

1. ยากจนและไม่มีที่ดินทำกิน
2. ต้องการเป็นเกษตรกรแต่ขาดที่ดิน
3. ต้องการย้ายถิ่นทำมาหากิน
4. ต้องมีโครงการพัฒนาที่ดินเสนอต่อทางราชการ

9. เกษตรกรสมควรขายที่ดิน ส.ป.ก.ให้กับผู้อื่นหรือไม่ เพราะเหตุใด

1. สมควร เพราะเกษตรกรเป็นเจ้าของที่ดินกฎหมายกฎภพภูมิแล้ว
2. สมควร เพราะจะได้เงินเป็นทุนสำหรับประกอบอาชีพอื่น
3. ไม่สมควร เพราะจะได้ใช้สำหรับประกอบอาชีพเกษตรกรรม
4. ไม่สมควร เพราะที่ดิน ส.ป.ก.เป็นที่ดินของหลวง

10. นักเรียนเห็นด้วยกับนโยบายต่างประเทศที่รัฐบาลส่งทหารไทยไปอิรักหรือไม่ เพราะเหตุใด

1. เห็นด้วย เพราะเป็นข้อพึงปฏิบัติของสมาชิกสหประชาชาติ
2. เห็นด้วย เพราะเพื่อนมนุษยธรรมและสร้างสันติภาพให้โลก
3. ไม่เห็นด้วย เพราะประเทศไทยไม่เกี่ยวข้องกับสงครามอิรัก
4. ไม่เห็นด้วย เพราะเป็นตัวกระตุ้นสงครามที่อาจจะกลายเป็นสงครามโลก

11. หากรัฐบาลไม่ออกมาตรการควบคุมอาวุธปืนขึ้นมาใช้ประชาชนจะได้รับความเดือดร้อนจากอาวุธปืนหรือไม่อย่างไร

1. เดือดร้อนเพราะอาจจะมีผู้นำอาวุธปืนไปใช้ในทางที่ผิด
2. เดือดร้อนเพราะคนไทยมักตัดสินปัญหาด้วยความรุนแรง
3. ไม่เดือดร้อนเพราะคนไทยส่วนใหญ่ไม่มีเงินซื้ออาวุธปืน
4. ไม่เดือดร้อนเพราะสามารถใช้พื้นที่มีอยู่เพื่อป้องกันตนเองได้

12. เหตุใดรัฐบาลจึงคิดที่จะนำนโยบายควบคุมอาวุธปืนมาบังคับใช้

1.เพื่อแก้ปัญหาอาวุธปืนเถื่อน
2. เพื่อจัดระเบียบสังคม
3. เพื่อความสงบสุขของประชาชน
4. เพื่อปลดอาวุธของมือปืนรับจ้าง

13. ท่านเห็นด้วยกับนโยบายการควบคุมอาวุธปืนของรัฐบาลหรือไม่เพราะเหตุใด

1. เห็นด้วยเพราะการปราบปรามผู้กระทำความผิดจะง่ายขึ้น
2. เห็นด้วยเพราะทำให้มีความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินมากขึ้น
3. ไม่เห็นด้วยเพราะอาวุธปืนสามารถนำมาป้องกันตนเองและระงับเหตุร้ายได้
4. ไม่เห็นด้วยเพราะสังคมยังมีอันตรายรอบด้านจึงควรมีอาวุธปืนไว้ป้องกันตนเอง

14. ฮือฮา!! กล้วยประหลาดออกเครือกลางลำต้นมีทั้งหมด 7 หวีจำนวนทั้งหมด 71 ผลมีชาวบ้านที่ทราบข่าวมามุงดูจำนวนมากบางรายนำดอกไม้ธูปเทียนพร้อมพวงมาลัยหลากสีกราบไหว้ขอเลขเด็ด

ข้อความข้างต้นบ่งบอกความเป็นจริงในเรื่องใด

1. ชาวบ้านละโมบโลภมาก
2. ชาวบ้านหวังรวยทางลัด
3. ชาวบ้านนับถือเทพเจ้า
4. ชาวบ้านงมงายและไร้เหตุผล

15. จากการวิจัยของรัฐบาลเมื่อไม่นานมานี้พบว่าเด็กไทยมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้อยกว่าเด็กรุ่นก่อนและยิ่งโตขึ้นก็ยิ่งมีความสามารถทางสติปัญญาต่ำลงหากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพิกเฉยกับงานวิจัยชิ้นนี้อนาคตของประเทศชาติจะเป็นอย่างไร

    1. เศรษฐกิจจะตกต่ำ
    2. ประชาชนจะเดือดร้อน
    3. มีปัญหาในการพัฒนาประเทศ
    4. ประเทศจะถูกครอบงำโดยชาติตะวันตก

16. หาพุทธศาสนิกชนพี่เป็นผู้ดื่มสุราเป็นประจำร่วมใจการปฏิบัติกิจกรรม “งดเหล้าในช่วงเข้าพรรษา” จะก่อให้เกิดผลดีอย่างไร

    1. ชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้นอย่างทันตาเห็น
    2. สังคมจะสงบเรียบร้อยขึ้นอย่างน้อยก็ชั่วขณะหนึ่ง
    3. ประเทศชาติจะพัฒนามากยิ่งขึ้น
    4. จะทำให้ผู้คนหันมาเข้าวัดกันมากขึ้น

17. เนื่องจากปัญหาวิกฤตทางการเงินของประเทศทำให้รัฐบาลไม่สามารถบรรจุข้าราชการครูเพิ่มได้อีกปีนี้นายพิษณุจบการศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านการศึกษา จากข้อความมีเหตุผลที่จะสรุปได้อย่างไร

    1. ปีนี้นายพิษณุกลายเป็นคนว่างงาน
    2. ปีนี้นายพิษณุต้องเป็นครูสังกัดเอกชน
    3. ปีนี้นายพิษณุหางานอื่นทำไปก่อน
    4. ปีนี้นายพิษณุจะไม่ได้รับการบรรจุเป็นข้าราชการครู

จากข้อความที่กำหนดให้จงตอบคำถามข้อ 18–20

ปัจจุบันมีผู้ต้องขังทั่วประเทศ 260,000 คน ขณะที่อัตราเรือนจำรับได้แค่ประมาณแปดหมื่นคน เท่านั้นนอกจากนี้จะมีนักโทษเพิ่มขึ้นอีกเดือนละ 2,000 คน และ 63% เป็นนักโทษจากคดียาเสพติดทั้งซื้อทั้งขายทั้งเสพโดยเฉพาะยาบ้า

18. อนาคตเรือนจำจะเกิดปัญหาเร่งด่วนในด้านใด

1. ร้านที่พัก
2. การเพิ่มเจ้าหน้าที่ของเรือนจำ
3. ด้านการควบคุมดูแล
4. ด้านการฝึกวิชาชีพระหว่างต้องขัง

19. สาเหตุที่ทำให้เรือนจำมีจำนวนผู้ต้องขังในแต่ละเดือนเป็นจำนวนมากคือข้อใด

1. กฎหมายไทยมีโทษไม่รุนแรง
2. มีคนว่างงานอยู่เป็นจำนวนมาก
3. มีผู้กระทำผิดกฎหมายเป็นจำนวนมาก
4. นโยบายการประกาศสงครามกับยาเสพติด

20. ข้อใดขัดแย้งกับข้อมูลของสถานการณ์นี้

1. นักโทษส่วนใหญ่เป็นนักโทษจากคดียาเสพติด
2. ยาเสพติดที่สร้างปัญหาให้กับประเทศมากที่สุดคือยาบ้า
3. สภาพเรือนจำแต่ละแห่งมีนักโทษอาศัยอยู่กันอย่างแออัด
4. รักมีความจำเป็นต้องเร่งนิรโทษกรรมผู้ต้องขังครั้งละจำนวนมาก

21. คำกล่าวที่ว่า “เด็กสมัยใหม่ไม่สูบบุหรี่” ข้อใดเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้อความข้างต้นเป็นที่ยอมรับได้

1. บุหรี่เป็นอันตรายต่อสุขภาพต่อตนเองและคนรอบข้าง
2. เด็กไทยต้องมีสุขภาพที่แข็งแรง
3. บุหรี่ทำให้สมรรถภาพทางเพศลดลง
4. ผู้ปกครองไม่สนับสนุนให้สูบบุหรี่

22. มีคำกล่าวว่า “เห็ดหลินจือ สามารถรักษาโรคมะเร็งให้หายขาดได้อย่างแน่นอน” นักเรียนเชื่อคำกล่าวนี้หรือไม่

1. เชื่อเพราะอาจเป็นยารักษาโรคมะเร็งได้จริง
2. เชื่อเพราะมีคนบอกว่ารักษาหายมาหลายรายแล้ว
3. ไม่เชื่อเพราะยังไม่มีหลักฐานทางการแพทย์ยืนยัน
4. ไม่เชื่อเพราะยังมีคนตายด้วยโรคมะเร็งมาก

23. ระหว่างวันที่ 11–17 เมษายน 2546 ซึ่งเป็นช่วงเทศกาลสงกรานต์ประวัติผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจร 665 คน 1 ใน 4 เป็นเด็กวัยรุ่นอายุน้อยกว่า 15 ปี ซึ่งเป็นอุบัติเหตุเนื่องจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ทั้ง ๆ ที่ที่กฎหมายระบุไว้ว่าเด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี ยังไม่มีใบอนุญาตให้ขับขี่รถจักรยานยนต์ได้แต่ก็ยังมีคนเจ็บและตายถึง 1 ใน 4 ที่เป็นเด็กอายุน้อยกว่า 15 ปี จากข้อความนี้สะท้อนถึงปัญหาอะไรภายในประเทศ
    1. บทลงโทษทางกฎหมายที่อ่อนแอ
    2. การสูญเสียประชากรที่มีคุณภาพ
    3. การละเมิดกฎหมายของประชาชน
    4. การวางผังเมืองที่ไม่มีคุณภาพ

24. นักเรียนมีความจำเป็นที่ต้องเข้าโรงเรียนกวดวิชาหรือไม่เพราะเหตุใด
    1. จำเป็นเพราะเป็นการเพิ่มความมั่นใจให้กับตนเอง
    2. จำเป็นเพราะเป็นการสร้างความได้เปรียบคู่แข่งคนอื่น
    3. ไม่จำเป็นเพราะแต่ละวันก็เรียนมากเกินพออยู่แล้ว
    4. ไม่จำเป็นเพราะการเอาใจใส่ต่อการเรียนทั้งในและนอกเวลาเรียนก็เพียงพอ

25. การขายหวยบนดินของรัฐบาล “เลขท้าย 2 ตัวเลขท้าย 3 ตัว” ในภาพรวมนั้นส่งผลดีต่อประเทศชาติอย่างแท้จริง จากข้อความที่กำหนดนักเรียนเห็นด้วยหรือไม่เพราะอะไร
    1. เห็นด้วยเพราะจะมีรายได้พัฒนาประเทศ
    2. เห็นด้วยเพราะส่งเสริมอาชีพให้กับผู้แต่งงาน
    3. ไม่เห็นด้วยเพราะประชาชนไม่สนใจครอบครัว
    4. ไม่เห็นด้วยเพราะทำให้ประชาชนยากจนลงไปอีก

26. คำกล่าวที่ว่า “ชาวพุทธควรหยุดเหล้า” หมายความว่าอย่างไร
    1. เหล้าทำให้ขาดสติ
    2. เหล้าทำลายสุขภาพให้อ่อนแอ
    3. เหล้าทำลายความสงบสุขของสังคม
    4. เหล้าทำลายความสัมพันธ์อันดีต่อกัน

27. ข้อใดไม่ใช่เหตุผลสนับสนุนให้มีผู้นิยมใช้รถจักรยานยนต์ในปัจจุบัน

1. ประหยัด
2. ปลอดภัย
3. คล่องตัว
4. รวดเร็ว

28. คำขวัญการปราบปรามยาบ้ากล่าวว่า “คนเสพตายคนขายติดคุก” นายสมานเป็นทั้งผู้เสพและผู้ค้ายาเสพติดจากข้อความนี้สามารถสรุปได้ความว่าอย่างไร

1. นายสมานติดคุกจนตาย
2. นายสมานอาจถูกลงโทษสถานหนัก
3. นายสมานจะถูกจับตายหรือถูกจำคุกตลอดชีวิต
4. นายสมานเสียชีวิตหรือถูกจำคุกเพราะยาเสพติด

สถานการณ์ต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 29–31

เมื่อโลกเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม ดังนั้น พฤติกรรมของผู้บริโภคจึงเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทั้งด้านอาหารการกินและการใช้ชีวิตประจำวันขยะและของเสียจากบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม ก็เปลี่ยนแปลงไปด้วยน้ำเสียมีโลหะหนักสารเคมีปนเปื้อน ขยะที่เดิมเคยเป็นวัสดุธรรมชาติก็กลายเป็นขยะที่มีส่วนผสมของวัสดุสังเคราะห์ยากแก่การทำลาย

ในขณะที่กระแสทุนนิยมแพร่กระจายไปทั่วโลกขยะและของเสียที่มีพิษก็แพร่ตามไปด้วยจากเมืองใหญ่ ๆ ไปสู่ชนบท ป่าเขา แม่น้ำ ตลอดจนท้องทะเล

ปัญหาขยะและของเสียจึงกลายเป็นปัญหาสากลของทั้งประเทศเล็ก ๆ อย่างสิงคโปร์ ไต้หวัน ตลอดจนถึงประเทศใหญ่ ๆ อย่างจีน อินเดีย สหรัฐอเมริกา ไม่เว้นแม้แต่ประเทศไทย ก็เลยมาเผชิญหน้ากับปัญหานี้อย่างหนักหนาสาหัสเช่นกัน

หลายประเทศคิดว่าทำอย่างไรจึงจะทำลายขยะและของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เกิดผลกระทบต่อทุกประเทศ แต่กระนั้นยังไม่มีประเทศใดคิดหาแนวทางแก้ปัญหานี้ได้ มิหนำซ้ำปัญหาขยะและของเสียกลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกวัน ทั้งยังเป็นขยะชนิดใหม่ ๆ ที่เกิดจากวัสดุใหม่ ๆ ซึ่งยากแก่การทำลายมากขึ้นอีกด้วย

29. หากสภาพการนี้ไม่ได้รับการแก้ไขอย่างมีประสิทธิภาพ ในอนาคตจะเกิดผลกระทบกับด้านใดมากที่สุด

1. ด้านอาชีพ
2. ด้านสุขภาพ
3. ด้านสิ่งแวดล้อม
4. ด้านงบประมาณการกำจัดขยะ

30. การเกิดปัญหากับประเทศต่างๆทั้งประเทศใหญ่และประเทศเล็กเนื่องจากสาเหตุใดเป็นเบื้องต้น
    1. ความมักง่ายในการทิ้งขยะ
    2. ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี
    3. การขาดหน่วยงานรับผิดชอบ
    4. ความพร้อมด้านเศรษฐกิจ

31. ความสำคัญของบทความข้างต้นสอดคล้องกับข้อใดมากที่สุด
    1. ขยะและของเสียจากเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
    2. ความต้องการด้านเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ
    3. เทคนิคการใช้เทคโนโลยีที่ถูกวิธี
    4. วิธีการกำจัดขยะยุคใหม่

32. คนที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอร่างกายจะแข็งแรงเด็กหญิงสมส่วนป่วยกระเสาะกระแสะเป็นประจำสรุปได้ความว่าอย่างไร
    1. เด็กหญิงสมส่วนไม่ได้ออกกำลังกายอย่างเพียงพอ
    2. เด็กหญิงสมส่วนมีระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง
    3. ไม่ใส่ใจกับสุขภาพของตน
    4. ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะสรุป

33. ผู้ที่มีความรู้เป็นปราชญ์องคมนตรีเป็นผู้มีความรู้ดังนั้นสรุปได้ความว่าอย่างไร
    1. ปราชญ์เป็นองคมนตรี
    2. องคมนตรีเป็นปราชญ์
    3. องคมนตรีเป็นที่พึ่งของคนเขลา
    4. องคมนตรีเป็นผู้นำทางปัญญา

34. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการที่จะมีกฎหมายบังคับให้ต้องเปิดไฟหน้ารถทุกครั้งที่ขับขี่รถจักรยานยนต์ (ทั้งกลางวันและกลางคืน)

    1. เห็นด้วย เพราะทำให้ไม่เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน
    2. เห็นด้วย เพราะทำให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น
    3. ไม่เห็นด้วย เพราะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน
    4. ไม่เห็นด้วย เพราะสร้างความสับสนในเรื่องสัญญาณไฟ

35. “คนไทยชอบดูดวงผูกดวงชะตาดูลายมือดูฤกษ์ดูยามทำพิธีสะเดาะเคราะห์ต่ออายุขัย นิยมเครื่องรางของขลังแล้วทำบุญกันอย่างบ้าคลั่ง” จากข้อความดังกล่าวแสดงถึงลักษณะของคนไทยว่าเป็นคนอย่างไร

    1. ไร้การศึกษา
    2. หวาดกลัวสิ่งที่มองไม่เห็น
    3. รับมรดกความเชื่อจากคนรุ่นก่อน ๆ
    4. นิยมไสยศาสตร์และการทำนาย

36. แม้ว่าจำนวนที่สามารถรับนักศึกษาได้น้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้สมัครเข้ารับการคัดเลือกเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยของรัฐแต่นักเรียนจากทั่วประเทศก็สมัครเข้ารับการคัดเลือกเป็นจำนวนมาก อะไรเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้เกิดเหตุการณ์เช่นนี้

    1. ค่าใช้จ่ายในการศึกษาถูกกว่าเอกชน
    2. ความพร้อมของสถานศึกษามากกว่าเอกชน
    3. ชื่อเสียงของสถาบันการศึกษาเป็นที่ยอมรับ
    4. ความต้องการชัยชนะจากการแข่งขันในการทดสอบ

37. ผู้เป็นโรคเอดส์มักจะเสียชีวิตด้วยโรคแทรกซ้อนมากกว่าเสียชีวิตด้วยไวรัสเอดส์ โดยตรงยอดชายเป็นผู้ติดเชื้อเอดส์ จากข้อความสรุปได้อย่างไร

    1. ยอดชายจะเสียชีวิตด้วยโรคเอดส์
    2. ยอดชายอาจเสียชีวิตด้วยโรคแทรกซ้อน
    3. เชื้อโรคเอดส์ทำให้ร่างกายอ่อนแอ
    4. ยอดชายเสียชีวิตจากเชื้อไวรัส

จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 38–42

สมชาย สมบัติ สมพร และสมหวังเป็นนักเรียนในโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง ทุกคนต่างก็ทำชื่อเสียงให้กับโรงเรียน โดยเป็นนักกีฬาฟุตบอล ตัวแทนโอลิมปิกวิชาการ นักวอลเลย์บอล และนักดนตรีของโรงเรียน อยากทราบว่าแต่ละคนทำชื่อเสียงให้กับโรงเรียนอย่างไร ลองหาคำตอบจากข้อมูลที่มีอยู่

ข้อมูลที่ 1 : สมชายไม่ชอบเล่นกีฬา

ข้อมูลที่ 2 : สมบัติเป็นเพื่อนร่วมห้องกับนักวอลเลย์บอล

ข้อมูลที่ 3 : สมบัติไม่ชอบฟังเพลง

ข้อมูลที่ 4 : ตัวแทนโอลิมปิก นักฟุตบอลและสมหวังไม่รู้จักกัน

38. เราใช้เงื่อนไขในข้อใดต่อไปนี้เพื่อสรุปให้ได้ว่าใครทำชื่อเสียงในด้านใด

1. ทุกคนเรียนอยู่ในชั้นเดียวกัน
2. แต่ละคนมีร่างกายสมบูรณ์แข็งแรง
3. แต่ละคนต้องการทำชื่อเสียงให้โรงเรียน
4. แต่ละคนเป็นตัวแทนได้เพียงอย่างเดียว

39. ข้อความใดไม่เป็นความจริง

1. สมชายไม่ได้เป็นนักฟุตบอลและนักวอลเลย์บอล
2. สมบัติไม่ได้เป็นนักดนตรีของโรงเรียน
3. สมบัติกับสมหวังรู้จักกัน
4. นักวอลเลย์บอลอาจจะเป็นสมพรหรือสมหวัง

40. ข้อความใดมีโอกาสเป็นไปได้

1. สมบัติน่าจะเป็นนักดนตรี
2. สมหวังเป็นเพื่อนกับสมบัติ
3. สมชายเป็นนักฟุตบอล
4. สมชายอาจจะเป็นนักดนตรีหรือตัวแทนโอลิมปิกวิชาการ

41. ใครเป็นนักวอลเลย์บอล

1. สมชาย 2. สมบัติ 3. สมพร 4. สมหวัง

42. ใครเป็นนักดนตรีของโรงเรียน

1. สมชาย 2. สมหวัง 3. สมพร 4. สมบัติ

43. เมื่อสินค้าอะไรขายได้กำไรดี มักจะมีผู้ค้าจำนวนมากแห่ไปขายสินค้านั้น เพราะคิดว่าเมื่อคนอื่นขายได้ตนเองก็ย่อมขายได้ ด้วยสถานการณ์เช่นนี้อาจทำให้เกิดปัญหาใด

1. บางรายอาจประสบภาวะขาดทุน
2. การทะเลาะวิวาทระหว่างผู้ขาย
3. ผู้ซื้อลดความนิยมในสินค้า
4. ผู้ซื้อหันไปนิยมสินค้าตัวใหม่

44. แม้ว่าจะมีการออกกฎหมายและรณรงค์ตามโครงการ “เมาไม่ขับ” กันอย่างต่อเนื่องแต่อุบัติเหตุเนื่องจากการดื่มสุราแล้วขับขี่ยานพาหนะก็ยังเกิดขึ้นเป็นประจำเรื่องนี้แสดงให้เห็นว่าคนไทยมีลักษณะอย่างไร

1. เป็นคนหัวดื้ออวดเก่ง
2. ขาดความรับผิดชอบ
3. มั่นใจในตนเอง
4. ไม่ครบกฎหมาย

45. ถนนคู่ขนานมักสร้างช่องทางกลับรถไว้เป็นระยะ ๆ แต่บางคนไม่ยอมใช้มักจะขับรถย้อนศรชิดขอบถนนทำให้กีดขวางการจราจรและบางครั้งขอให้เกิดอุบัติเหตุทำให้เกิดความเสียหายต่อร่างกายและทรัพย์สินผู้ขับขี่รถดังกล่าวเป็นคนอย่างไร

1. เป็นคนที่ฝ่าฝืนกฎหมาย
2. เป็นคนชอบความเสี่ยงทาย
3. เป็นคนที่ไม่มีความรับผิดชอบ
4. เป็นคนที่เห็นแก่ตัว

46. คนไทยทั้งหมดเป็นคนเอเชียสิงห์ไม่เป็นคนเอเชียข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

1. สิ่งไม่ใช่คนไทย
2. สิงห์อาจเป็นคนอินเดีย
3. สิงห์เป็นคนแถบยุโรป
4. สิ่งอาศัยอยู่นอกประเทศไทย

47. สถานการณ์ดังภาพสอดคล้องกับปัญหาใดมากที่สุด

1. คอรัปชั่น
2. แบ่งชนชั้น
3. คุณธรรมจริยธรรม
4. แก่งแย่งชิงดีชิงเด่น

48. พืชตระกูลถั่วเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ลันเตาเป็นพืชตระกูลถั่ว การสรุปอย่างมีเหตุมีผลจะสรุปได้ว่าอย่างไร

1. ลันเตาคือถั่วชนิดหนึ่ง
2. ลันเตาเป็นพืชใบเลี้ยงคู่
3. ถั่วอื่น ๆ ก็เป็นพืชใบเลี้ยงคู่เช่นเดียวกับลันเตา
4. ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะสรุป

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 33 ข้อ ใช้เวลา 50 นาที

2. แบบทดสอบทั้งหมดเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

3. ให้นักเรียนอ่านข้อความ หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกที่สุด

4. วิธีการตอบแบบทดสอบฉบับนี้ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย × ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

.....

1. ข้อใดเป็นความหมายของคำว่า “สารอินทรีย์”

1. สารประกอบของคาร์บอนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น
2. สารประกอบของคาร์บอนที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและจากการสังเคราะห์
3. สารที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น
4. ถูกทุกข้อ

2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

1. คาร์บอนเป็นธาตุหมู่ที่ 4 จึงมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4
2. การสร้างพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะโคเวเลนต์
3. อะตอมของคาร์บอนสามารถสร้างพันธะต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสาม
4. นอกจากธาตุไฮโดรเจนแล้ว คาร์บอนไม่สามารถสร้างพันธะกับธาตุอื่นได้อีกเลย

3. สูตรเคมีของสารใดเป็นสารประกอบอินทรีย์ทุกสาร

1. CH_4, $CHCl_3$ และ CCl_4
2. CH_3NH_2, C_3O_2 และ H_2CO_3
3. $C_2H_4F_2$, CS_2 และ CO_2
4. NH_4OCN, $(NH_2)_2CO$ และ CH_3CONH_2

4. สารประกอบในข้อใดมีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมกับคาร์บอนอะตอมแข็งแรงที่สุด

1. C_3H_4 2. C_3H_6

3. C_3H_8 4. C_3H_7Cl

5. ข้อใดไม่ใช่เหตุผลที่ทำให้ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบได้มาก

1. ธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะเดี่ยว
2. ธาตุคาร์บอนสามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะคู่
3. ธาตุคาร์บอนไม่สามารถเกิดพันธะด้วยกันเองเป็นพันธะสาม
4. ธาตุคาร์บอนสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมของธาตุอื่น ๆ อีก 4 อิเล็กตรอน

6. ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องที่สุด

A. สารประกอบของคาร์บอนทุกชนิดเป็นสารอินทรีย์

B. สารอินทรีย์ทุกชนิดต้องมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ

C. สารประกอบของคาร์บอน พันธะของคาร์บอนเป็นพันธะโคเวเลนต์และไอออนิก

D. สารประกอบของคาร์บอน การเกิดพันธะของคาร์บอนอาจเกิดพันธะเดี่ยว 1 พันธะและเกิดพันธะสาม 1 พันธะก็ได้

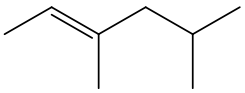
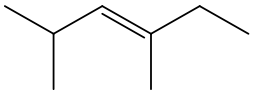
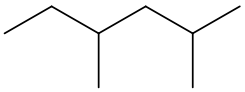
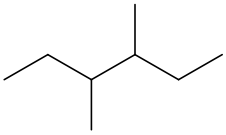
1. B, D 2. B, A

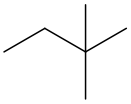
3. B, C 4. D, A

7. ข้อใดกล่าว**<u>ไม่ถูกต้อง</u>**

1. คาร์บอนเป็นธาตุหมู่ที่ 4 จึงมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4
2. การสร้างพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนกับคาร์บอนเป็นพันธะโคเวเลนต์
3. อะตอมของคาร์บอนสามารถสร้างพันธะต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว, พันธะคู่และพันธะสาม
4. นอกจากธาตุไฮโดรเจนแล้ว คาร์บอนไม่สามารถสร้างพันธะกับธาตุอื่นได้อีกเลย

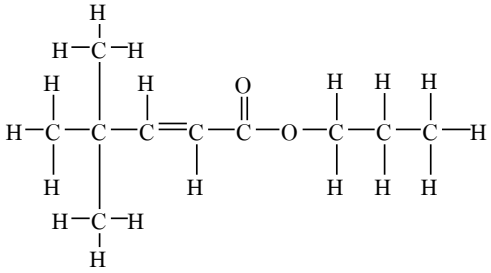
8. สูตรโครงสร้างแบบเส้นและมุมของสารประกอบ $CH_3CH(CH_3)CH_2CH(CH_3)CH_2CH_3$ ตรงกับข้อใด

1. 
2. 
3. 
4. 

9. จากสูตร  เขียนเป็นสูตรแบบย่อตรงกับข้อใด

1. $CH_3CH_2C(CH_3)_3$
2. $(CH_3)_2(CH_3)_2CH_2C$
3. $CH_3CH_2(CH_3)_2$
4. $CH_3(CH_2)_2C(CH_3)_2$

10. สูตรโครงสร้างอย่างย่อของสารประกอบข้างล่างนี้คือข้อใด



1. $CH_3(CH_3)CCH{=}CHCOO(CH_2)_2CH_3$
2. $(CH_3)_3CCH{=}CHCOO(CH_2)_2CH_3$
3. $CH_3(CH_3)C(CH_3)CH{=}CH_2COO(CH_2)_2CH_3$
4. $CH_3(CH_3)C(CH_3)CH{=}CHCOO(CH_2)CH_3$

11. ข้อใดให้คำอธิบายเกี่ยวกับไอโซเมอร์**ไม่ถูกต้อง**

1. สารที่เป็นไอโซเมอร์กันจะมีจุดเดือดต่างกัน
2. สารที่เป็นไอโซเมอร์กันจะมีโครงสร้างต่างกัน
3. สารที่เป็นไอโซเมอร์กันจะมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน
4. สารที่เป็นไอโซเมอร์กันจะมีอะตอมของธาตุองค์ประกอบต่างกัน

12. $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ และ $CH_3-CH_2-O-CH_3$ เป็นไอโซเมอร์กันเพราะเหตุใด

A. มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน คือ C_3H_8O

B. มีสูตรโครงสร้างต่างกัน

C. สารทั้งสองตัวมีหมู่ฟังก์ชันต่างกัน

1. ข้อ A
2. ข้อ A และ B
3. ข้อ B และ C
4. ข้อ A, B และ C

13. สารคู่ใดจัดเป็นไอโซเมอร์ซึ่งกันและกัน

1. $HOCH_2CH_2OH$, CH_3COOH
2. $CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}H$,
3. CH_3COOCH_3, $CH_3COOCH_2CH_3$
4. $CH_3NHCH_2CH_3$, $CH_3CH_2NHCH_3$

14. สารในข้อใดเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทเอมีน

1. $CH_3CH_2CH_2COOH$
2. $HCHO$
3. $HCOOCH_3$
4. $CH_3CH_2NH_2$

15. สารในข้อใดต่อไปนี้เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทเดียวกัน

1. CH_3CHO กับ C_2H_5OH
2. $HCOOH$ กับ C_3H_7COOH
3. CH_3OCH_3 กับ CH_3COCH_3
4. CH_3COOH กับ CH_3COOCH_3

16. ข้อใดคือหมู่ฟังก์ชันของสาร CH_3COCH_3

1. ไฮดรอกซิล
2. คาร์บอกซิล
3. คาร์บอนิล
4. เอมีน

17. ข้อใดเป็นประเภทของสารอินทรีย์ต่อไปนี้

(A) $CH_3CH_2CH_2COOH$ (B) CH_3CH_2OH (C) CH_3CH_2CHO

1. A=เอสเทอร์ B=แอลกอฮอล์ C=แอลดีไฮด์
2. A=แอลกอฮอล์ B=แอลดีไฮด์ C=กรดอินทรีย์
3. A=เอสเทอร์ B=แอลกอฮอล์ C=กรดอินทรีย์
4. A=กรดอินทรีย์ B=แอลกอฮอล์ C=แอลดีไฮด์

18. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนข้อใดเป็นสารประเภทแอลเคนทั้งหมด

1. C_2H_6 C_6H_{10}
2. C_6H_{10} C_6H_{12}
3. C_6H_{12} C_7H_{16}
4. C_6H_{14} C_5H_{12}

19. สารประกอบในข้อใด เมื่อเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้แล้วเกิดเขม่ามากที่สุด

1. C_6H_6
2. C_6H_{10}
3. C_6H_{12}
4. C_6H_{14}

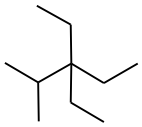
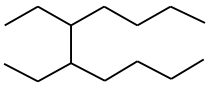
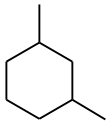
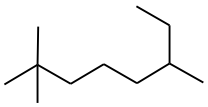
20. สารประกอบในข้อใด ไม่ฟอกสีสารละลายโบรมีนในที่มืด แต่ฟอกสีสารละลายโบรมีนในที่สว่างและไม่ฟอกสีสารละลาย $KMnO_4$

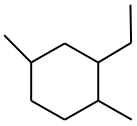
1. C_4H_6
2. C_4H_{10}
3. C_4H_{12}
4. C_4H_{16}

21. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

1. ไอโซเมอร์แบบซิส คืออะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันจัดอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกันในโครงสร้าง
2. ไอโซเมอร์แบบทรานส์ คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันจัดอยู่ในด้านเดียวกันในโครงสร้าง
3. **Stereoisomer** คือไอโซเมอร์ที่เกิดจากสารมีโครงสร้างและพันธะเหมือนกัน แต่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมจัดเรียงตัวในตำแหน่งต่างกัน
4. ชื่อแอลคีนที่มีไอโซเมอร์แบบซิส หรือแบบทรานส์ จึงใช้ คำว่า ซิส– หรือ ทรานส์– นำหน้าชื่อของแอลคีน และเขียนด้วยตัวเอน

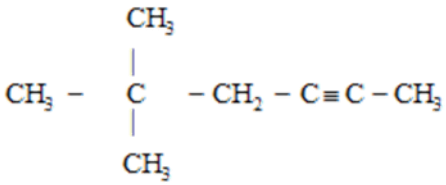
22. ข้อใดต่อไปนี้ อ่านชื่อสารอินทรีย์**ไม่ถูกต้อง**

1.  3,3–diethyl–2–methylpentane
2.  5,6–diethyldecane
3.  1,3–dimethylcyclohexane
4.  2–ethyl–6,6–dimethylheptane

23.  ข้อใดอ่านชื่อของโครงสร้างสารอินทรีย์ข้างต้นได้**ถูกต้อง**

1. 1–ethyl–2,5–dimethylcyclohexane
2. 2–ethyl–1,4–dimethylcyclohexane
3. 3–ethyl–1,4–dimethylcyclohexane
4. 1,4–dimethyl–2–ethylcyclohexane

24. จากโครงสร้าง



ข้อใดคือชื่อของสารชนิดนี้

1. 2,2–dimethyl–4–hexyne
2. 2–dimethyl hexyne
3. 5,5–dimethyl hexyne
4. 5,5–dimethyl–2–hexyne

25. ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**

1. เมื่อ C เพิ่มขึ้น สภาพการละลายน้ำเพิ่มขึ้น จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง
2. เมื่อ C เพิ่มขึ้น สภาพการละลายน้ำลดลง จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง
3. เมื่อ C ลดลง สภาพการละลายน้ำเพิ่มขึ้น จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง
4. เมื่อ C ลดลง สภาพการละลายน้ำลดลง จุดเดือดจุดหลอมเหลวต่ำ

26. พิจารณาสารต่อไปนี้

A	$CH_2=CHCH_2CH_3$
C	$HOCH_2CH_2CH_2CH_3$
B	$CH_3CH_2OCH_2CH_3$
D	$CH_3CH_2CH_2CH_3$

จงเปรียบเทียบจุดเดือดของสาร A, B, C และ D จากมากไปน้อย

1. A > D > C > B
2. B > C > A > D
3. C > B > D > A
4. C > B > A > D

27. จากปฏิกิริยา $B + 2Cl_2 \longrightarrow C_5H_8Cl_4$ สาร B ควรเป็นสารใด

1. Pentene
2. Butane
3. Pentyne
4. Heptyne

28. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในข้อ 30 เป็นปฏิกิริยาชนิดใด

1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้
2. ปฏิกิริยาการแทนที่
3. ปฏิกิริยาการฟอกจางสี $KMnO_4$
4. ปฏิกิริยาการเติมธาตุแฮโลเจน

29. ข้อใดคือปฏิกิริยาการฟอกจางสีของแอลไคน์

1. $C_3H_4 + 4O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 2H_2O$
2. $C_4H_6 + Br_2 \xrightarrow{\text{แสง}} C_4H_5Br + HBr$
3. $3C_2H_2 + 8KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3HCOOH + 3CO_2 + 8MnO_2 + 8KOH$
4. $3H_2CCH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3H_2CH(OH)CH(OH)CH_2 + 2MnO_2 + 2KOH$

30. ข้อใด**กล่าวผิด**

1. สารฟีนอลใช้เป็นสารผสมของน้ำยาฆ่าเชื้อโรค
2. เมทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่มาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง
3. เอทานอลเตรียมได้จากการหมักน้ำตาลหรือแป้งจากพืช
4. เอทอกซีอีเทนในอดีตนิยมใช้เป็นยาสลบ

แผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

วิชา เคมี 5 **รหัสวิชา ว33225** **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 **เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์**

เวลา 3 ชั่วโมง **ชื่อครูผู้สอน นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว**

.....

ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับพันธะเคมี หมู่ฟังก์ชัน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

สาระสำคัญ

สารประกอบคาร์บอน คือ สารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจน เป็นธาตุหลัก และมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน ฟอสฟอรัสและแฮโลเจน แต่ถ้าสารประกอบนั้นมีเฉพาะธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจน เรียกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามก็ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ : (Knowledge)

1. อธิบายความหมายของสารประกอบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้
2. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนซ์แบบต่างๆ ของคาร์บอนพร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
3. อธิบายเหตุผลที่ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบเป็นจำนวนมากได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ : (Process)

4. จำแนกสารประกอบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ : (Attitute)

5. มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด

สาระการเรียนรู้

1. สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์
2. พันธะของคาร์บอน

กิจกรรมการเรียนรู้

1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ (S)

1.1 ครูแจกชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีให้นักเรียน แล้วให้นักเรียนทำข้อสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ และให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 6–7 คน

1.2 ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับสารประกอบที่มีคาร์บอนในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการทำกิจกรรมต่อไป โดยใช้คำถามต่อไปนี้

– นักเรียนคิดว่าเคมีอินทรีย์หมายถึงอะไร และมีความสำคัญกับเราอย่างไร

(สารอินทรีย์ คือ สารประกอบที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก อาจได้จากสิ่งมีชีวิตหรือจากสิ่งไม่มีชีวิต และมีความสำคัญคือ

– ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ
– อาหาร ยา สมุนไพร สีย้อม ยาง
– สารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในสิ่งมีชีวิต
– อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เกษตร เคมีภัณฑ์
– เภสัชกรรม การแพทย์)

– ให้นักเรียนออกมาเขียนสูตรเคมีของสารที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักที่พบในชีวิตประจำวันให้ได้มากที่สุดในเวลา 2 นาที หน้ากระดาน

1.3 ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 1.1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านทำความเข้าใจสถานการณ์ในใบงานที่ 1.1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ ที่กำหนดมาให้

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (S, T)

2.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลความหมาย สมบัติของอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพื่อรวบรวมข้อมูลมาใช้ระดมความคิดในการทำใบงานที่ 1.1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ (อนุญาตให้ใช้โทรศัพท์ของนักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตหรือใช้เทคโนโลยีอื่นมาใช้อำนวยความสะดวกได้)

3. การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีแก้ปัญหา (S, E, M) ขั้นการกำกับ

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิด เพื่อวางแผนและวาดรูปโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ ในใบงานที่ 1.1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (S, M) ขั้นการกำกับ

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำอุปกรณ์ที่ได้เลือกมาจากโมเดลที่ครูเตรียมให้มาต่อรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบสามมิติจากชิ้นส่วนโมเดลที่ได้ออกแบบไว้ในใบงานที่ 1.1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

4.2 นักเรียนทุกคนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่ม และร่วมกันเฉลยคำตอบใบงานที่ 1.1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (S, M) ขั้นประเมิน

5.1 เมื่อสร้างชิ้นงานเสร็จแล้ว ต้องทดสอบชิ้นงานของกลุ่มตนเอง โดยลงมือปฏิบัติตามแนวทางที่กำหนดไว้ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องบันทึกผลการต่อโมเดล ว่าชิ้นงานมีปัญหาตรงจุดใดบ้าง

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม (S, T, E, M) ขั้นประเมิน

6.1 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานบางจุดที่ยังบกพร่อง เมื่อแต่ละกลุ่มทำชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดบริเวณรอบ ๆ โต๊ะให้เรียบร้อย

6.2 แต่ละกลุ่มเตรียมนำเสนอชิ้นงานที่ออกแบบไว้ แนวทางแก้ไขปัญหาปรับปรุงชิ้นงานให้กลุ่มอื่น ๆ ได้รับฟัง พร้อมกับซักถามแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผลการทดลองกับกลุ่มอื่น ๆ เพื่อฝึกให้นักเรียนเป็นผู้ยอมรับความคิดเห็นต่าง ๆ การวิพากษ์วิจารณ์ด้วย

6.3 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ เพื่อให้นักเรียนได้มีความคิดรวบยอดที่ตรงกัน

6.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์

ชิ้นงานหรือภาระงาน

1. ใบงานในชุดกิจกรรมการเรียนรู้
2. โมเดลโครงสร้างสามมิติของสารประกอบอินทรีย์

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
1. ด้านความรู้ (K) – อธิบายความหมายของสารประกอบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้ – อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนซ์แบบต่าง ๆ ของคาร์บอนพร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ – อธิบายเหตุผลที่ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบเป็นจำนวนมากได้	– ทำใบงานที่ 1.1	– ใบงานที่ 1.1	– ทำใบงานถูกต้อง 60% ขึ้นไป
2. ทักษะ/กระบวนการ (P) – เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้	– ตรวจใบงาน 1.1 – การตอบคำถาม	– ใบงาน 1.1	– ทำใบงานถูกต้อง 60% ขึ้นไป

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) – มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน	การสังเกตพฤติกรรมการเรียน	แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการเรียน	ได้คะแนนในระดับดีขึ้นไป

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน สสวท. เคมี เล่ม 5
2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

แหล่งการเรียนรู้

ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต ห้องปฏิบัติการเคมี

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

1. ด้านความรู้

.....

.....

.....

.....

2. ด้านทักษะกระบวนการ

.....

.....

.....

.....

.....

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

.....

.....

.....

.....

.....

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว)

...../...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มควบคุม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ว33225 เคมี 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ความรู้เกี่ยวเบื้องต้นเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เคมีอินทรีย์
เวลา 2 ชั่วโมง ผู้สอน นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว

สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย อภิปรายและวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับพันธะเคมี หมู่ฟังก์ชัน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

สาระสำคัญ

สารประกอบคาร์บอน คือ สารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจน เป็นธาตุหลัก และมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน ฟอสฟอรัส และแฮโลเจน แต่ถ้าสารประกอบนั้นมีเฉพาะธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจน เรียกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามก็ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของสารประกอบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้
2. มีความกระตือรือร้นและความร่วมมือในการและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้
3. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนซ์แบบต่าง ๆ ของคาร์บอนพร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
4. อธิบายเหตุผลที่ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบเป็นจำนวนมากได้

สาระการเรียนรู้

ธาตุคาร์บอนเป็นพวกอโลหะ ที่พบในธรรมชาติจะมีอยู่ทั้งในรูปอิสระที่เป็นธาตุหรือรวมตัวกับธาตุอื่นเกิดเป็นสารประกอบ ในรูปอิสระจะพบใน 3 รูป คือ เพชร แกรไฟต์ และถ่าน ซึ่งจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน ทำให้สมบัติต่างกันได้ ส่วนในรูปสารประกอบ ได้แก่ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ** (ใช้เวลา 5 นาที)

1.1 นักเรียนรับกระดาษแจกตอบคำถามต่อไปนี้

– นักเรียนคิดว่าเคมีอินทรีย์หมายถึงอะไร และมีความสำคัญกับเราอย่างไร

(สารอินทรีย์ คือ สารประกอบที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก อาจได้จากสิ่งมีชีวิตหรือจากสิ่งไม่มีชีวิต และมีความสำคัญคือ

– ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

– อาหาร ยา สมุนไพร สีย้อม ยาง

– สารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในสิ่งมีชีวิต

– อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เกษตร เคมีภัณฑ์

– เภสัชกรรม การแพทย์)

– เขียนผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารอินทรีย์ที่พบในชีวิตประจำวันให้ได้มากที่สุดในเวลา 2 นาที

(เช่น อาหารพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน เครื่องนุ่งห่มพวกใยสังเคราะห์ และใยธรรมชาติ ยารักษาโรค เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ทำจากพลาสติก ผงซักฟอก น้ำมัน น้ำหอม และกระดาษ)

1.2 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรม 3 คน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (ใช้เวลา 20 นาที)

2.1 นักเรียนจับคู่เพื่อนคู่คิดสืบค้นข้อมูลสมบัติของอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในใบความรู้เรื่องพันธะของคาร์บอน ใช้เวลา 5 นาที และอภิปรายร่วมกันเพื่อตอบคำถามต่อไปนี้

– เปรียบเทียบว่าสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์แตกต่างกันอย่างไร

สมบัติ	สารประกอบอินทรีย์	สารประกอบอนินทรีย์
1. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ	ส่วนใหญ่เป็นธาตุ C และH ธาตุอื่น ๆ เช่น O, N, S, P, Cl, Br, และ I	ธาตุทุกชนิด
2. ชนิดของพันธะเคมี	พันธะโคเวเลนต์	มีทั้งพันธะโคเวเลนต์และพันธะไอออนิก (ส่วนมากเป็นไอออนิก)
3. การละลาย	ละลายน้ำน้อย ละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีขั้ว	ละลายน้ำได้ดี ละลายได้น้อยในตัวทำละลายไม่มีขั้ว
4.การนำไฟฟ้าของสารละลาย (ในน้ำ)	ไม่นำไฟฟ้าหรือนำได้น้อยมาก	ส่วนใหญ่พวกที่ละลายน้ำจะนำไฟฟ้าได้ดี โดยเฉพาะสารไอออนิก
6. จุดหลอมเหลว และจุดเดือด	ต่ำ ยกเว้น พอลิเมอร์บางชนิดที่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง	ถ้าเป็นสารประกอบไอออนิกหรือโคเวเลนต์แบบโครงผลึกร่างตาข่ายจะมีจุดหลอมเหลวสูง
7. การเผาไหม้	ติดไฟง่าย อาจะมีเขม่า	ติดไฟยาก ต้องใช้ความร้อนสูงมากและเมื่อติดไฟแล้วจะมีกากของแข็งเหลืออยู่
6. การเกิดไอโซเมอร์	มีไอโซเมอร์	ไม่มีไอโซเมอร์
8. อัตราการเกิดปฏิกิริยา	เกิดช้ามาก	เกิดได้เร็ว

2.2 ครูสุ่มนักเรียนเพื่ออธิบายถึงความแตกต่างของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ว่า

– สมบัติการละลายของสารประกอบอินทรีย์เหมือนหรือแตกต่างกับสารประกอบอนินทรีย์หรือไม่อย่างไร

(แตกต่างกัน เพราะสารประอบอินทรีย์นั้นไม่ละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ เป็นต้น ส่วนสารประกอบอนินทรีย์นั้นละลายได้)

– เพราะเหตุใดสารประกอบอินทรีย์จึงไม่สามารถที่จะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วได้

(เพราะว่าสารประกอบอินทรีย์นั้นเป็นสารประกอบที่ไม่มีขั้วเพราะเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ จึงทำให้ไม่สามารถที่จะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วได้)

– มีคุณสมบัติอื่นอะไรอีกบ้างที่เป็นผลเนื่องมาจากสารประกอบอินทรีย์เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ทำให้สารประกอบอินทรีย์นั้นมีความแตกต่างกับสารประกอบอนินทรีย์

(เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์จึงทำให้จุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารประกอบอนินทรีย์ ซึ่งเป็นสารไอออนิก)

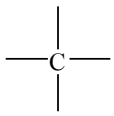
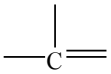
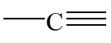
2.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดพันธะของคาร์บอน โดยครูใช้คำถาม ดังนี้

– กลุ่มของสารประกอบคาร์บอนที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ เรียกว่าสารประกอบใด *(สารประกอบไฮโดรคาร์บอน)*

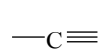
– ธาตุคาร์บอนสามารถสร้างพันธะได้อย่างไร

(คาร์บอนเป็นธาตุในหมู่ 4A มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน ดังนั้นเมื่อธาตุคาร์บอนรวมตัวกับธาตุอื่นก็จะสร้างพันธะโคเวเลนซ์ โดยใช้อิเล็กตรอนทั้งสี่เข้าร่วมสร้างพันธะกับอะตอมของธาตุอื่น ๆ ให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบ 8 เป็นไปตามกฎออกเตต)

– พันธะระหว่างธาตุคาร์บอนกับธาตุคาร์บอนด้วยพันธะชนิดใด มีกี่ประเภทอะไรบ้าง *(พันธะโคเวเลนต์ มี 3 ประเภท คือพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม)*

			
	พันธะเดี่ยวทั้ง 4 พันธะ	พันธะคู่ 1 พันธะ และ พันธะเดี่ยว 2 พันธะ	พันธะสาม 1 พันธะ และ พันธะเดี่ยว 1 พันธะ
ความยาวพันธะ (C–C) (pm)	121	134	154
พลังงานพันธะ (kJ/mol)	900	600	300

– อะตอมของธาตุอื่นๆ ในสารอินทรีย์สามารถสร้างพันธะโคเวเลนซ์ได้อย่างไร และมีรูปร่างเป็นอย่างไรบ้าง

ธาตุ	จำนวนพันธะ	รูปทรงเรขาคณิตของพันธะ			
		พันธะเดี่ยว	**พันธะคู่**	**พันธะคู่ 2 พันธะ**	**พันธะสาม**
คาร์บอน	4	 **รูป** ทรงสี่หน้า **มุม** ระหว่างพันธะ 109.5°	 **รูป** สามเหลี่ยมแบนราบ **มุม** ระหว่างพันธะ 120°	 **รูป** เส้นตรง **มุม** ระหว่างพันธะ 180°	 **รูป** เส้นตรง **มุม** ระหว่างพันธะ 180°
ไนโตรเจน	3	 **รูป** พิรมิดฐานสามเหลี่ยม	 **รูป** งอหรือตัววี		
ออกซิเจน	2	 **รูป** งอหรือตัววี			
ไฮโดรเจน	1				
แฮโลเจน	1				

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ใช้เวลา 15 นาที)

3.1 ครูและนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์ ดังนี้

– นักเรียนจะให้ความหมายของคำว่า สารอินทรีย์ ได้ว่าอย่างไร พร้อมยกตัวอย่าง

(สารที่มีธาตุคาร์บอน เป็นองค์ประกอบหลัก และมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบร่วม เช่น ธาตุ H, O, N, P, S, Cl, และ Br ตัวอย่าง เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น)

– สารอินทรีย์ที่มีเฉพาะธาตุคาร์บอนกับธาตุไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบเรียกว่าสารประกอบใด *(สารประกอบไฮโดรคาร์บอน)*

3.2 ครูและนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับสมบัติและการเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ดังนี้

– การเกิดพันธะระหว่างธาตุคาร์บอนกับธาตุคาร์บอนเกิดขึ้น มีอะไรบ้าง และมีลักษณะอย่างไร (ครูสุ่มนักเรียนเขียนบนกระดาน)

(พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม)

– นักเรียนเปรียบเทียบความยาวพันธะและพลังงานพันธะที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร

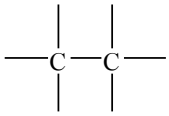
	พันธะเดี่ยว	พันธะคู่	พันธะสาม
ความยาวพันธะ (C–C) (pm)	121	134	154
พลังงานพันธะ (kJ/mol)	900	600	300

– ธาตุคาร์บอนเกิดเป็นสารประกอบได้เป็นจำนวนมาก เพราะเหตุใด

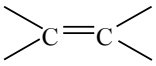
1. ธาตุคาร์บอนเป็นธาตุหมู่ 4A มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 เมื่อรวมกับธาตุอื่นจะสร้างพันธะโคเวเลนต์ นั่นคือ คาร์บอน 1 อะตอมจะสร้างพันธะเดี่ยวได้สูงสุด 4 พันธะ

2. อะตอมคาร์บอนมีความสามารถในการเกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างกันและกัน อาจเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม

– เมื่ออะตอมคาร์บอน 2 อะตอม มาสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่างกัน อาจเป็น



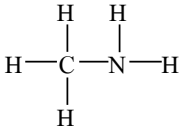
พันธะเดี่ยว

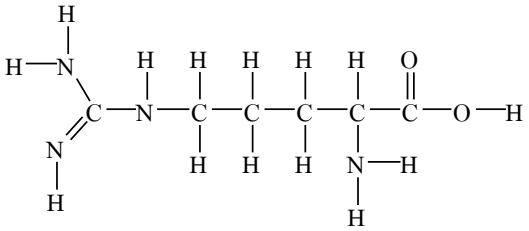


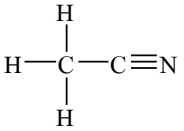
พันธะคู่

พันธะสาม

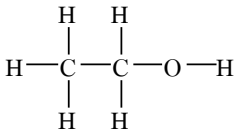
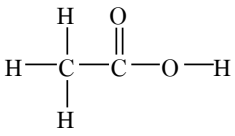
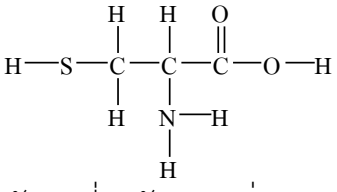
– คาร์บอนสร้างพันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสามกับธาตุหมู่ VA เช่น N และ P



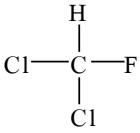
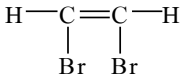




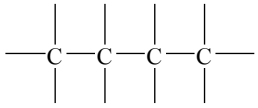
– อะตอมคาร์บอนสร้างพันธะโคเวเลนต์ชนิดพันธะเดี่ยวและพันธะคู่กับหมู่ VIA เช่น O และ S

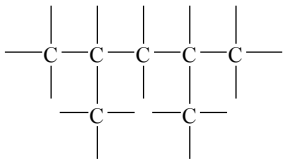




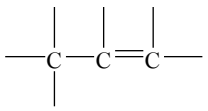
– อะตอมคาร์บอนสร้างพันธะโคเวเลนต์ชนิดพันธะเดี่ยวกับธาตุหมู่ VIIA และ H

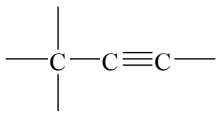



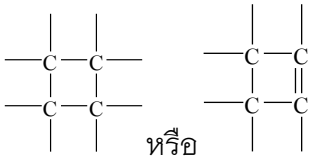
3. อะตอมคาร์บอนอาจสร้างพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมคาร์บอนด้วยกันเองเป็นโซ่ยาว (straight Chain) หรือโซ่กิ่ง หรือต่อกันเป็นวง หรือต่อกันเป็นหลายวง

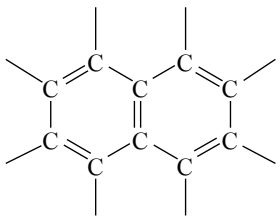

⇒ โซ่ยาว


⇒ โซ่กิ่ง


⇒ โซ่ยาวประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่


⇒ โซ่ยาวประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะสาม


หรือ
⇒ ต่อกันเป็นวง


⇒ ต่อกันเป็นหลายวง

4. ขั้นขยายความรู้ (ใช้เวลา 5 นาที)

1. นักเรียนและเพื่อนคู่คิดร่วมกันตอบคำถามต่อไปนี้

– สาร X เป็นของแข็งสีขาว ถ้าต้องการทดสอบว่า X เป็นสารอินทรีย์หรือไม่ จะทดสอบอย่างไร เพราะเหตุใด (เขียนลงในสมุดจดบันทึก)

(นำไปเผาไฟ ถ้าติดไฟจะได้เขม่าหรือ CO_2 กับ H_2O แสดงว่าเป็นสารอินทรีย์ เนื่องจากมีธาตุ C เป็นองค์ประกอบ จะมีจุดหลอมเหลวต่ำ)

2. นักเรียนทุกคนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่ม และร่วมกันเฉลยคำตอบ

5. ขั้นประเมินผล (ใช้เวลา 5 นาที)

1. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 จำนวน 5 ข้อ

2. นักเรียนและเพื่อนคู่คิดศึกษาเกี่ยวกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ด้วยการทำกิจกรรมที่ 2.1 ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ จำนวน 2 ข้อ (ส่งก่อนเรียนคาบถัดไป 1 วัน)

สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน สสวท. เคมี 5
2. ใบความรู้ ที่ 2 เรื่อง ความรู้เรื่องเคมีอินทรีย์
3. ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์
4. แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ความรู้เรื่องเคมีอินทรีย์
5. ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต

การวัดผลประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ (K) – อธิบายความหมายของสารประกอบสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้	– ทำใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์	– ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์	– ทำแบบทดสอบทำถูกต้อง 60% ขึ้นไป
– อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนซ์แบบต่าง ๆ ของคาร์บอนพร้อมทั้งยกตัวอย่างได้	– ทำแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ความรู้เรื่องเคมีอินทรีย์	– แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง ความรู้เรื่องเคมีอินทรีย์	– ทำแบบทดสอบทำถูกต้อง 60% ขึ้นไป
2. ทักษะ/กระบวนการ (P) – เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้	– ตรวจสมุดบันทึกของนักเรียน – การตอบคำถาม	– สมุดบันทึกของนักเรียน – แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงาน	– ได้คะแนนในระดับดีขึ้นไป – ได้คะแนนในระดับดีขึ้นไป
– อธิบายเหตุผลที่ธาตุคาร์บอนเกิดสารประกอบเป็นจำนวนมากได้	– ตรวจสมุดบันทึกของนักเรียน – การตอบคำถาม	– ตรวจสมุดบันทึกของนักเรียน – การตอบคำถาม	– ได้คะแนนในระดับดีขึ้นไป – ได้คะแนนในระดับดีขึ้นไป
3. เจตคติ (A) – มีความกระตือรือร้นและความร่วมมือ	– การสังเกตพฤติกรรมการเรียน	– แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการเรียน	– ได้คะแนนในระดับดีขึ้นไป

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว)

...../...../.....

ภาคผนวก ฉ

ภาพประกอบการวิจัย

ภาพประกอบ 7 เข้ากลุ่มกิจกรรมออกแบบการแก้ปัญหา

ภาพประกอบ 8 เข้ากลุ่มกิจกรรมลงมือแก้ปัญหา

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวพิมพร อุ่นแก้ว

วันเดือนปี เกิด 10 สิงหาคม 2533

ที่อยู่ปัจจุบัน 27 หมู่ 4 ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภอกาศอำนวย
จังหวัดสกลนคร

ตำแหน่ง ครู คศ.1

สถานที่ทำงาน โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ตำบลสว่างแดนดิน อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2546 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านนาดอกไม้
ตำบลสามัคคีพัฒนา อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร

พ.ศ. 2549 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโพนงามศึกษา
ตำบลโพนงาม อำเภออากาศอำนวย จังหวัดสกลนคร

พ.ศ. 2552 ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.)
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี)
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

พ.ศ. 2562 ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.)
สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาการศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2557 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ตำบลสว่างแดนดิน อำเภอสว่างแดนดิน
จังหวัดสกลนคร

พ.ศ. 2559 – ปัจจุบัน ครู คศ.1 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตำบลสว่างแดนดิน
อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร