

ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และ
วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญญา

ปริญญานิพนธ์
ของ
ดำเนิน ยาท่วม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุชะฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ตุลาคม 2548

ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และ
วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญญา

ปริญญานิพนธ์

ของ

ดำเนิน ยาท่วม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ตุลาคม 2548

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และ
วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญญา

บทคัดย่อ
ของ
ดำเนิน ยาท่วม

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุชะฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ตุลาคม 2548

ดำเนิน ยาทัม. (2548), ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อน
อภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา.
ปริญญาโทพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์,
รองศาสตราจารย์ดร.อรพินทร์ ชูชม, อาจารย์ ดร.พาสนา จุลรัตน์.

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายคือ 1) เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับ
ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง
วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง 2) เพื่อศึกษาความ
แตกต่างของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการ
ประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ต่างกัน และ 3) เพื่อศึกษาความ
แตกต่างของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถใน
การประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ต่างกัน โดยพิจารณาความรู้
พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ต่างกัน กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มหลายขั้นตอนจากนักเรียน
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนารีวิทยา โรงเรียนลับแลศรีวิทยา และโรงเรียนทองแสนขันวิทยา
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุดรธานี โรงเรียนละ 40 คน กลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle, LC) กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร
การเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (Learning Cycle with Metacognitive Reflection,
LCMR) และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและ
ความตระหนักรู้ปัญหา (Learning Cycle with Metacognitive Reflection and Awareness,
LCMRA) ใช้เนื้อหาวิทยาศาสตร์พื้นฐานสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ระยะเวลาทดลอง 19
สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดผลการเรียนรู้ แบบวัด
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการประเมินรู้คิดของ
ตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ MANOVA ผลการวิจัยไม่พบ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการ
เรียนรู้กับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับ
การสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหา
ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือวัฏจักร
การเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ตามลำดับ และนักเรียนที่มีความรู้
พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือนักเรียนที่มีความรู้
พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง และนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับ
ต่ำตามลำดับ

THE EFFECTS OF SCIENCE LEARNING MANAGEMENT ON MATHAYOM
SUKSA 4 STUDENTS THROUGH LEARNING CYCLE, LEARNING CYCLE
WITH METACOGNITIVE REFLECTION AND LEARNING CYCLE WITH METACOGNITIVE
REFLECTION AND AWARENESS.

AN ABSTRACT
BY
DUMNERN YATUAM

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Doctor of Education degree in Science Education
at Srinakarinwirot University
August 2005

Dumnern Yatuam. (2005), *The Effects of Science Learning Management on Mathayom Suksa 4 Students through Learning Cycle, Learning Cycle with Metacognitive Reflection and Learning Cycle with Metacognitive Reflection and Awareness*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok : Graduate school, Srinakarinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Sunee Hemaprasit, Assoc. Prof. Dr.Oraphin Choochom, Dr. Passana Joonrat.

The objectives were to study 1) the interaction between types of learning management and basic scientific knowledge on learning outcome, scientific problem solving ability and metacognitive ability 2) the differences among learning outcome, scientific problem solving ability and metacognitive ability in students who had different learning management and 3) the differences among learning outcome, scientific problem solving ability and metacognitive ability in students who had different learning management through different basic scientific knowledge. The 120 subjects of mathayom suksa 4 students were selected from 3 schools ; 40 per school. They were Namritvittaya School, Lublaesrivittaya School and Thongsaenkanvittaya School. All were in the Office of Uttaradit Regional Education Area 1. The Example groups were Multistage sampling. The control group learned through Learning Cycle (LC). The experiment group 1 learned through Learning Cycle with Metacognitive Reflection (LCMR). The experiment group 2 learned through Learning Cycle with Metacognitive Reflection and Awareness (LCMRA). The duration of experiment was 19 weeks in the second semester ; academic year 2005. The course was basic science 3 and the contents were substance and substance properties. The instruments were science knowledge test, scientific problem solving test and metacognitive ability test. The MANOVA of SPSS was used to analyze statistics values. The results revealed that the interaction between types of learning management and basic scientific knowledge was not found. LCMRA performed the highest learning outcome, scientific problem solving ability and metacognitive ability, followed with LCMR and LC. The high basic scientific knowledge students showed the highest learning outcome, scientific problem solving ability and metacognitive ability, followed with the middle and the low basic scientific knowledge students, respectively.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และ
วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา

ของ
ดำเนิน ยาทั่วม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุขบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2548

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

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

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินทร์ ชูชม)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พาสนา จุรัตน์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาลักษณ์ ปรัชญาสิทธิกุล)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สังข์อ่อง)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ด้วยได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่อง จากรองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรพินทร์ ชูชม และอาจารย์ ดร.พาสนา จุลรัตน์ จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ดร.ปรีชาญ เดชศรี และรองศาสตราจารย์ ดร.ชุตินา วัฒนาศิริ ที่กรุณาให้คำปรึกษาในการค้นคว้าเอกสาร กราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สุภาลักษณ์ ปรัชญาสิทธิกุล และ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สังข์อ่อง ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าและให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่ช่วยให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านดังรายชื่อตามภาคผนวก ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการสร้างเครื่องมือวิจัย ขอบพระคุณคณาจารย์และนักเรียนโรงเรียนอุตรดิตถ์ดุสิต โรงเรียนอุตรดิตถ์วิทยา โรงเรียนวังกะพี้พิทยาคม โรงเรียนน้ำริดวิทยา โรงเรียนลับแลศรีวิทยา โรงเรียนตรอนตรีสินธุ์ และโรงเรียนทองแสนขันวิทยา ที่ให้ความร่วมมือในการสร้างเครื่องมือวิจัย การทดลองใช้เครื่องมือวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอบพระคุณอาจารย์สนธยาพรพร ยาท่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านการแปลภาษาต่างประเทศ และขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ คุณประโยชน์อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้เป็นอานิสงฆ์แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านตามที่กล่าวมา

ดำเนิน ยาท่วม

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	5
ตัวแปรที่ศึกษา	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
สมมติฐานในการวิจัย	15
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึม	17
วัฏจักรการเรียนรู้	21
ความเป็นมาของวัฏจักรการเรียนรู้	21
วัฏจักรการเรียนรู้ตามแนวคิดของกลุ่ม BSCS	21
วัฏจักรการเรียนรู้ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	28
งานวิจัยเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้	29
พัฒนาการทางพุทธิปัญญา	35
พัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์	35
พัฒนาการทางพุทธิปัญญาของบลูม	36
อภิปัญญา	39
ความหมายของอภิปัญญา	39
พื้นฐานทางทฤษฎีของอภิปัญญา	39
มิติการคิด	41
องค์ประกอบของอภิปัญญา	44
การฝึกอภิปัญญา	46
ยุทธศาสตร์การทำให้อภิปัญญาเพิ่มขึ้น	48
อภิปัญญาและครู	49
การจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนอภิปัญญา	50
งานวิจัยเกี่ยวกับอภิปัญญา	62

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ) การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	74
การประเมินตามสภาพจริง	75
รูปรีด.....	77
การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์.....	78
การประเมินความสามารถในการรู้คิด.....	82
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	85
การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง	85
แบบแผนการวิจัย	86
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	87
การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	95
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	98
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	100
ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร	101
ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ MANOVA.....	103
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน.....	104
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	110
ความมุ่งหมายของการวิจัย	110
สมมติฐานของการวิจัย	110
วิธีการวิจัย	112
ประชากร	112
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง	112
การดำเนินการทดลอง	112
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	112
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล	113
สรุปผลการวิจัย	114
อภิปรายผล	114
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	123

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 (ต่อ)	
ข้อเสนอแนะ.....	124
บรรณานุกรม.....	129
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย	142
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	143
แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	144
แบบวัดผลการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการทำโครงการ แบบวัด ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง และเกณฑ์การให้ คะแนน.....	170
ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือวิจัย	229
ภาคผนวก ง ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง.....	233
ภาคผนวก จ ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ข้อมูล.....	239
ประวัติย่อผู้วิจัย	242

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้	23
2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้	35
3 คะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง จำแนกตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้	101
4 คะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง จำแนกตามความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	102
5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ระหว่างกับผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง	103
6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม ระหว่างความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กับผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง	104
7 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง จำแนกตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้	106
8 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง จำแนกตามระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	108
9 ความเบ้และความโด่งของคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง	237
10 แมตริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วม ของตัวแปรตาม	237
11 ผลการทดสอบระหว่างกลุ่ม ระหว่างตัวแปรรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง	237

บัญชีตาราง (ต่อ)

- 12 ผลการทดสอบระหว่างกลุ่ม ระหว่างตัวแปรความรู้พื้นฐานทาง
วิทยาศาสตร์กับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมิน
การรู้คิดของตนเอง 238
- 13 ร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมิน
การรู้คิดของตนเองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้
(LC) วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (LCMR) และ
วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA)
จำแนกตามระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์..... 239
- .
- .
- .
- .
- .
- .

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	14
2 การสร้างความเข้าใจตามทฤษฎีสมรรถนิยม.....	19
3 กระบวนการควบคุมการรู้คิด (Metacognition).....	41
4 กระบวนการควบคุมการรู้คิด (Metacognition).....	41
5 มิติของการคิด	43
6 มิติของการคิด	43

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545 ได้กำหนดทิศทางการจัดการเรียนรู้ เพื่อผลักดันนโยบายการปฏิรูปการศึกษาของไทย โดยได้บัญญัติไว้ในหมวด 4 แนวการจัดการศึกษา สรุปสาระสำคัญได้ว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ต้องเน้นทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ ฝึกทักษะกระบวนการคิด และการประยุกต์ความรู้มาใช้อย่างป้องกันและแก้ไขปัญหา ให้คิดเป็น ทำเป็น และมีความใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง โดยประเมินพัฒนาการของผู้เรียนจากพฤติกรรมการเรียน จากกิจกรรม และจากการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการจัดการเรียนรู้ และมุ่งพัฒนาคุณภาพชีวิตของบุคคลให้เหมาะสมกับวัยและศักยภาพ (สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. 2545 : 24-31) ปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คือการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้เป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติและเทคโนโลยี มีทักษะการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ และ รักการเรียนรู้ เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน

จากการประเมินคุณภาพการศึกษาทั้งประเทศปี 2539 โดยกรมวิชาการ พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ คิดเป็นร้อยละ 30.34, 32.25, 28.12, และ 34.95 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : 59) จากการเปรียบเทียบความสามารถในการ แข่งขันทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยสถาบันจัดอันดับขีดความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศ (The International Institute for Management Development, IMD) ในปี พ.ศ. 2544 พบว่าไทยอยู่อันดับสุดท้ายจาก 49 ประเทศ (สำนักงานปฏิรูปการศึกษา.2544 : 9) และจากรายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แต่ในทุกระดับการศึกษาเนื้อหาวิทยาศาสตร์ยังขาดความเชื่อมโยงกันและยังขาดการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง โดยเฉพาะระดับมัธยมศึกษาสอนเนื้อหามากเกินไป ทำให้การปลูกฝังทัศนคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้ผลเต็มที่ รวมทั้งขาดโอกาสในการฝึกทักษะการคิดซึ่งเป็นหัวใจของการเรียนวิทยาศาสตร์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : 27-34)

จากวิกฤตการณ์ด้านคุณภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของไทยจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งการจัดการ

เรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) เป็นแนวการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการยอมรับกันแพร่หลายในนานาประเทศ และได้มีการพัฒนาการจัดการเรียนรู้หลายรูปแบบบนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจคือวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) โดยคาร์พลัส (Karplus. 1977 : 169) พัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งอธิบายว่าผู้เรียนมีประสบการณ์เดิมอยู่แล้ว เมื่อได้สัมผัสและมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะเกิดความรู้ความเข้าใจและความคิด แล้วปรับให้เข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิม ถ้าประสบการณ์ใดไม่สามารถปรับเข้ากับประสบการณ์เดิมได้ก็จะสร้างโครงสร้างเก็บความรู้ใหม่จนเกิดความสมดุล ถ้าขาดความสมดุลผู้เรียนจะแสดงพฤติกรรมสงสัยต้องการเรียนรู้ กระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นกับผู้เรียนแตกต่างกันไปตามสิ่งแวดล้อมวัฒนธรรมของบุคคล และพัฒนาการด้านความคิด (Piaget : 119-134) และทฤษฎีสรณนิยม (Constructivism) อธิบายว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างความหมายจากประสบการณ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ผู้เรียนจะได้รับและเข้าถึงประสบการณ์ ความรู้ ความเชื่อด้วยตนเอง ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดและไตร่ตรอง และผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการประเมินการเรียนรู้ของตนเอง (Walker and Lambert. 1995 : 17-19) ต่อมากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้พัฒนาขั้นตอนการสอนเป็น 5 ขั้นตอน คือขั้นการสร้างความสนใจ นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นสังเกตแล้วตั้งปัญหาเอง เป็นการกระตุ้นให้เกิดความสนใจและต้องการเรียนรู้ ขั้นการสำรวจและค้นหา นักเรียนได้สำรวจและค้นหาประสบการณ์เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเองโดยการอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นการขยายความรู้ นักเรียนได้ขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ และขั้นการประเมินผล นักเรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับมาอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง (Barman and Kotar. 1989 : 30-32) มีงานวิจัยที่แสดงว่าวัฏจักรการเรียนรู้ส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านความคิดรวบยอดวิทยาศาสตร์ (Seneca. 1998 : 3895A ; McCoy. 2001 : 218A ; วิชาญ เลิศลพ. 2543 : 113) ส่งผลดีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Cumio. 1992 : 387A ; เปรมจิตร์ บุญสาย. 2541 : 369 ; กิตติชัย สุทธาสโนบล. 2541 : 111 ; วัฒนา จิรชนสมบัติ. 2541 : 75) ส่งผลดีต่อเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Billing. 2001 : 89A) และส่งผลดีต่อการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Meichtry. 1991 : 211A ; Hill. 2000 : 1)

ในการจัดการเรียนรู้ หากใช้กิจกรรมที่ช่วยพัฒนาการคิดมาสอดแทรกในวัฏจักรการเรียนรู้จะช่วยให้การจัดการเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Billing. 2001 : 89A) กิจกรรมที่ช่วยพัฒนาการคิดอย่างหนึ่งที่น่าสนใจคืออภิปัญญา (Metacognition) ซึ่ง ฟลาวเวล (Flavell. 1979 : 906-911) พัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์และทฤษฎีสรณนิยมอภิปัญญา หมายถึงการตระหนักรู้ในความรู้ความคิดและความสามารถของตนเอง รวมทั้งความสามารถในการควบคุมและประเมินการรู้คิดของตนเอง อภิปัญญาประกอบด้วย

ประสบการณ์อภิปัญญา และความรู้ อภิปัญญา ประสบการณ์อภิปัญญาประกอบด้วย ประสบการณ์ด้านการวางแผน ด้านการกำกับติดตาม และด้านการประเมินผล ความรู้อภิปัญญา ประกอบด้วยความรู้ด้านบุคคล ด้านงาน และด้าน กลวิธี ซึ่ง โฟการ์ตี (Fogarty. 1994 : 3) ได้พัฒนาการจัดประสบการณ์อภิปัญญาสำหรับฝึก

นักเรียนเรียกว่าการสะท้อนอภิปัญญา แล้วจะส่งผลให้นักเรียนรู้จักตนเอง รู้จักงานที่ทำ และรู้ กลวิธีที่จะทำให้งานสำเร็จ นั่นคือสามารถประเมินตนเอง ประเมินงานที่ทำ และประเมินกลวิธีที่ใช้ หรือเรียกว่ามีความสามารถในการควบคุมและประเมินการรู้จักของตนเอง และศึกษา แชม มณีและคณะ (2544 : 103) อธิบายว่าการคิดมี 6 มิติ คือ มิติด้านข้อมูลหรือเนื้อหาที่ใช้ในการ คิด มิติด้านคุณสมบัติที่เอื้ออำนวยต่อการคิด มิติด้านทักษะการคิด มิติด้านลักษณะการคิด มิติ ด้านกระบวนการคิด และมิติด้านการควบคุมและประเมิน การรู้จัก บุคคลมีทักษะการคิดขั้น พื้นฐานและคุณสมบัติที่เอื้อต่อการคิดอยู่แล้ว เมื่อได้รับข้อมูลก็จะตั้งจุดมุ่งหมายในการคิด แล้ว ใช้ทักษะการคิด คิดออกมาเป็นลักษณะการคิด นำไปสู่กระบวนการคิด และมีการควบคุมและ ประเมินการรู้จักจนบรรลุเป้าหมายในการคิด การควบคุมและประเมินการรู้จักของตนเอง ดังกล่าวเรียกว่าอภิปัญญา ผู้ที่มีความสามารถในการประเมินการรู้จักสูง ย่อมนำไปใช้ประโยชน์ ในกิจกรรมหรือแก้ปัญหาได้มากกว่า เร็วกว่า แม่นยำกว่า และประสิทธิภาพของงานดีกว่า มี งานวิจัยต่างประเทศจำนวนมากยืนยันว่าอภิปัญญาช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยช่วยส่งเสริมความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ การคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ ความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง (Fiero. 1994 : 4401A ; Lin. 1998 : 1890A ; Tein Lydia Tsing. 1999 : 2915A ; Parker. 1999 : 4046A ; Lin and Lehman. 1999 : 1- 22 ; Bohlin. 2000 : 209A ; Rahikainen. 2002 : 355C) สำหรับประเทศไทยจากผล การศึกษาของ ณีภูจิ เจริญเกียรติบรร (2539 : 57) พบว่าความตระหนักในอภิปัญญาของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ อวยพร เรืองศรี (2544 : 58) ศึกษาพบว่าอภิปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 6 มีสหสัมพันธ์พหุคูณกับการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ และศุลักษณ์ สินธนา (2545 :142) ศึกษาพบว่าอภิปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการฝึกอภิปัญญาหากมีการให้ตระหนักรู้อย่างชัดเจนถึงการวางแผน การกำกับติดตามกลวิธี ประโยชน์ และความสำคัญของอภิปัญญา จะทำให้การเรียนรู้มี ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังที่ วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2536 : 167) ศึกษาพบว่านักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการฝึกอภิปัญญาและให้ตระหนักรู้ว่าเป็นกลวิธีมีคะแนนการตระหนักรู้ ในอภิปัญญาและมีความเข้าใจในการอ่านภาษาอังกฤษสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกอภิปัญญา โดยไม่ให้ตระหนักรู้ ต่อมา สมจิตร ทรัพย์อัประโมย (2540 : 158) ศึกษาพบว่านักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการฝึกอภิปัญญาและฝึกให้ตระหนักรู้ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการ แก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยวิธีแก้ปัญหาตามปกติ ซึ่งสอดคล้องกับผล

การศึกษาของโอฟีแลน (O' Phelan. 1994 : 1227A) และ ยู (Yu. 1997 : 4652A) ที่พบว่าการฝึกกลวิธีให้ผู้เรียนโดยให้ตระหนักในจุดเด่นจุดด้อย ของแบบการเรียนรู้และให้รายงานผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง จะช่วยให้ผลการเรียนรู้สูงขึ้นกว่านักเรียนที่ฝึกกลวิธีธรรมดา นอกจากนี้ อัชรีภรณ์ จิวสกุล (2541 : 104) ยังศึกษาพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีความตระหนักในอภิปัญญาสูงจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูง ดังนั้นการนำประสบการณ์อภิปัญญามาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูง ต้องมีการฝึกให้ตระหนักในอภิปัญญาด้วย ผู้วิจัยจึงเชื่อว่า การสะท้อนอภิปัญญา และความตระหนักรู้อภิปัญญาจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความจำเป็นที่ต้องพัฒนานักเรียนให้รักการเรียนรู้ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และมีจิตวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้พัฒนาคุณภาพชีวิต และเพื่อตอบสนองเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545 ที่ระบุว่าในการจัดการเรียนรู้ให้เน้นทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ ฝึกทักษะ กระบวนการคิด และการประยุกต์ความรู้มาใช้ป้องกันและแก้ไขปัญหา ให้สามารถคิดเป็น ทำเป็น และมีความใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาผลจากงานวิจัยประกอบกับ ประสิทธิภาพของวัฏจักรการเรียนรู้และอภิปัญญา จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับลักษณะดังกล่าว ผู้วิจัยเชื่อว่าการนำวัฏจักรการเรียนรู้ การสะท้อนอภิปัญญา และความตระหนักรู้อภิปัญญา มา ออกแบบจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จะช่วยพัฒนานักเรียนให้เป็นคนที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และมีความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง ซึ่งจะเป็นกำลังสำคัญในการมีส่วนร่วมมือกันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ จึงสนใจทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ อภิปัญญา

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนหรือไม่

2. เพื่อศึกษาว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียน

3. เพื่อศึกษาว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันจะมีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง แตกต่างกันหรือไม่

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานของทฤษฎี

สรคินิยม (Constructivism) และอภิปัญญา

2. เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

3. เป็นแนวทางให้ครูผู้สอน โรงเรียนมัธยมศึกษา เขตพื้นที่การศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนหน่วยงานอื่น ๆ และผู้เกี่ยวข้องด้านการจัดการศึกษา นำผลจากการวิจัยนี้ไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาประจำอำเภอ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดอุดรดิตถ์ 9 โรงเรียน จำนวนนักเรียนรวม 704 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage Sampling) โดยสุ่มโรงเรียนประจำอำเภอมา 3 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนลับแลศรีวิทยา อำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์ 2 ห้องเรียน จำนวน 78 คน โรงเรียนตรอนศรีรินทร์ อำเภอดรอน จังหวัดอุดรดิตถ์ 2 ห้องเรียน จำนวน 75 คน โรงเรียนทองแสนขันวิทยา อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุดรดิตถ์ จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวน 74 คน รวมประชากร 6 ห้องเรียน จำนวน 227 คน แล้วนำนักเรียนแต่ละโรงเรียนมาจัดเรียงกันตามความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์จากระดับสูงไประดับต่ำ แล้วจับสลาก

นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานในระดับสูงมา 10 คน ระดับปานกลาง 20 คน และระดับต่ำ 10 คน ได้
กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 40 คน รวม 3 กลุ่ม 120 คน และสุ่มแต่ละโรงเรียนเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่ม
ทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีรายละเอียดการจัดกระทำกับกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1. การจัดกระทำกับกลุ่มตัวอย่าง มีดังนี้

1.1 กลุ่มควบคุม ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการการเรียนรู้

1.2 กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ร่วมกับการ

สะท้อน

อภิปัญญา

1.3 กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้ร่วมกับการ

สะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา

2. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง สารการเรียนรู้พื้นฐานกลุ่มสาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร โดยจัดเนื้อหาสนองต่อคุณภาพชีวิต
ที่ดีของคนใน

ท้องถิ่น

3. ระยะเวลาที่ใช้ทดลอง 1 ภาคเรียน 19 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวม 57

ชั่วโมง โดยทดลองจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ซึ่งสอนโดยผู้วิจัย

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ แบ่งเป็นดังนี้

1.1 การจัดการเรียนรู้ 3 รูปแบบ ได้แก่

1.1.1 วิธีการเรียนรู้

1.1.2 วิธีการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา

1.1.3 วิธีการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา

1.2 ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

1.2.1 ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง

1.2.2 ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง

1.2.3 ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้วิทยาศาสตร์ ด้านทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านจิตวิทยาศาสตร์

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.3 ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อภิปัญญา หมายถึงความตระหนักรู้และความเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้

2. การสะท้อนอภิปัญญา หมายถึงกิจกรรมที่นักเรียนได้สะท้อนความคิดจากสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือสื่อ โดยการพูด การเขียน การแสดงออก อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้และความเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับ

ควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้ ซึ่งมี 3 ด้าน ดังนี้

2.1 ด้านการวางแผน หมายถึงการที่นักเรียนพูดหรือเขียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ ได้แก่

2.1.1 นำทางด้วยความคิด หมายถึงการที่ครูนำประโยคที่เป็นคำถาม มากระตุ้นให้ นักเรียนตอบสนองด้วยการสืบค้น พูด เขียน หรือออกแบบ

2.1.2 คำถามระดับสูง หมายถึงการให้นักเรียนตั้งคำถามที่กระตุ้นการคิด ซึ่งเป็นคำถามแบบกว้าง เพื่อนำทางไปสู่ความคิดระดับสูง ได้แก่ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2.1.3 กำหนดเป้าหมาย หมายถึงการที่นักเรียนกำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ ทั้งระยะสั้นและระยะยาว

2.1.4 รู้อะไร ต้องการรู้อะไร และได้เรียนรู้อะไร หมายถึงการที่นักเรียนเขียนบันทึกว่ารู้อะไร ต้องการรู้อะไร ก่อนเรียน และได้เรียนรู้อะไรหลังเรียน

2.2 ด้านการกำกับติดตาม หมายถึงการที่นักเรียนได้พูด หรือเขียน หรือแสดงออก ตามความคิดของตนเองขณะเรียนรู้ ได้แก่

2.2.1 คิดออกเสียง หมายถึงการที่นักเรียนพูดตามที่ตนเองคิดและหรือบันทึกไว้ เช่น ทำอะไร ทำไมจึงทำ ทำอย่างไร และปรับปรุงอย่างไร

2.2.2 พูดสื่อสารสองทาง หมายถึงการที่นักเรียนพูดแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ และการวิพากษ์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

2.2.3 พูดถ่ายทอด หมายถึงการที่นักเรียนพูดอธิบายความคิดของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้เป้าหมายของการเรียนรู้และการใช้ประโยชน์จากการเรียนรู้

2.3 ด้านการประเมินผล หมายถึงการที่นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับการตรวจสอบ ผลลัพธ์จากการเรียนรู้ของตนเอง ได้แก่

2.3.1 บวก ลบ นำสนใจ หมายถึงการที่นักเรียนพูดหรือบันทึกสิ่งที่ตนบวกเป็นลบและ นำสนใจ ของสถานการณ์หรือสิ่งที่ได้เรียนรู้

2.3.2 คำถามประเมินผล หมายถึงการที่นักเรียนตั้งคำถามตนเองในสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้วโดยเน้นที่คำถามการประเมินผลระดับการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2.3.3 เชื่อมโยงความคิดหลัก หมายถึงการที่นักเรียนประเมินการเชื่อมโยงความคิดหลักที่มีอยู่เดิมกับความคิดหลักที่เกิดขึ้นใหม่

2.3.4 สร้างความคิดหลัก หมายถึงการที่นักเรียนประเมินการสร้างความคิดหลักด้วยตนเองจากการอภิปราย สร้างหลักการ วิพากษ์วิจารณ์ แปลความหมาย และถ่ายโอนการเรียนรู้

3. ความตระหนักรู้ปัญหา หมายถึงการพูด หรือการเขียน ที่แสดงถึงความรู้อย่าง

ชัดแจ้งด้านกลวิธี ประโยชน์ และความสำคัญของการที่นักเรียนได้สะท้อนความคิดจากสถานการณ์เหตุการณ์ หรือสื่อ เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้และความเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้

4. วัฏจักรการเรียนรู้ หมายถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 3 รูปแบบ ดังนี้

4.1 วัฏจักรการเรียนรู้ หมายถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยกิจกรรม 5 ขั้น ดังนี้

4.1.1 การสร้างความสนใจ หมายถึงการกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามจากเหตุการณ์ จากสถานการณ์ จากรูปภาพ แผนภูมิ หรือจากสิ่งที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนสนใจ แล้วครูกับนักเรียนร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของประเด็นที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน

4.1.2 การสำรวจและค้นหา หมายถึงการที่นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนด้วยการ อภิปราย กำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ค้นหา คัดคะเนคำตอบ กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ และลงมือปฏิบัติการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นหา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1.3 การอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึงการที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นหา มาอภิปรายร่วมกัน แล้ววิเคราะห์ แปลผล สรุปผลเป็นความรู้ และนำเสนอ

4.1.4 การขยายความรู้ หมายถึงการที่นักเรียนร่วมกันนำความรู้ที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม เพื่อเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในองค์ความรู้ที่ได้ให้กว้างขวาง และลึกซึ้งยิ่งขึ้น และนำสิ่งที่เชื่อมโยงแล้วไปอธิบายหรือยกตัวอย่างสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่นๆ หรือการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

4.1.5 การประเมินผล หมายถึงการที่นักเรียนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเองด้วยการวิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน รวมทั้งการทบทวนทดสอบและการบันทึกหลังเรียน

4.2 **วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา** หมายถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยกิจกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

4.2.1 การสร้างความสนใจ หมายถึงการกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามจากเหตุการณ์ จากสถานการณ์ จากรูปภาพ แผนภูมิ หรือจากสิ่งที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียน สนใจ แล้วครูกับนักเรียนร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของประเด็นที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ ได้แก่ การตั้งคำถาม การตอบคำถาม และการกำหนดเป้าหมาย

4.2.2 การสำรวจและค้นหา หมายถึงการที่นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนด้วยการอภิปราย กำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นหา คัดค้านคำตอบ กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ และลงมือปฏิบัติการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นหา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ ได้แก่ การพูดหรือบันทึกความคิด การวิพากษ์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการอธิบายความคิด

4.2.3 การอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึงการที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ค้นหา มาอภิปรายร่วมกัน แล้ววิเคราะห์ แปลผล สรุปผลเป็นความรู้ และนำเสนอ โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ ได้แก่ การอธิบายความคิด การวิพากษ์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ และการสร้างความคิดหลัก

4.2.4 การขยายความรู้ หมายถึงการที่นักเรียนร่วมกันนำความรู้ที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม เพื่อเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในองค์ความรู้ที่ได้ให้กว้างขวาง และลึกซึ้งยิ่งขึ้น และนำสิ่งที่เชื่อมโยงแล้วไปอธิบายหรือยกตัวอย่างสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ ได้แก่ การเชื่อมโยงความคิดหลัก และการสร้างความคิดหลัก

4.2.5 การประเมินผล หมายถึงการที่นักเรียนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจ และ

ความสามารถของตนเองด้วยการวิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการตรวจสอบผลลัพธ์จากการเรียนรู้ ได้แก่ การประเมินจุดเด่น จุดด้อย สิ่งที่น่าสนใจของสถานการณ์หรือสิ่งที่ได้เรียนรู้ การตรวจสอบสิ่งที่ได้เรียนรู้กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ รวมทั้งการทำแบบทดสอบ และการบันทึกหลังเรียน

4.3. วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา
หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยกิจกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 การสร้างความสนใจ หมายถึงการกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามจากเหตุการณ์ จากสถานการณ์ จากรูปภาพ แผนภูมิ หรือจากสิ่งที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียน สนใจ แล้วครูกับนักเรียนร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของประเด็นที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้

ได้แก่ การตั้งคำถาม การตอบคำถาม และการกำหนดเป้าหมาย และสะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

4.3.2 การสำรวจและค้นหา หมายถึงการที่นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนด้วยการอภิปราย กำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นหา คัดคะแนนคำตอบ กำหนดทางเลือก ที่เป็นไปได้และลงมือปฏิบัติ การสำรวจตรวจสอบค้นหาเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้ ได้แก่ การพูดหรือบันทึกความคิด การวิพากษ์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการอธิบายความคิดและสะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

4.3.3 การอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึงการที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ค้นหา มาอภิปรายร่วมกัน แล้ววิเคราะห์ แปลผล สรุปผลเป็นความรู้ และนำเสนอ โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้ ได้แก่ การพูดหรือบันทึกความคิด การวิพากษ์วิจารณ์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการอธิบายความคิด และสะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

4.3.4 การขยายความรู้ หมายถึงการที่นักเรียนร่วมกันนำความรู้ที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม เพื่อเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในองค์ความรู้ที่ได้ให้กว้างขวาง และลึกซึ้งยิ่งขึ้น และนำสิ่งที่เชื่อมโยงแล้วไปอธิบายหรือยกตัวอย่างสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ หรืออธิบายการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ ได้แก่ การเชื่อมโยง ความคิดหลัก การสร้างความคิดหลัก และสะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

4.3.5 การประเมินผล หมายถึงการที่นักเรียนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเองด้วยการวิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน โดยใช้การสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการตรวจสอบผลลัพธ์จากการเรียนรู้ ได้แก่ การประเมินจุดเด่น จุดด้อย สิ่งที่น่าสนใจของสถานการณ์หรือสิ่งที่ได้เรียนรู้ การตรวจสอบสิ่งที่ได้เรียนรู้กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ และสะท้อน ความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของการสะท้อนความคิด รวมทั้งการทำแบบทดสอบ และการบันทึกหลังเรียน

5. ผลการจัดการเรียนรู้ หมายถึงความสามารถทางสติปัญญาที่เกิดจากการเรียนรู้สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

5.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่

5.1.1 ความรู้ความจำ หมายถึงความสามารถในการระลึกประสบการณ์ที่เรียนรู้ ได้แก่ ศัพท์ นิยาม กฎ วิธีดำเนินการ และเกณฑ์

5.1.2 ความเข้าใจ หมายถึงความสามารถในการนำความรู้ความจำไปดัดแปลง

ปรับปรุง เพื่อให้สามารถจับใจความ หรือเปรียบเทียบ ย่นย่อเรื่องราว ความคิด และข้อเท็จจริง ต่างๆ ได้แก่ การแปลความ การตีความ และการขยายความ

5.1.3 การนำไปใช้ หมายถึงความสามารถในการนำความรู้และความเข้าใจ ไปใช้ในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน หรือในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน หรือแก้ปัญหาที่ แปลกใหม่

5.1.4 การวิเคราะห์ หมายถึงความสามารถในการแยกแยะพิจารณา รายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

5.1.5 การสังเคราะห์ หมายถึงความสามารถในการผสมผสานเรื่องราวหรือ สิ่งต่างๆ เข้าด้วยกัน ได้แก่ การสังเคราะห์ข้อความ และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

5.1.6 การประเมินค่า หมายถึงความสามารถในการวินิจฉัย ตัดสิน หรือตี ราค

เรื่องราว ความคิด หรือเหตุการณ์ ต่าง ๆ

ผลการเรียนรู้ด้านความรู้วิทยาศาสตร์วัดได้จากแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดย ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความจำและด้านความเข้าใจใช้ข้อสอบแบบปรนัย ส่วนด้านการ นำไปใช้ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประมาณค่า เป็นข้อสอบแบบอัตนัย ที่อาศัย

หลักการให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์รูบรีค

5.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความ ชำนาญ และความคล่องแคล่วในการคิดและปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการแสวงหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ประกอบด้วย ทักษะขั้นพื้นฐาน 1 ทักษะ และทักษะ ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ รวมเป็น 6 ทักษะ ดังนี้

5.2.1 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึงความสามารถ ในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่ โดยการ

เรียงลำดับ แยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยอาจ นำเสนอในรูปแบบตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม กราฟ สมการ และการเขียนบรรยาย โดยบอกเหตุผลในการเลือกการนำเสนอได้

5.2.2 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึงความสามารถในการอธิบาย หรือสรุปเกินข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยตรง โดยเพิ่มความคิดเห็นด้วย

5.2.3 ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึงความสามารถในการคิดหาคำตอบ ล่วงหน้าก่อนทำการทดลองที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งอาจได้มา จากการสังเกต ความรู้ หรือประสบการณ์เดิม

5.2.4 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึงความสามารถในการชี้บ่ง ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในสมมติฐาน รวมทั้งความสามารถในการควบคุมและการเปลี่ยนค่าตัวแปร

5.2.5 ทักษะการทดลอง หมายถึงความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผล

การทดลองรูปแบบต่างๆ

5.2.6 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึงความสามารถในการแปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะของข้อมูล และอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นความ

สัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วัดได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยอาศัยหลักการให้คะแนนด้วยเกณฑ์รูปรีด

5.3 ผลการเรียนรู้ด้านจิตวิทยาศาสตร์ หมายถึงคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความ สนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ความมี เหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีรายละเอียดดังนี้

5.3.1 ความสนใจใฝ่รู้ หมายถึงพฤติกรรมที่เชื่อว่าการทดลองและค้นคว้าจะทำให้ค้นพบวิธีแก้ปัญหาได้ มีความใฝ่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ และปัญหาใหม่ๆ อยู่เสมอ

5.3.2 ความรอบคอบ หมายถึง พฤติกรรมที่ยอมรับว่าความรอบคอบมีประโยชน์ เห็นคุณค่าของความรอบคอบ นำหลายวิธีการมาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน วางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลอง และทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย

5.3.3 การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น หมายถึง พฤติกรรมที่กล้าแสดงความคิดเห็นของตน รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มี เหตุผลของผู้อื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตน ยอมรับการเปลี่ยนแปลง รับฟังความคิดเห็นที่ตนเอง ยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจและยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ และพร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม

5.3.4 ความมีเหตุผล หมายถึงพฤติกรรมที่ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐาน หรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่างๆ ไม่เชื่อโชคลาง หรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้แต่จะพยายามอธิบายสิ่งต่าง

ๆ ในแง่เหตุและผล อธิบายหรือแสดงความคิดอย่างมีเหตุมีผล หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้อง หรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เสาะแสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านคำอธิบาย และรวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอเสมอก่อนจะลงสรุปเรื่องราวต่าง ๆ

5.3.5 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ หมายถึงพฤติกรรมที่มีส่วนร่วม ในการตัดสินใจกำหนดเป้าหมาย กำหนดกลวิธีเพื่อไปสู่เป้าหมาย และการประเมินผลงาน พร้อมที่จะ

ปรับตัว และเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานให้เข้ากันได้กับผู้อื่น และมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น

ผลการเรียนรู้ด้านจิตวิทยาศาสตร์วัดได้จากแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์รูปรีด

6. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้และการทำโครงการวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับการดำเนินชีวิต ดังนี้

6.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามสถานการณ์

หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ดำเนินการ

แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้จนบรรลุวัตถุประสงค์ ตามขั้นตอนดังนี้

6.1.1 การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึงความสามารถในการวิเคราะห์ว่าปัญหาคืออะไร มีสาเหตุมาจากอะไร

6.1.2 การวางแผนแก้ปัญหา หมายถึงความสามารถในการคิดหาวิธีแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลจากขั้นการทำความเข้าใจปัญหา ประกอบกับข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับปัญหานั้น ถ้ามีการทดลองต้องตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีการทดลอง และแนวทางประเมินผล

6.1.3 การดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึงความสามารถในการลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนกำหนดวิธีแก้ปัญหาไว้

6.1.4 การประเมินผล หมายถึงความสามารถในประเมินได้ว่าผลที่ได้ถูกต้องหรือบรรลุผลหรือไม่หากไม่บรรลุผลต้องย้อนกลับไปทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนแก้ปัญหาใหม่

6.1.5 การประยุกต์ใช้ หมายถึงความสามารถในการระบุได้ว่าวิธีการในการแก้ปัญหานั้น ๆ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นใดได้บ้าง

ความสามารถในการแก้ปัญหาวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์รูปรีด

6.2 ความสามารถในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ดำเนินการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับการดำเนินชีวิต ได้แก่ การกำหนดหัวข้อเรื่อง การค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน การทำโครงร่าง การดำเนินการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การทำรายงาน คุณภาพของงาน การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และการนำเสนอในงานนิทรรศการทางวิชาการ

ความสามารถในการทำโครงการวิทยาศาสตร์วัดได้จากแบบวัดความสามารถในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้คะแนนตามเกณฑ์รูปรีด

7. ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง หมายถึงความสามารถในการประเมินลักษณะของตนเองและบุคคลอื่น การประเมินลักษณะของงานหรือสถานการณ์ ความสามารถในการวางแผนหากลวิธีในการดำเนินงาน การกำกับติดตามการกระทำให้เป็นไปตามกลวิธีและการตรวจสอบผลลัพธ์จากงานหรือสถานการณ์ ดังนี้

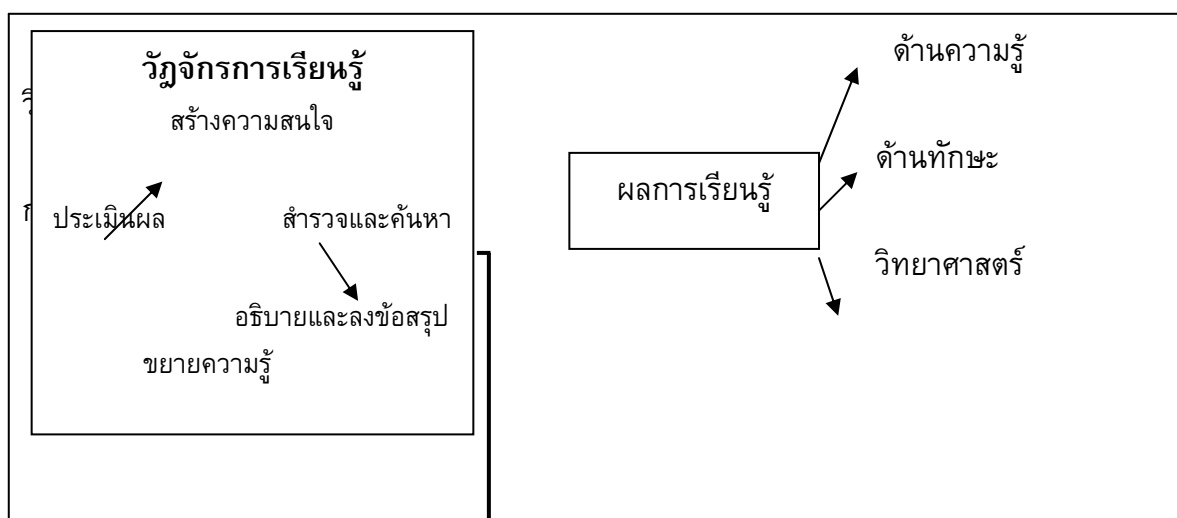
7.1 การประเมินสภาพการณ์เบื้องต้น หมายถึงความสามารถในการวิเคราะห์ลักษณะของบุคคลอื่นและลักษณะของตนเองที่จะส่งผลในทางบวก หรือทางลบต่อการดำเนินงาน และความสามารถในการวิเคราะห์ความยากง่ายหรือลักษณะเฉพาะของงานหรือสถานการณ์

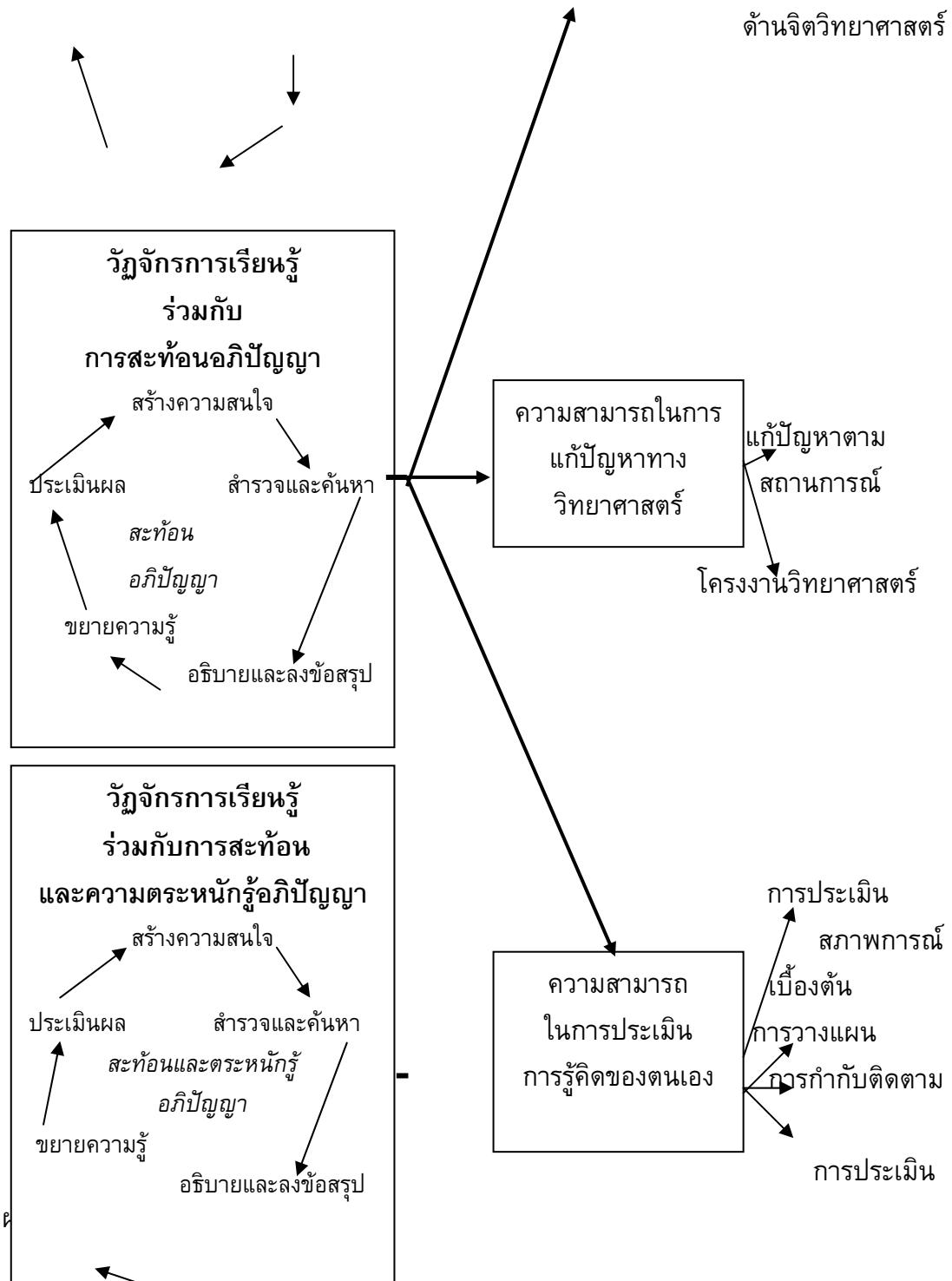
7.2 การวางแผน หมายถึงความสามารถในการกำหนดเป้าหมาย กำหนดวิธีการ จัดลำดับขั้นตอน และเลือกใช้วิธีการในการแก้ปัญหาจากงานหรือสถานการณ์

7.3 การกำกับติดตาม หมายถึงความสามารถในการพิจารณาทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเป็นไปได้เพียงใด มีความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนเพียงใด และวิธีการที่เลือกใช้ในการแก้ปัญหาเหมาะสมเพียงใด เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางแผนไว้

7.4 การประเมินผลลัพธ์ หมายถึงความสามารถในการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงการคิดแก้ปัญหาอื่นๆ ต่อไป

ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการประเมินการรู้คิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้วิธีการย้อนคิด (Retrospective Protocol) โดยให้คะแนนตามเกณฑ์รูปรีด





ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1.1 นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการสอนด้วย วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้

1.3 นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา มีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิ
 ปรายมีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการ
 ประเมินการตัดสินใจของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้

5. นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

5.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

5.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปรายที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปรายที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

5.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหาที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหาที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรคนิยม
2. วัฏจักรการเรียนรู้
3. พัฒนาการทางพุทธิปัญญา
4. เมตาคอกนิชัน
5. การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
6. การประเมินความสามารถในการคิด
7. การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรคนิยม (Constructivism)

อันเดอร์ฮิลล์ (Underhill. 1991 : 229-248) ได้เสนอสมมติฐานเกี่ยวกับกลไกการเรียนรู้ ตามแนวคิดทฤษฎีสรคนิยม ดังนี้

1. ความขัดแย้งทางปัญญาและความอยากรู้อยากเห็นเป็นกลไกสำคัญในการกระตุ้นให้
ผู้เรียนเรียนรู้

2. การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา
3. ความขัดแย้งทางปัญญาทำให้เกิดกิจกรรมไตร่ตรอง
4. การไตร่ตรองกระตุ้นให้เกิดการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา
5. ข้อ 1 ถึงข้อ 4 เกิดขึ้นเป็นวงจร
6. วงจรนี้เกิดขึ้นโดยประสบการณ์ของผู้เรียน
7. วงจรนี้ช่วยให้ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ของตนเองได้

วัญญา จีระพูลสุวรรณ (162-168) กล่าวว่าปรัชญาสรคนิยม เป็นการมองโลกเกี่ยวกับธรรมชาติที่มีอยู่จริง ได้แก่ ธรรมชาติของความรู้ ธรรมชาติของปฏิสัมพันธ์ และธรรมชาติของ

วิทยาศาสตร์ มีพื้นฐานแนวคิดมาจากจิตวิทยาพัฒนาการของเพียเจต์ ที่อธิบายถึงการนำความรู้ใหม่มาสอดแทรกในความรู้เดิม และการปรับเปลี่ยนโครงสร้างความรู้เดิมให้เข้ากับความรู้ใหม่ จิตวิทยาความรู้ความเข้าใจที่อธิบายถึงการใช้กรอบความรู้เดิม แปลความหมายประสบการณ์

สรณนิคมเชิงสังคมที่อธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียน

การเรียนรู้ตามแนวคิดสรณนิคมมีดังนี้

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างโดยใช้ฐานจากประสบการณ์เดิม
2. ผู้เรียนจะสร้างความหมายจากประสบการณ์และจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล
3. กิจกรรมการเรียนรู้ควรให้ผู้เรียนได้รับและเข้าถึงประสบการณ์ด้วยตนเอง
4. การสร้างความรู้เป็นกระบวนการควบคุมตนเอง
5. ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดเห็นและไตร่ตรองความรู้ความเข้าใจ
6. ผู้เรียนมีโอกาสประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง
7. ผลผลิตการเรียนรู้เกิดจากสิ่งที่ผู้เรียนทำงานร่วมกัน

บทบาทของครูตามแนวคิดสรณนิคม

1. แนะนำแนวคิดใหม่
2. ติดตามและวินิจฉัยกิจกรรมการเรียนการสอน
3. ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมสนทนา
4. เชื่อมโยงโลกของเด็กกับโลกของวิทยาศาสตร์

สูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2537 : 50-56) กล่าวว่าทฤษฎีสรณนิคม เป็นการนำทฤษฎีทางจิตวิทยาและปรัชญาการศึกษาที่หลากหลาย ได้แก่ ปรัชญาของดิวอี้ กู๊ดแมน เพียเจต์ บรูเนอร์ ออชเชล และไวทสกี้ เน้นการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง พวกเขาเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ได้รับเพื่อค้นหาความจริง สารสำคัญของทฤษฎีนี้มีดังนี้

1. ความรู้คือการสร้างความจริงตามที่เป็นอยู่ ซึ่งแต่ละคนจะค้นพบ ตามความคาดหวัง หรือความเชื่อเดิม หรืออาจเนื่องจากการปรับเปลี่ยน ขยายความคิดหรือความเชื่อเดิม จนก่อให้เกิดความเข้าใจใหม่

2. หลักการของทฤษฎีสรณนิคม มีดังนี้

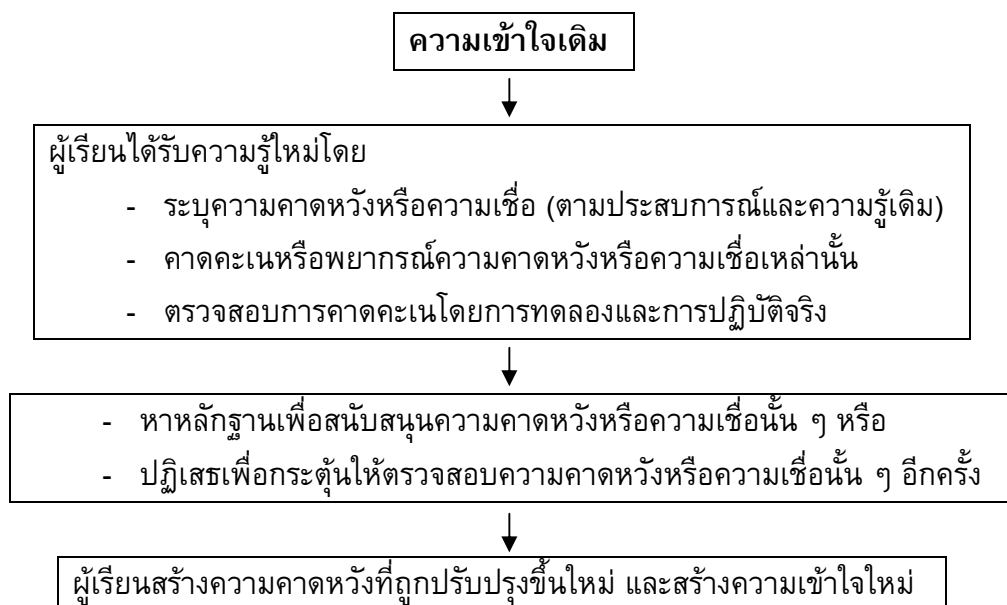
2.1 คนเราจะไม่รู้อย่างแท้จริงว่าโลกเป็นอย่างไร จนกว่าจะสร้างความเชื่อเกี่ยวกับโลกขึ้นมาเอง

2.2 แม้ว่าคนเราจะมีเชื่อเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอยู่แล้ว แต่หากได้รับข้อมูลหรือสถานการณ์ใหม่เพิ่มเติมอาจเปลี่ยนแปลงความเชื่อได้

2.3 คนเราสร้างความบนพื้นฐานของความเชื่อที่มีอยู่ก่อนแล้ว จากความสามารถในการให้เหตุผลและจากความปรารถนาที่จะประสานความเชื่อกับสิ่งที่ตนสังเกตได้เชิงประจักษ์

นักสรณนิคมถือว่าประสบการณ์ใหม่ที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิมเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัว ผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างความรู้

โดยอาศัยการเชื่อมต่อระหว่างการเรียนรู้ความรู้และประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นใหม่
ผู้เรียนจะปรับสารสนเทศใหม่กับความเข้าใจที่มีอยู่เดิม จนในที่สุดจึงเกิดความเข้าใจใหม่ดัง
แผนภาพ



ภาพประกอบ 2 การสร้างความเข้าใจตามทฤษฎีสมรรถนิยม

3. คุณลักษณะของทฤษฎีสมรรถนิยม มีดังนี้
 - 3.1 ผู้เรียนเป็นผู้สร้างและค้นพบหรือแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
 - 3.2 การเรียนรู้ใหม่จะเกิดขึ้นย้อมขึ้นกับความเข้าใจในบทเรียนปัจจุบัน
 - 3.3 การเรียนรู้จะเกิดได้สะดวกเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม
 - 3.4 การเรียนรู้อย่างมีความหมาย จะต้องดำเนินการภายใต้การปฏิบัติในสภาพจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด
4. รูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีสมรรถนิยม มีขั้นตอน ดังนี้
 - 4.1 ขั้นชักชวน (Invitation)
 - 4.2 ขั้นสำรวจ / ค้นพบ / สร้าง (Exploration / Discovery / Creation)
 - 4.3 ขั้นนำเสนอผลการศึกษาและการแก้ปัญหา (Proposing Explanation and Solutions)
 - 4.4 ขั้นประยุกต์หรือนำไปใช้ (Take Action)
5. บทบาทครูวิทยาศาสตร์กับการสอนตามทฤษฎีสมรรถนิยม
ครูใช้บทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก ดังนี้
 - 5.1 เป็นผู้นำเสนอกิจกรรม (Presenter)
 - 5.2 เป็นผู้สังเกต (Observer)
 - 5.3 เป็นผู้ตั้งคำถามและเสนอปัญหา (Question Asker and Problem Poser)

- 5.4 เป็นผู้จัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ (Environment Organizer)
- 5.5 เป็นผู้ประสานการประชาสัมพันธ์ (Public Relation Coorganizer)
- 5.6 เป็นผู้รวบรวมข้อมูลการเรียนรู้ (Documenter of Learning)
- 5.7 เป็นผู้สร้างทฤษฎี (Theory Builder)
- 6. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้ มีดังนี้
 - 6.1 ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรม
 - 6.2 กิจกรรมการเรียนรู้ควรเชื่อมโยงกับประสบการณ์หรือพื้นความรู้เดิมของนักเรียน
 - 6.3 กิจกรรมการเรียนรู้ควรสะท้อนโลกแห่งความเป็นจริงหรือใกล้เคียงชีวิตจริง
 - 6.4 กิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นกิจกรรมกลุ่มเล็ก
- 7. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ มีดังนี้
 - 7.1 จัดกิจกรรมให้เชื่อมโยงกับพื้นความรู้เดิมของนักเรียน
 - 7.2 ให้ผู้เรียนเป็นผู้แสวงหา ค้นพบ และสร้างความรู้
 - 7.3 ใช้กระบวนการกลุ่มหรือการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยน

ความรู้ ความคิด และทัศนคติ ตลอดจนทักษะการสื่อสารและทักษะทางสังคม

สรุปได้ว่า นักจิตวิทยากลุ่มสมรรถนิยมได้ประยุกต์ทฤษฎีทางจิตวิทยาและปรัชญาการศึกษาที่หลากหลาย และเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ได้รับ เพื่อค้นหาความจริง ความขัดแย้งทางปัญญา และความอยากรู้อยากเห็นเป็นกลไกสำคัญในการกระตุ้นให้

ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยการเชื่อมต่อระหว่างการเรียนรู้ ความรู้และประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นใหม่ ทั้งนี้ต้องอาศัยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคลอื่นด้วยจากแนวคิดสมรรถนิยม ได้พัฒนาเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนหลายแบบ แบบหนึ่งที่มีความสอดคล้องกับแนวคิดนี้คือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยมีแนวคิดดังนี้

คณะทำงานหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สสวท. (2540 : 11) กล่าวว่า แนวคิดสมรรถนิยมถือว่าการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดจากตัวนักเรียนเอง การเรียนการสอนที่เหมาะสมแบบหนึ่งคือ การให้

ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry)

แอนเดอร์สัน (Anderson. 2003 : 2) เสนอลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ว่า หัวใจของการสืบเสาะหาความรู้คือการตั้งคำถาม นักเรียนต้องสนใจที่จะค้นหาคำตอบ เริ่มตอบคำถามที่อยากรู้อยากเห็นด้วยการสำรวจตรวจสอบข้อมูล อธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อตอบคำถามที่สงสัย ขยายแนวคิดจากการอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลไปเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และประเมินความรู้ที่ได้พร้อมทั้งเสนอและปรับปรุงความรู้ที่ได้

2. วงจรการเรียนรู้ (Learning Cycle)

2.1 ความเป็นมาของวงจรการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ กลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) เสนอกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิมเป็นความรู้หรือแนวคิดของผู้เรียนเอง เรียกรูปแบบการสอนนี้ว่า Inquiry cycle หรือวงจรการเรียนรู้ โดยมีการพัฒนามาตามลำดับดังนี้

คาร์พลัส (Karplus. 1977 : 169-175) นำเสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้ เพื่อใช้ปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์สหรัฐอเมริกา มีกิจกรรม 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสำรวจ (Exploration) นักเรียนจะได้พบสิ่งเร้าใหม่ กระตุ้นให้อยากเรียนรู้ และอาจถูกทำให้อยู่ในสภาวะที่ไม่สมดุลโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้

2. การเกิดความคิด (Invention or Clarification)

3. การค้นพบ (Discovery or Application)

ลอว์สัน (Lawson.1984 : 423) สรุปว่าวงจรการเรียนรู้ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของ

ทฤษฎี

พัฒนาการทางสติปัญญา มีข้อได้เปรียบที่ในการสำรวจนักเรียนได้ค้นพบในขั้นการสำรวจ มีโอกาสได้อธิบายความคิดในขั้นเกิดความคิด และได้ฝึกทบทวนในขั้นการค้นพบ ซึ่งทั้ง 3 ขั้นตอนจะนำ นักเรียนไปสู่สภาวะสมดุล โดยได้ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล

โคเฮน สแตนเลย์ และโฮรัค (Cohen, Stanley and Horak. 1985 : 114-120) ได้จัด

วงจรการเรียนรู้เป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่การสำรวจ (Exploration) อาจเริ่มต้นด้วยการบรรยาย การให้อ่าน ให้อู่วิดทัศน์ เพื่อจูงใจให้เกิดความสนใจโน้ตชนใหม่ อาจเป็นการสำรวจแบบปลายเปิด สำรวจแบบแนะแนวทาง หรือสำรวจแบบสังเกตการแสดงออก (Expression) เป็นการเปิดโอกาสให้

นักเรียนแสดงออกถึงความเข้าใจที่ได้จากการสำรวจแล้วนำมาสร้างรูปแบบแนวคิดให้ได้โน้ตชนใหม่ ได้แก่

1. การให้นิยามหรือชื่อ (Labelling) นักเรียนจะร่วมกันให้นิยามและชื่อจากผลการแสดงออกร่วมกัน

2. การนำไปใช้ (Application) เป็นการนำกระบวนการและมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2.2 วัฏจักรการเรียนรู้ตามแนวคิดของกลุ่ม BSCS (Biological Science

Curriculum Study)

วัฏจักรการเรียนรู้ตามแนวคิดของกลุ่ม BSCS ปัจจุบัน มี 5 ขั้นตอน (5E) ดังนี้ (Barman and Michael. 1989 : 30-32)

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการทำให้ผู้เรียนสนใจใคร่รู้ในกิจกรรมที่จะนำเข้าสู่บทเรียน อาจเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้กับปัจจุบันและควรเป็นกิจกรรมที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสนใจจดจ่อที่จะศึกษาความคิดรวบยอด กระบวนการหรือทักษะ และเริ่มคิดเชื่อมโยงความคิดรวบยอด กระบวนการหรือทักษะกับประสบการณ์เดิม ครูจะต้องกระตุ้นผู้เรียนโดยการตั้งคำถาม กำหนดปัญหา สร้างเหตุการณ์ที่ขัดแย้ง และสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งเป็นวิธีดึงดูดความสนใจของผู้เรียน และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ผลสำเร็จของกิจกรรมสร้างความสนใจคือทำให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น และต้องการศึกษาหาความรู้อย่างลึกซึ้ง

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างและพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะ โดยการให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนในการทำกิจกรรมการสำรวจและค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ ตามความคิดเห็นของผู้เรียนแต่ละคน หลังจากนั้นผู้เรียนแต่ละคนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับความคิดรวบยอดกระบวนการ และทักษะ เป็นโอกาสที่ผู้เรียนจะได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของผู้เรียนที่ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยการให้ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับความคิดเห็นของผู้เรียน ต้องคำนึงถึงความรู้เดิมของผู้เรียน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการสอน และช่วยจำแนกแยกแยะหรือจัดกลุ่มความรู้ความสามารถของนักเรียนตามประเด็นปัญหา ผู้เรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงการสังเกต การจำแนกตัวแปร และคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้นได้

3. การอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการ

อธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ครูควรให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับทักษะหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ การอธิบายนั้นต้องการให้ผู้เรียนได้ใช้ข้อสรุปร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ ครูควรชี้แนะผู้เรียนเกี่ยวกับการสรุปและการอธิบายรายละเอียดโดยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายด้วยตัวเอง ครูเพียงแต่ชี้แนะผ่านทางกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสดำเนินการในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิด รวบยอดให้ชัดเจน ผู้เรียนควรจะสามารถอธิบายความคิดรวบยอดได้อย่างเข้าใจ โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้เดิม และสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือ

เพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและปฏิบัติตามที่ผู้เรียนต้องการ ในกรณีที่ผู้เรียนไม่เข้าใจหรือยังสับสนอยู่หรืออาจจะเข้าใจเฉพาะข้อสรุปที่ได้จากการปฏิบัติการสำรวจและค้นหาเท่านั้น ควรให้ประสบการณ์ใหม่ ผู้เรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น ผู้เรียนจะได้รับความรู้เพิ่มเติมในสิ่งที่เขาสนใจ และได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ชำนาญมากขึ้น เป้าหมายที่สำคัญของขั้นนี้คือการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด หลักการ กระบวนการ และทักษะเพิ่มขึ้น

5. การประเมินผล (Evaluation) ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง ครูต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจ

และความสามารถของตนเอง และครูก็ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย

การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปใช้ครูควรจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน ครูควรพิจารณาตรวจสอบบทบาทของครู และผู้เรียนในการปฏิบัติ กิจกรรมแต่ละขั้นตอนว่าสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5E หรือไม่ โดยตรวจสอบจาก ตารางต่อไปนี้ แล้วปรับหรือพัฒนากิจกรรมให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง

ตาราง 1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
1. การสร้างความสนใจ (Engagement)	-สร้างความสนใจ -สร้างความอยากรู้อยากเห็น -ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด -ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือเนื้อหาสาระ	-อธิบายความคิดรวบยอด -ให้คำจำกัดความและคำตอบ -สรุปประเด็นให้ -จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ -บรรยาย

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration)	-ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจคำตอบ -สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน -ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน -ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ -ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	-เตรียมคำตอบไว้ให้ -บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา -จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ -บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก -ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา -นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้น
--------------------------------------	--	---

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
3. การอธิบาย (Explanation)	-ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิดหรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง -ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง -ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ -ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด	-ยอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบ -ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน -แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิดหรือความคิดรวบยอดหรือทักษะ

4. การขยายความรู้ (Elaboration)	-คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการสืบค้นส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว -ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ -ให้นักเรียนอธิบายอย่างหลากหลาย -ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวคิดอะไร(ที่จะนำกลวิธีจากการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)	-ให้คำตอบที่ชัดเจน -บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก -ใช้เวลามากในการบรรยาย -นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน -อธิบายวิธีแก้ปัญหา
------------------------------------	---	---

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E

5. การประเมินผล (Evaluation)	-สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ -ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน -หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม -ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม -ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไร นักเรียนเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้น และจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร	-ทดสอบคำนิยามศัพท์และข้อเท็จจริง -ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอดใหม่ -ทำให้คลุ้มเครือ -ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ
---------------------------------	---	---

ตาราง 2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้

ขั้นตอนการเรียนการสอน	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
1. การสร้างความสนใจ (Engagement)	-ถามคำถามเช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ -แสดงความสนใจ	-ถามหาคำตอบที่ถูกต้อง -ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูกต้อง -ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบาย -ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
2. การสำรวจและค้นหา	-คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขต	-ให้คนอื่นคิดและสำรวจ

(Exploration)	-ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน -คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ -พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น ๆ -บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น -ลงข้อสรุป	ตรวจสอบ -ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นน้อยมาก -ปฏิบัติอย่างสับสน ไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน -เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิดต่อ
3. การอธิบาย (Explanation)	-อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ -ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ -ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย -ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย -อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว -ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบคำอธิบาย	-อธิบายโดยไม่มีการเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม -ยกตัวอย่างและประสบการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกัน -ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล -ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่น ซึ่งมีเหตุผลพอที่จะเชื่อถือได้

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E

4. การขยายความรู้ (Elaboration)	-นำการชี้ออกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบาย และทักษะ ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม -ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง -ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ -บันทึกการสังเกตและอธิบาย -ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ	-ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน -ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ -อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้หรือกำหนดให้ -ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับมาแล้ว -ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิด และอธิบายให้คำจำกัดความโดยใช้ความจำ -ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความพอใจด้วยคำพูดของตนเอง
5. การประเมินผล (Evaluation)	-ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกตหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว -แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ -ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง -ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป	

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถสะท้อนให้เห็นได้ว่า ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร และผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างไร ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้จึงเป็นทั้งรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน และเป็นรูปแบบการสอนของครู

2.3 วัฏจักรการเรียนรู้ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และ

เทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 44-45) ได้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยได้พัฒนา

กระบวนการเรียนรู้มาตามลำดับ ในระยะเริ่มแรกเน้นการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แต่กำหนดแนวการทำ

กิจกรรมค่อนข้างมาก ให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกคิดตาม ระยะต่อมาพัฒนาให้มีปัญหาปลายเปิด ให้นักเรียนได้คิดวางแผนออกแบบการทดลองและลงมือปฏิบัติ ฝึกค้นคว้าตรวจสอบด้วยความคิดของตนเองมากขึ้น การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ในระยะต่อมา คือกิจกรรมโครงงาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นกิจกรรมขั้นสุดยอดที่นักเรียนเป็นผู้ระบุปัญหาหรือคำถามตามความสนใจของตนเองหรือของกลุ่มแล้ววางแผน วิธีการที่จะแก้ปัญหาด้วยการสร้างทางเลือกที่หลากหลายโดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้อยู่ มีการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติ และประเมินผลการแก้ปัญหาสรุปเป็นความรู้ใหม่ และได้พัฒนาต่อมาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่ง

อาจเกิดขึ้นเองจากเรื่องที่สงสัย จากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้ออกมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่ศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่ จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่

สนใจศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วให้มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. การอธิบาย (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอต่อการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น

บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทางเช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โตแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้

เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากแสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. การประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า

นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากนั้นจึงนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น การนำความรู้และแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า Inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหา หลักการ และทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

สรุปได้ว่าในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนจะได้ค้นหาความรู้โดยการสอบถามและสำรวจตรวจสอบอย่างละเอียดถี่ถ้วน ทำให้ได้ประสบการณ์ตรงและส่งผลให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น หัวใจของการสืบเสาะหาความรู้คือการตั้งคำถาม การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ วัฏจักรการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ผู้เรียนได้สัมผัสและมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เพื่อนำประสบการณ์ใหม่ปรับให้เข้ากับ ประสบการณ์เดิมหรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยมีครูคอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย การสร้างความสนใจ การสำรวจและค้นหา การอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้และการประเมินผล

2.4 งานวิจัยเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรการเรียนรู้ทั้งในประเทศและต่างประเทศมีดังนี้

จันทร์พร พรหมมาศ (2537 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อสัมฤทธิ์ผลและพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน

มัธยมศึกษาตอนต้น พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจอยู่ในขั้นควรปรับปรุง ขั้นการสร้างมโนทัศน์อยู่ในขั้นพอใช้ และขั้นนำมโนทัศน์ไปใช้อธิบายในระดับพอใช้ โดยนักเรียนกลุ่มความสามารถทางการเรียนสูงมีพฤติกรรมทุกขั้นดีกว่ากลุ่มความสามารถทางการเรียนต่ำ กลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และ

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม ยกเว้นนักเรียนกลุ่มต่ำในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีมโนทัศน์ไม่แตกต่างกัน

ประกาศิต จันทศ (2537 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการสอนวิชาเคมี เรื่องตารางธาตุ ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ประยุกต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองแตกต่างจากการกลุ่มที่สอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 การแจกแจงระดับพัฒนาการทางสติปัญญาก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน และเจตคติต่อการสอนอยู่ในระดับดี

พิมพร วัฒนานนท์ (วิชาญ เลิศลพ. 2543 : 53 ; อ้างอิงจากพิมพร วัฒนานนท์. 2539) ได้ศึกษาการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นยุทธวิธีการเรียนรู้แบบวงจรมาปรับแผนการสอน พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่เรียนตามแผนการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2540 : 108-110) ได้ศึกษาจากการจัดหลักสูตรวิทยาศาสตร์ และ

มิติสัมพันธ์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโครงการส่งเสริมศักยภาพของนักเรียน ในโรงเรียนกรุงเทพมหานคร โดยจัดหลักสูตรแบบบูรณาการที่ใช้การเล่นเชิงวิชาการเป็นฐานของการเรียนรู้ ใช้ขั้นตอนการสอนแบบ 5E มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติทางบวกต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีเจตคติและค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะทางสังคมและจริยธรรม โดยจัดเป็นหลักสูตรที่ใช้สอนในชั้นเรียนกับหลักสูตรเสริมในศูนย์วิทยาการและศูนย์เพื่อนเด็ก จากการติดตามสอบถามครูผู้ใช้แผนการสอนพบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นักเรียนสนใจและมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ดารุณี เชื้อเจ็ดตน (วิชาญ เลิศลพ. 2543 : 53 ; อ้างอิงจากดารุณี เชื้อเจ็ดตน. 2540) ได้ศึกษาความสามารถในการสื่อความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นยุทธวิธีวัฏจักรการเรียนรู้ พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการ สื่อความหมายสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนว สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กิตติชัย สุทธาสโนบล (2541 : 72) ได้ศึกษาผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่มของกลุ่มทดลองที่ใช้ขั้นตอนการสอนแบบ 5E สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนตามปกติ

เปรมจิตร บุญสาย (2541 : 369-379) ได้ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E สอนบทปฏิบัติการพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ 5 สาขา 20 บทปฏิบัติการแก่นักเรียนชั้น

มัธยม ศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย(ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ด้านจิตพิสัย(เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไปคุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคม และคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ) และด้านทักษะพิสัย(ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่าก่อนทดลองสอน และนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนทุกด้านดังกล่าวสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของ สสวท.

วัฒนา จิรณสมบัติ (2542 : 75) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แผนการสอนแบบ 5E พบว่านักเรียนมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้ และนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้ยกเว้นทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และนักเรียนยังมีพฤติกรรมการปฏิบัติงานทางด้านวิชาการและทางด้านทักษะทางสังคมสูงกว่าร้อยละ 80

ทริณันท์ เฟื่องฟู (2542 : 72) ได้ศึกษาการออกแบบลำดับขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 5E ในการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบรวมชั้นในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเรื่องสสารและความร้อนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5-6 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับการสอนตามปกติ นักเรียนยังมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนแบบรวมชั้นและมีทักษะทางสังคมดีขึ้น

วิชาญ เลิศลพ (2543 : 113-114) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยวิธีจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบสสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E กับสสวท. วิชาฟิสิกส์ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มวัฏจักรการเรียนรู้และกลุ่มผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้กับสสวท. สูงกว่ากลุ่มสสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการแก้ปัญหาของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ความคงทนในการเรียนรู้ของกลุ่มวัฏจักรการเรียนรู้และกลุ่มผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้กับสสวท. สูงกว่ากลุ่มสสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มวัฏจักรการเรียนรู้ และกลุ่มผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้กับสสวท. สูงกว่ากลุ่มสสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 3-9) ได้ศึกษาพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาความคิดระดับสูงวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระยะที่ 1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน ใช้ครูสอน 5 คน คณะนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ คณะกันระยะเวลาทดลอง 4 สัปดาห์ 12 คาบเรียน โดยใช้ขั้นตอนการสอนแบบ 5E พบว่าส่วนมากครูจะดำเนินการในขั้นตอนการสร้างแรงบันดาลใจ ขั้นตอนการสำรวจและค้นหา และขั้นตอนอธิบายและลง

ข้อสรุป ส่วนขึ้นการขยายความรู้และขึ้นการประเมินผล ครูดำเนินการน้อยมาก บทบาทส่วนใหญ่ยังอยู่ที่ครู คำถามส่วนมากยังเป็นด้านความจำความเข้าใจ และใช้วิธีสอนแบบแก้ปัญหาโดยอ้อม นักเรียนได้คิดและปฏิบัติโดยครูคอยให้คำปรึกษาชี้แนะ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนส่วนมากอยู่ในระดับการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเชิงระบบอย่างมีเหตุผล รองลงมาพัฒนาขึ้นเป็นระดับการคาดคะเน หรือคาดเดาอย่างสมเหตุสมผล ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนลดลง ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ส่วนมากอยู่ในระดับการระดมความคิดและสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน และจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนส่วนมากเขียนตอบสั้น ๆ ไม่ชัดเจน ไม่ครบประเด็น ไม่อธิบายบริบท ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับความรู้เดิมหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ค่อยให้เหตุผล ขาดความรู้พื้นฐาน และการเรียบเรียงคำบรรยายสับสน ข้อเสนอแนะคือควรเตรียมความพร้อมให้ครูมากกว่านี้ ควรจัดเตรียมสื่อวัสดุอุปกรณ์ให้พร้อม และควรสอดแทรกทักษะการคิด ลักษณะการคิด และกระบวนการคิดในกระบวนการเรียนการสอน

เวอร์มอนต์ (Vermont. 1985 : 2473A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกลวิธีสอน 3 วิธี ที่พัฒนามาจากแนวคิดทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาการเรียนรู้ของเพียเจต์ และทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล ได้แก่ วัฏจักรการเรียนรู้ กลวิธีแบบเรียนรู้และพัฒนาความรู้ ความคิด และกลวิธีบรรยายประกอบการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของกลวิธีสอนที่มีต่อการเรียนรู้ในทัศน์เรื่องโมเลกุลและระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พบว่าทั้งสามกลวิธีมีประสิทธิภาพเท่ากัน โดยที่พัฒนาการทางสติปัญญาการเรียนรู้ตามทฤษฎีของเพียเจต์และการเรียนรู้ที่มีความหมายตามทฤษฎีของออสซูเบล ไม่ขึ้นอยู่กับการใช้ทั้งสามกลวิธี

จอห์น (John. 1986 : 2178A) ได้ศึกษาผลในระยะยาวของการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ และความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทางสติปัญญา การเรียนรู้ เชาว์ปัญญา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนเกรด 6 หลังสอนจบแล้ว 20 เดือน จึงเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ พบว่าระหว่างวิธีสอนและระหว่างเพศมีความแตกต่างกัน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กันจากการสอนสองวิธี และความคงทนในการเรียนรู้กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

นาสเสรี (Nasseri. 1986 : 894A) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนการสอนการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นมัธยมศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนด้านความเข้าใจ มโนทัศน์พื้นฐาน พบว่านักเรียนมีเจตคติในระดับดีต่อรูปแบบของวัฏจักรการเรียนรู้

สแตนเซล (Stancel. 1987 : 546-547A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนกายวิภาคและ สรีระวิทยาในวิทยาลัยชุมชน ในเขตชนบทมลรัฐอิลลินอยส์ ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ กับการสอนแบบบรรยาย พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองมีแนวโน้ม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติต่อการเรียน สูงกว่ากลุ่มควบคุม

ทอมเควีกซ์ (Tomkiewicz. 1988 : 1724A) ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS สอนวิชาชีววิทยานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยให้ครู 28 คน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความเชื่อซึ่งกันและกัน พบว่าครูมีความเห็นว่าการเรียนรู้ และประสบการณ์ที่ต่อเนื่องเป็นสิ่งสำคัญ ครูและนักเรียนเข้าใจธรรมชาติและปรัชญาวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความเห็นว่าการโต้แย้งกันทางความคิด เป็นธรรมชาติของมนุษย์ที่จะส่งผลให้สนใจ ตอบสนอง เข้าใจและเกิดความคิด รวบรวมด้วยตนเอง มีลักษณะความเป็นผู้นำ แปลความหมายกิจกรรมได้ด้วยตนเอง และมีความเชื่อมั่นมากขึ้น แนวคิดด้านการจัดการของครูเป็นระเบียบขั้นตอนดีขึ้น และสามารถพิจารณาการพัฒนาเครื่องมือที่จะใช้ในหลักสูตรได้

ฮอลล์ (Hall. 1989 : 2985A) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS ที่เน้นทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการในการพัฒนาความคิด รวบรวมกับการสอนตามปกติ สอนวิชาชีววิทยานักศึกษาระดับวิทยาลัย 119 คน พบว่าเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้เหตุผลและความคิดรวบยอดของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

แชดเบิร์น (Shadburn. 1990 : 1894A) ได้ทดลองใช้วัฏจักรการเรียนรู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ให้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 กลุ่มควบคุมสอนตามวิธีปกติ พบว่าการให้เหตุผลและเจตคติไม่แตกต่างกัน

ไซป์ (Sipe. 1990 : 2006A) ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS สอนวิชาชีววิทยานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถพิเศษทางวิชาการ 722 คน รัฐอินเดียนา โดยครู 2 กลุ่ม ครูกลุ่มแรก 20 คนเปิดโอกาสให้นักเรียนยังรู้ด้วยการเขียนบันทึกและสะท้อนความคิด รวบรวม ครูกลุ่มที่สอง 16 คนสอนด้วยการปลูกฝังเจตคติทางบวกและกระตุ้นให้ติดตามความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนหญิงที่เรียนกับครูกลุ่มแรกมีเจตคติ ความสนุกในการเรียน และสนใจเรียนในเวลาว่างมากกว่านักเรียนชายที่เรียนกับครูทั้งสองกลุ่ม นักเรียนชายที่มาจาก ครอบครัวฐานะดีมีการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่อนักเรียนกลุ่มแรกตัดสินใจเลือกความก้าวหน้าที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่ำกว่ากลุ่มที่สอง และนักเรียนกลุ่มแรกมีเจตคติทางบวกมากกว่ากลุ่มที่สอง

มิชทรี (Meichtry. 1991 : 211A) ศึกษาผลการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS สอนวิชาวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และ เกรด 8 ในโรงเรียนเขตชนบทเมืองซินซินนาติ โดยกลุ่มควบคุมเรียนตามวิธีปกติ เมื่อให้ทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้านความเข้าใจ การพัฒนาความคิด และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่ากลุ่มทดลองมีความเข้าใจในธรรมชาติ วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม

คูโม (Cummo. 1992 : 387A) ได้ศึกษาผลการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ต่อพัฒนาการทางสติปัญญา กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนเกรด 7 เขตชนบทรัฐโอไฮโอ พบว่า พัฒนาการด้านพุทธิพิสัย กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ

เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของชายกับหญิงไม่ต่างกัน

เบค (Backe. 1993 : 199A) ศึกษาผลของการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS กับนักเรียนเกรด 7 ในชนบทรัฐแคนซัส 3 โรงเรียน โดยให้สืบเสาะหาความรู้ร่วมกันในแต่ละโมเดล แล้วนำมาแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่ากลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนตามวิธีปกติ แต่เจตคติของชายและหญิงของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

โฟราวิ (Forawi. 1996 : 1082A) ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาชีววิทยานักเรียน 320 คน โดยครู 8 คน จัดนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 สอนด้วยวิธีตามปกติ กลุ่มที่ 2 สอนด้วยการสืบเสาะหาความรู้ กลุ่มที่ 3 สอนด้วยการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้ตำราเรียน BSCS ใช้เวลา 4 เดือน ใช้วีดิทัศน์ช่วยในการสังเกตพฤติกรรม พบว่ากลุ่มที่ 2 มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ความรู้ด้านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการสรุปเนื้อหาเป็นหนึ่งเดียว สูงกว่ากลุ่มที่ 1

เบลค (Blake. 1996 : 4713A)) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS ที่ใช้ครูกับนักเรียนเป็นศูนย์กลางกับที่ใช้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง สอนวิชาวิทยาศาสตร์นักเรียนเกรด 6 ในเขตชนบทเมืองชิคาโก พบว่าครูสามารถจัดความเหมาะสมของกิจกรรมได้ทั้ง 2 กลุ่ม ครูสามารถวัดความเชื่อ เนื้อหา และการจับคู่กับสถานการณ์จริงได้ สามารถจัดตารางกิจกรรมและการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ และครูสามารถฝึกจนรู้ว่าจะจัดการเรียนการสอนอย่างไรด้วยตนเอง

โทรวบริดจ์ (Trowbridge. 1996 : 631A)) ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS สอนวิชาชีววิทยานักเรียนเกรด 12 ประเทศเม็กซิโก โดยให้นักเรียนสร้างแผนที่ความคิดรวบยอดเพื่อดูแนวโน้มการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ด้านการเรียนรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดรวบยอดของหลักการทางวิทยาศาสตร์ความเข้าใจประเด็นทางวิทยาศาสตร์ในบทความหนังสือพิมพ์ และการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์วัดหลักฐานที่เป็นจุดประสงค์ส่วนบุคคลและสังคม โดยใช้ข้อมูลทางประวัติศาสตร์ สิ่งแวดล้อม แหล่งธรรมชาติ และผลกระทบทางสังคมประกอบการพิจารณา เพื่อตอบคำถาม การแปลความหมายการพัฒนาแบบการเรียนรู้ การเรียนการสอน และระดับของการเรียนรู้ พบว่าความคิดรวบยอดอยู่ในเกณฑ์ดี แต่ทักษะกระบวนการในวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์กายภาพยังอยู่ในระดับต่ำ

ไอเคิร์ต (Ikerd. 1996 : 1361A) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ BSCS แบบบูรณาการเนื้อหาชีววิทยาเรื่องการหายใจ การจัดกลุ่มสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศของทะเลและกิจกรรมโครงการ กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายรัฐมิชิแกน 46 คน พบว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหา กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

เซเนกา (Seneca. 1998 : 3895A) ได้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย การคิดเลียนแบบ การวางแผน แผนที่ความคิด เป็นแบบฝึกความคิดรวบยอดแก่นักศึกษาคูวิทยาศาสตร์ โดยค่อย ๆ เปลี่ยนวิธีการเรียน วิธีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง การค้นพบ และการสืบเสาะหาความรู้ พบว่ากลุ่มทดลองสามารถประยุกต์ยุทธศาสตร์ที่ส่งผลต่อการสร้างความรู้เนื้อหาวิชา เปลี่ยนความเชื่อในวิชาวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนความเชื่อในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

เมอเคล (Merkel. 1998 : 1448A) ศึกษาความคิดเห็นของครูวิทยาศาสตร์โรงเรียนประถมศึกษารัฐแคลิฟอร์เนีย ที่นำวัฏจักรการเรียนรู้ไปสอนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นเวลา 2 ปี พบว่าครูเกิดการเปลี่ยนแนวคิดและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ได้ ครูเปลี่ยนพฤติกรรมการสอนและเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และครูมีความต้องการหลักสูตรสำเร็จรูปน้อยกว่าหลักสูตรที่เปลี่ยนแปลงความคิด

ลี (Lee. 1998 : 3072A) ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้สอนการปฏิบัติการชีววิทยาแก่นักเรียนเกรด 12 ในมหาวิทยาลัยโอไฮโอรัฐแคนซัส โดยให้ปฏิบัติการใน 3 สถานการณ์พื้นฐานของการใช้เหตุผลคือสภาพทางสังคม การเรียนรู้ร่วมกัน และบทบาทในการเรียนรู้ด้วยตนเอง วัดการพัฒนาความคิดรวบยอดตอนเริ่มต้น ตอนกลาง และตอนสุดท้าย พบว่าสิ่งที่มีผลต่อความคิด รวบยอดได้แก่นเนื้อหาวิชา ผู้เรียน ครู และสภาพแวดล้อมในการเรียน

ทีน (Tien. 1999 : 2915A) ได้ใช้วัฏจักรการเรียนรู้ MORE (Model Observe Reflect Explain) ทดลองสอนวิชาเคมีแก่นักศึกษามหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย โดยให้ทำโครงการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย การสำรวจตรวจสอบความคิดรวบยอดโดยการสืบสวนสอบสวนด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการอภิปราย และการค้นพบ พบว่ากลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิชาเคมี ความคิดรวบยอดวิชาเคมี ทักษะการสืบสวนสอบสวน และความเชื่อด้านการปฏิบัติการด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

ฮิลล์ (Hill. 2000 : <http://thailis.uni.net.th/eric/detail/nsp.>) ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้สอนปฏิบัติการเคมีเพื่อชีวิต สิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์สุขภาพ แก่นักเรียนเกรด 7 และเกรด 8 โดยใช้วีดิทัศน์ ภาพเคลื่อนไหว และภาพเลียนแบบ อาศัยกิจกรรมทำงานร่วมกันอย่างกระฉับกระเฉงและการสืบเสาะหาความรู้โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ดี

แมคคอย (McCoy. 2001 : 218A) ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนมัธยมศึกษารัฐโอริโซนาที่เรียนอ่อนโดยใช้ฐานข้อมูลที่นักเรียนเลือกหัวข้อเรื่องเอง พบว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนสูงขึ้น ฐานข้อมูลสนับสนุนการเรียนรู้รายบุคคลได้ดี นักเรียนสามารถสะท้อนผลลัพธ์ด้วยการเขียนรายงานการวิจัยได้ดี และมีความคงทนในการเรียนรู้

บิลลิง (Billings. 2001 : 89A) ศึกษาการใช้วัฏจักรการเรียนรู้สอนวิชาฟิสิกส์แก่นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายรัฐมิชิแกนจำนวน 28 คน พบว่านักเรียนร้อยละ 75 สนุกสนานในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 10 รู้สึกธรรมดาในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 32 มีความรู้สึกที่ดีขึ้นต่อกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 66 เห็นด้วยกับวิธีสอน และนักเรียนร้อยละ 85 มีระดับความสามารถเพิ่มขึ้น

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ รูปแบบที่น่าสนใจ คือวัฏจักรการเรียนรู้ ซึ่งจากงานวิจัยเห็นได้ว่าวัฏจักรการเรียนรู้ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติทาง

วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังส่งผลที่ดีต่อการพัฒนาความคิดระดับสูง การพัฒนาความคิดด้วยตนเอง การพัฒนาความเชื่อมั่นในตนเอง การพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และความเชื่อในวิธีการทางวิทยาศาสตร์

3. พัฒนาการทางพุทธิปัญญา

3.1 พัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ ฌัก ฌาคอง (2536 : 8-62) กล่าวว่า เพียเจต์แบ่งพัฒนาการของเด็กเป็น 3 วัย ดังนี้

3.1.1 วัยทารก (Infancy) เป็นพัฒนาการในวัยตั้งแต่แรกเกิดถึงอายุ 2 ปี มีพัฒนาการด้านประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว สถิติปัญญาเป็นพื้นฐานของพัฒนาการทางภาษาเป็นการค่อยๆ แยกคนออกจากวัตถุ เปลี่ยนความเข้าใจวัตถุจากที่เป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับการกระทำของตนมาเป็นวัตถุภายนอกที่มีไว้สำหรับให้คิดหรือสำรวจ และแยกสัญลักษณ์ออกจากวัตถุ โดยอาศัยความแตกต่างทางกายภาพในมิติของเวลาและสถานที่

3.1.2 วัยเด็กตอนต้น (Early Childhood) เด็กสามารถคาดการณ์และทำความเข้าใจกับ เหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง โดยการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้างและการปรับโครงสร้างให้เข้ากับสิ่งเร้าที่อยู่รอบตัว

3.1.3 วัยเด็กตอนกลางและวัยรุ่น (Middle Childhood and Adolescence) สมองของเด็กวัยนี้เปรียบเป็นระบบพุทธิปัญญาซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลในปริมาณและความซับซ้อนที่แตกต่างกันด้วยการใส่รหัส บันทึก นำออกมาใช้ และเปรียบเทียบ พัฒนาการของเด็กวัยนี้มีดังนี้

3.1.3.1 ความสามารถในการประมวลผลข้อมูล (Information Processing Capacity)

3.1.3.2 ความชำนาญเฉพาะด้าน (Domain – Specific Knowledge)

3.1.3.3 ปฏิบัติการด้วยรูปธรรมและปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Concrete and Formal Operation)

3.1.3.4 การคิดเชิงปริมาณ (Quantitative Thinking)

3.1.3.5 การรู้เชิงเกม (A Sense of Game)

3.1.3.6 อภิปัญญา (Metacognition) เป็นความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับปัญญาของตนเอง

3.1.3.7 การปรับปรุงความสามารถที่มีอยู่แล้ว (Improving Existing Capacity)

สรุปได้ว่าเด็กวัยรุ่นมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูล มีความชำนาญเฉพาะด้านสามารถปฏิบัติการด้วยรูปธรรมและนามธรรมได้ เข้าใจการคิดเชิงปริมาณ เข้าใจรูปแบบและรายละเอียดของเกม มีอภิปัญญา และรู้จักการปรับปรุงความสามารถเดิม

3.2 พุทธิปัญญาตามแนวคิดของบลูม

สมนึก ภัททิยธนี (2536 : 28-34) กล่าวว่า Bloom ได้จำแนกพฤติกรรมด้านพุทธิปัญญา ออกเป็น 6 ด้าน 21 พฤติกรรมย่อย ดังนี้

3.2.1 ความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึงความสามารถของสมองในการเก็บสะสม เรื่องราวและประสบการณ์ต่าง ๆ ที่รับรู้มา และสามารถระลึกถึงเรื่องราวนั้นออกมาได้ ได้แก่

3.2.1.1 ความรู้ในเนื้อเรื่อง หมายถึงความรู้ความจำเกี่ยวกับเนื้อหาสาระในเรื่อง ได้แก่

1) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม หมายถึงความรู้เกี่ยวกับศัพท์ นิยาม คำแปล ความหมาย อักษรย่อ สัญลักษณ์ เครื่องหมาย และรูปภาพ

2) ความรู้เกี่ยวกับกฎและความจริง หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับกฎ สูตร ความจริงตามเนื้อเรื่อง ขนาด ทิศทาง ปริมาณ เวลา คุณสมบัติ ระยะทาง การเปรียบเทียบคุณและโทษ

วัตถุประสงค์ สาเหตุ

3.2.1.2 ความรู้ในวิธีดำเนินการ หมายถึงความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนของกิจกรรม วิธีดำเนินเรื่องราว วิธีประพฤติปฏิบัติ ได้แก่

1) ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน หมายถึงความรู้เกี่ยวกับระเบียบ แบบแผน วัฒนธรรม ประเพณี คำสุภาพ ราชศัพท์ หรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่ตกลงกันในสังคม

2) ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม หมายถึงความรู้เกี่ยวกับการเรียงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนหลัง และความรู้เกี่ยวกับการคาดคะเนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นปัจจุบัน

3) ความรู้เกี่ยวกับการจัดประเภท หมายถึงความรู้เกี่ยวกับการจำแนก

แจกแจง และจัดประเภท

4) ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ หมายถึงความรู้เกี่ยวกับข้อกำหนดที่ยึดเป็นหลักแล้วนำไปเปรียบเทียบกับสิ่งต่าง ๆ ตามที่สังคมยอมรับ

5) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการ หมายถึงความรู้เกี่ยวกับวิธีปฏิบัติและขั้นตอนการทำงานที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ

3.2.1.3 ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง หมายถึงความสามารถในการค้นหาหลักการหรือหัวใจของเรื่อง เพื่อสร้างเป็นทฤษฎีหรือโครงสร้างของเนื้อเรื่องเหล่านั้น ได้แก่

1) ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการขยาย หมายถึงความรู้เกี่ยวกับหลักการหรือหัวใจของเรื่องที่เกิดจากหลาย ๆ ความคิดรวบยอดมารวมกัน ซึ่งความคิดรวบยอดหมายถึงลักษณะร่วมของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือของเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดขึ้นหลาย ๆ ครั้งหรือมีสิ่งเหล่านั้นหลาย ๆ อย่าง และความรู้เกี่ยวกับการขยายความต่อออกไปจากสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่รู้มา

2) ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง หมายถึงความรู้ที่เป็นทฤษฎีและโครงสร้างที่เป็นตัวร่วมเกี่ยวกับคติและหลักการของหลายเนื้อหาที่ไม่สัมพันธ์กัน ไม่เป็นชนิดเดียวกัน ไม่เป็นอย่างเดียวกันโดยตรง แต่อยู่ในเครือหรือสกุลเดียวกัน ความรู้เป็นสิ่งที่เคยได้รับประสบการณ์มาก่อน อาจเรียกว่าเป็นสติหรือการระลึกได้ ตั้งแต่ข้อที่ 2 ถึง 6 จะเป็นสิ่งที่เรียกว่าปัญญาซึ่งต้องใช้กระบวนการของความรู้และประสบการณ์มาประสานกันจึงจะเกิดพฤติกรรมเหล่านั้นได้

3.2.2 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึงความสามารถในการนำความรู้ความจำไปดัดแปลงปรับปรุง เพื่อให้สามารถจับใจความ เปรียบเทียบ ย่นย่อเรื่องราว ย่นย่อความคิด ย่นย่อ ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ทั้งยังสามารถอธิบายและเปรียบเทียบสิ่งที่มีลักษณะหรือมีสภาพคล้ายคลึงเป็นทำนองเดียวกับของเดิมได้ บุคคลที่มีความเข้าใจในสิ่งใดจะสามารถแปลความ ตีความหมายหรือขยายความเกี่ยวกับสิ่งนั้นได้ ได้แก่

3.2.2.1 การแปลความ หมายถึงความสามารถแปลสิ่งซึ่งอยู่ในระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่งได้ หรือแปลข้อความ หรือเปรียบเทียบเปรียบเทียบจากคำพังเพย สำนวน โวหาร คำแสดง และการถอดความ

3.2.2.2 การตีความ หมายถึงการจับใจความสำคัญของเรื่อง หรือการเอาเรื่องราวเดิมมาคิดในแง่ใหม่ เป็นการสรุปผลที่เกิดจากหลาย ๆ การแปลความที่สัมพันธ์กันเพื่อให้ได้ ความหมายใหม่อีกอย่างหนึ่ง

3.2.2.3 การขยายความ หมายถึงการคาดคะเนหรือคาดหวังว่าจะมีสิ่งนั้น เหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นในอดีตหรืออนาคต โดยอาศัยแนวโน้มที่รับรู้มาเป็นหลัก

3.2.3 การนำไปใช้ (Application) หมายถึงความสามารถในการนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวใด ๆ ไปใช้ในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน หรือในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ทำนองเดียวกัน หรือสามารถหาสิ่งของมาทดแทนสิ่งที่หายไป

3.2.4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึงการแยกแยะพิจารณาดูรายละเอียดสิ่ง

ต่าง ๆ

หรือเรื่องต่าง ๆ ว่ามีชิ้นส่วนใดสำคัญที่สุด ชิ้นส่วนสองชิ้นใดสัมพันธ์กันมากที่สุด ชิ้นส่วนเหล่านั้นอยู่รวมกันได้หรือทำงานรวมกันได้โดยอาศัยหลักการใด อาจเรียกว่าการพิจารณาไตร่ตรอง ได้แก่

3.2.4.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึงการพิจารณาหรือจำแนกว่าชิ้นใดส่วนใด เรื่องใด เหตุการณ์ใด ตอนใด สำคัญที่สุด มีจุดเด่นอย่างไร มีจุดประสงค์สำคัญอย่างไร หรือมีสิ่งซ่อนเร้นอย่างไร

3.2.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึงการค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่าง คุณลักษณะสำคัญของเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ว่าสองชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กัน รวมถึงการอุปมาอุปไมย

3.2.4.3 การวิเคราะห์หลักการ หมายถึงการพิจารณาชิ้นส่วน หรือส่วนปลีกย่อย ต่าง ๆ ว่าทำงานหรือเกาะยึดกันได้อย่างไรคงสภาพเช่นนั้นได้เพราะใช้หลักการใดเป็นแกนกลาง

3.2.5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นเรื่องราวใหม่หรือสิ่งใหม่ได้แก่

3.2.5.1 การสังเคราะห์ข้อความ หมายถึง การนำเอาความรู้ และประสบการณ์ต่าง ๆ มาผสมหรือปรุงแต่งขึ้นใหม่ เกิดเป็นข้อความหรือเรื่องราวใหม่ ๆ เช่น การเขียนเรียงความ เขียนตำรา แต่งคำประพันธ์ วาดภาพโดยไม่มีรูปแบบต้นแบบหรือวาดตามความคิดของตนเอง

3.2.5.2 การสังเคราะห์แผนงาน หมายถึงความสามารถในการเขียนโครงการแผนปฏิบัติงาน หรือการวางแผนกิจกรรมต่าง ๆ ว่าจะต้องทำอะไร ต้องเตรียมสิ่งใด มีขั้นตอนการปฏิบัติอย่างไร ต้องเตรียมการแก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นอย่างไร

3.2.5.3 การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึงการเอาความสำคัญและหลักการต่าง ๆ มาผสมให้เป็นเรื่องเดียวกัน ทำให้เกิดเป็นสำเร็จรูปหน่วยใหม่ ที่มีความสัมพันธ์แปลกไปจากเดิม รวมถึงงานที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และการสรุปความ

3.2.6 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึงความสามารถในการวินิจฉัย ตัดสินหรือตีราคาเรื่องราว ความคิด เหตุการณ์ต่าง ๆ โดยการสรุปเป็นคำว่าดี-เลว เหมาะสม-ไม่เหมาะสม อย่างมีหลักเกณฑ์ ได้แก่

3.2.6.1 การประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายใน หมายถึงการประเมินค่าโดยใช้ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ตามเรื่องราวหรือตามสถานการณ์นั้น ๆ มาเป็นหลักในการพิจารณาตัดสิน

3.2.6.2 การประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก หมายถึงการประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์จากสิ่งภายนอกเรื่องราวหรือสถานการณ์นั้น ๆ มาเป็นหลักในการพิจารณาตัดสินสรุปได้ว่าพฤติกรรมด้านพุทธิปัญญาแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

4. อภิปัญญา (Metacognition)

4.1 ความหมายของอภิปัญญา

ฟลาวเวล (Flavell. 1979 : 906-911) ให้ความหมายอภิปัญญาว่าเป็นการที่บุคคลได้รู้ถึงกระบวนการคิดและผลผลิตของการคิดหรือสิ่งอื่น ๆ ที่เกิดจากกระบวนการคิด

เพ็ญพิไล ฤทธาคนานนท์ (2536 : 248) ให้ความหมายอภิปัญญาว่าเป็นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ หรือกิจกรรมทางปัญญา หรือเป็นการกำกับกิจกรรมทางปัญญา หรือเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ

ทิตนา แคมมณี (2540 : 82) ให้ความหมายอภิปัญญาว่าเป็นการรู้ตัวถึงความคิดของตนเองในการทำอะไรอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือการประเมินการรู้คิดของตนเองและใช้ความรู้นั้นในการควบคุมหรือปรับการกระทำของตนเอง ซึ่งครอบคลุมการวางแผน การควบคุม กำกับการกระทำของตนเอง การตรวจสอบความก้าวหน้า และการประเมินผล

สมจิตร ทรัพย์อัประมัย (2540 : 9) ให้ความหมายอภิปัญญาว่าเป็นการตระหนักรู้และความสามารถของตนเองในอันที่จะเข้าใจ ควบคุม และจัดการกับกระบวนการทางพุทธิปัญญาของตนเอง

เชิดศักดิ์ โฆวสินธุ์ (2540 : 1-20) ให้ความหมายอภิปัญญาว่า เป็นความเข้าใจในกระบวนการคิดของตนเอง รู้ว่าตนเองรู้อะไร ต้องการรู้อะไร และยังไม่รู้อะไร ตลอดจนสามารถ

ควบคุมและตรวจสอบการรู้คิดของตนเองได้

สรุปได้ว่าอภิปัญญาหมายถึงความตระหนักรู้และเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้

4.2 พื้นฐานทางทฤษฎีของอภิปัญญา

ไลเบอร์แมน (อ้างจากสมจิตร ทรัพย์อัประมัย. 2540 : 12-14 ; อ้างอิงจาก Lieberman. 1993) กล่าวว่าอภิปัญญาเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องใกล้ชิดกับทฤษฎีทางพุทธิปัญญา พื้นฐานสำคัญคือทฤษฎีประมวลผลข้อมูล (Information Processing Theory) ซึ่งอธิบายองค์ประกอบของความจำมนุษย์โดยเทียบเคียงกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วย การรับข้อมูลเข้า การเก็บข้อมูลไว้และการแสดงผลข้อมูล ทำนองเดียวกันระบบความจำของมนุษย์ประกอบด้วย การลงทะเบียนข้อมูล การเก็บจำ และ การเรียกคืนข้อมูล

การลงทะเบียนข้อมูล (Coding) มีสิ่งที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่

1. การลงรหัสระดับประสาทสัมผัส (Sensory coding) สิ่งสำคัญประการแรกที่ทำให้เราสามารถจำสิ่งต่าง ๆ ได้ คือต้องสามารถจำแนกสิ่งเร้านั้นได้อย่างถูกต้อง ซึ่งหมายถึงการแยกคุณลักษณะใหญ่ ๆ ออกเป็นส่วยย่อย เช่น การรับรู้อักษร L เริ่มจากรู้เป็นจุด ต่อมารับรู้ว่าจุด เชื่อมต่อกันในแนวดิ่ง ต่อมารับรู้ว่าจุดเชื่อมต่อกันในแนวราบ ต่อมาจึงรับรู้ว่าแนวดิ่งกับแนวราบมาเชื่อมต่อกันเป็นมุมฉาก

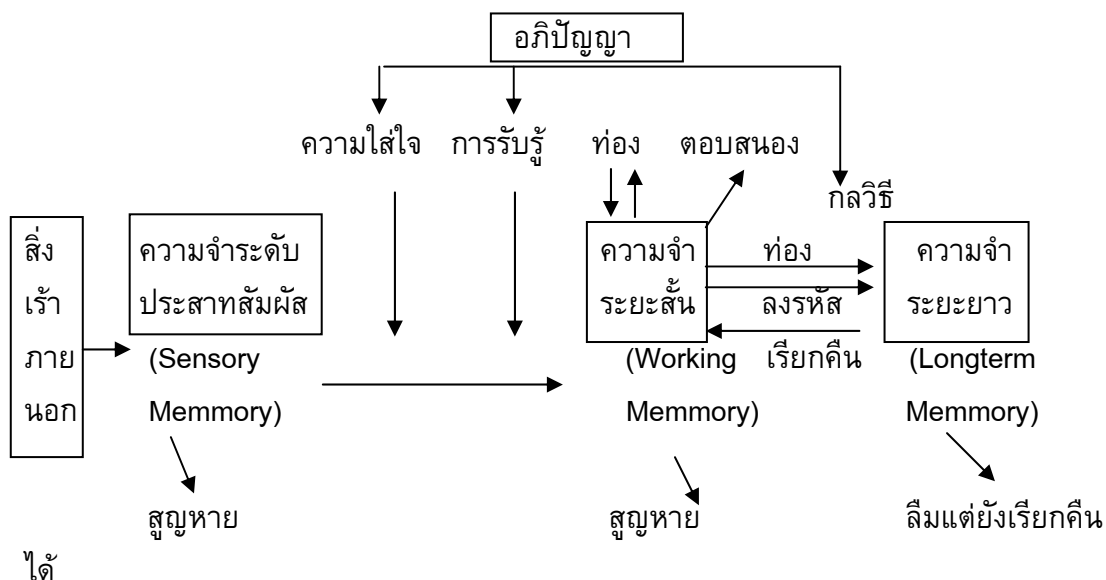
2. บทบาทของบริบทในการลงรหัสข้อมูล (Context role Coding) ถ้าสิ่งเร้ามีความคลุมเครือไม่ชัดเจน ต้องใช้บริบทอ้างอิงประกอบในการจำแนกสิ่งเร้าออกเป็นส่วยย่อย

3. ความจำระยะสั้น (Short-term memory or TSM) เป็นช่วงที่ข้อมูลถูกลงรหัสในรูปที่มีความหมายเพื่อการใช้สอยระยะสั้น ๆ หากไม่มีการจัดกระทำใด ๆ เช่น ทบทวนท่องจำ ข้อมูลนี้จะหายไปในเวลาเพียงไม่กี่วินาที

4. ความจำระยะยาว (Long-term Memory or LTM) การเก็บความจำไว้ในระยะยาวมักต้องลงรหัสข้อมูลที่อ้างอิงบริบทที่มีความหมาย

5. การใส่ใจ (Attention) สมรรถนะของมนุษย์มีขีดจำกัดในการประมวลผลข้อมูล เพราะเซลล์ประสาททั้งหมดไม่สามารถทำงานพร้อมกันได้ เรียกข้อจำกัดนี้ว่าการใส่ใจ

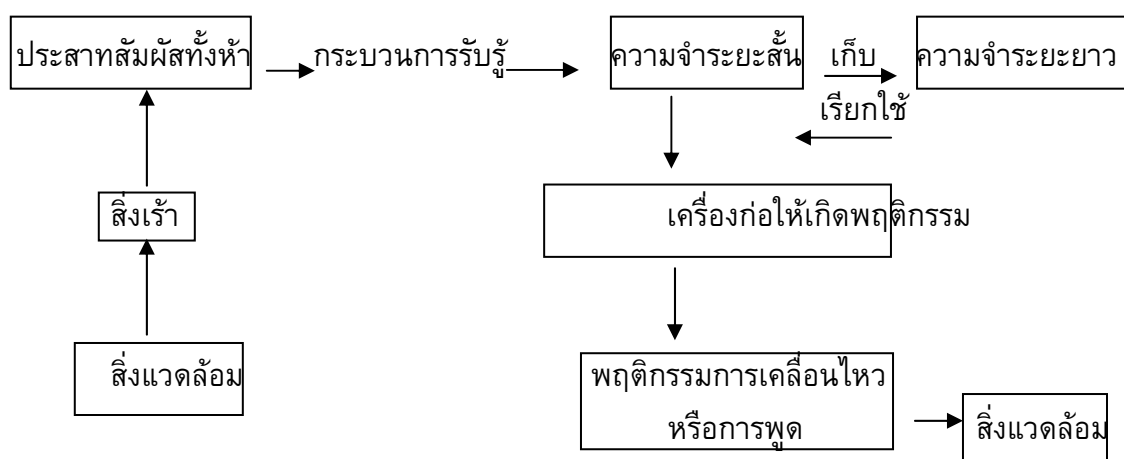
เพ็ญพิไล ฤทธาคนานนท์ (2536 : 2-5) กล่าวว่ากลุ่มนักประมวลผลข้อมูลเปรียบเทียบสมองมนุษย์เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบการทำงานอันสลับซับซ้อน โดยที่สมองของมนุษย์จะมีโปรแกรมต่าง ๆ สำหรับจัดกระทำข้อมูลที่รับเข้ามา มีการสร้าง รับ เปลี่ยน เก็บ และนำข้อมูลออกมาใช้เมื่อต้องการ ซึ่งสรุปเป็นภาพประกอบดังนี้



ภาพประกอบ 3 กระบวนการควบคุมการรู้คิด (Metacognition)

(ทีศนา แคมมณี. 2545 : 83)

นอกจากทฤษฎีประมวลผลข้อมูลแล้ว อภิปัญญา ยังสามารถอธิบายได้ด้วยจิตวิทยาพัฒนาการของเพียเจต์ คือผู้เรียนจะสังเกตเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมาย วิธีการ ประสบการณ์ และผลสำเร็จของงาน จากนั้นผู้เรียนจะเกิดกระบวนการดูดซึมความรู้โดยอิงกรอบความรู้เดิม แล้วทำการปรับโครงสร้างทางพุทธิปัญญาของตนให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมนั้น ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 4 อภิปัญญาตามแนวจิตวิทยาพัฒนาการ
(ทศนา เขมมณี และคณะ. 2545 : 108)

4.2.1 มิติการคิด

ทศนา เขมมณีและคณะ (2544 : 103-112) อธิบายว่าการคิดของคนมี 6 มิติ คือ

4.2.1.1. มิติด้านข้อมูลหรือเนื้อหาที่ใช้ในการคิด (Contents for Thinking) เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม และวิชาการ บุคคลจะพิจารณาข้อมูลทั้ง 3 ส่วนนี้ ควบคู่กันไปอย่างผสมกลมกลืน จนกระทั่งพบทางออก หรือทางเลือกในการแก้ปัญหา อย่างเหมาะสม

4.2.1.2 มิติด้านคุณสมบัติที่เอื้ออำนวยต่อการคิด (Dispositions for Thinking) เช่น ความใจกว้าง ความเป็นธรรม ความใฝ่รู้ ความกระตือรือร้น ความช่างวิเคราะห์ ความขยัน ความกล้าเสี่ยง ความอดทน ความมั่นใจในตนเอง และความมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี

4.2.1.3 มิติด้านทักษะการคิด (Thinking Skills) เป็นความสามารถด้านต่าง ๆ แบ่งเป็น 3 ชั้น ดังนี้

- 1) ทักษะการคิดพื้นฐาน (Basic Thinking Skills) ได้แก่ การฟัง การจำ

การอ่าน การรับรู้ การเก็บความรู้ การดึงความรู้ การจำได้ การใช้ความรู้ การอธิบาย การทำความเข้าใจ ความกระจำ การบรรยาย การพูด การเขียน และการแสดงออก

2) ทักษะการคิดที่เป็นแกนสำคัญ (Core Thinking Skills) ได้แก่ การสังเกต การสำรวจ การตั้งคำถาม การรวบรวมข้อมูล การจัดหมวดหมู่ การตีความ การเชื่อมโยง การใช้ เหตุผล การระบุ การจำแนกความแตกต่าง การจัดลำดับ การเปรียบเทียบ การอ้างอิง การแปลความ การขยายความ และการสรุปความ

3) ทักษะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking Skills) ได้แก่ การนิยาม การผสมผสาน การสร้าง การปรับโครงสร้าง การหาความเชื่อพื้นฐาน การตั้งสมมติฐาน การกำหนดเกณฑ์ การประยุกต์ การวิเคราะห์ การจัดระบบ การจัดโครงสร้าง การหาแบบแผน การทำนาย การทดสอบสมมติฐาน และการพิสูจน์

4.2.1.4 มิติด้านลักษณะการคิด (Characteristic Thinking) แบ่งเป็น

1) หัวใจของการคิด ได้แก่ เป้าหมายของการคิดหรือการคิดที่ถูกทาง

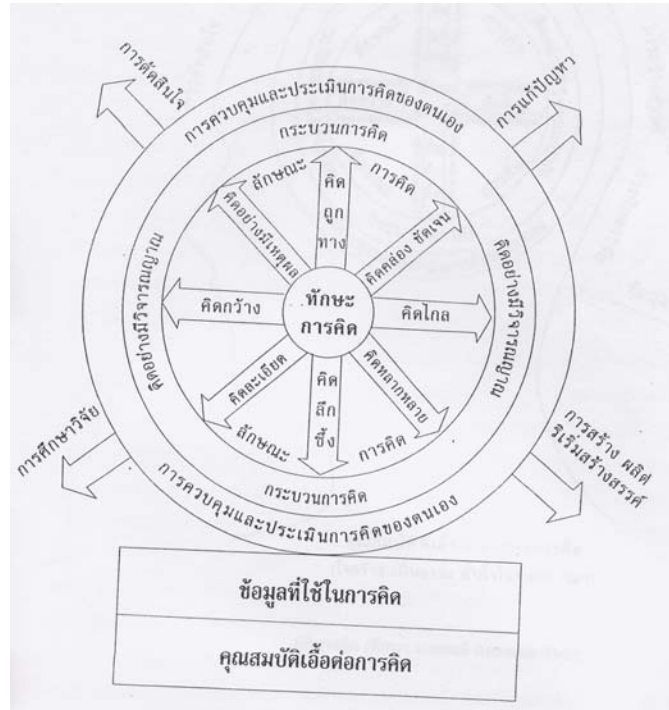
2) ลักษณะการคิดพื้นฐาน ได้แก่ การคิดคล่อง การคิดหลากหลาย การคิด

ละเอียดลออ และการคิดให้ชัดเจน

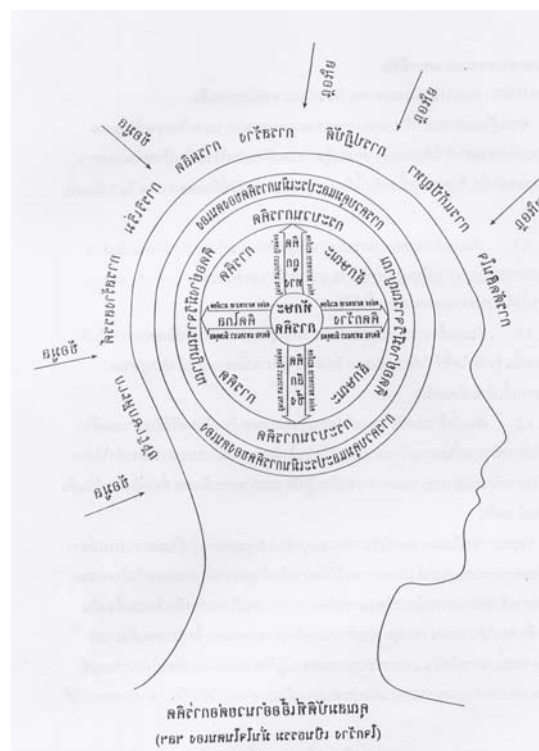
3) ลักษณะการคิดระดับสูง ได้แก่ การคิดกว้าง การคิดลึกซึ้ง การคิดไกล และการคิดอย่างมีเหตุผล

4.2.1.5 มิติด้านกระบวนการคิด (Thinking Process) เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดตัดสินใจ

4.2.1.6 มิติด้านการควบคุมและประเมินการคิด (Metacognition) เป็นการควบคุมการรู้คิดของตนเอง ซึ่งหมายถึงการรู้ตัวถึงความคิดของตนเองในการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งหรือประเมินการคิดของตนเองและใช้ความรู้นั้นในการควบคุมหรือปรับการกระทำของตนเอง เรียกว่าเป็นการคิดอย่างมียุทธศาสตร์ (Strategic Thinking) ซึ่งครอบคลุมการวางแผน การควบคุมกำกับกับการกระทำของตนเอง การตรวจสอบความก้าวหน้า และการประเมินผล บุคคลที่มีความตระหนักรู้ และสามารถประเมินการคิดของตนเองได้จะสามารถปรับปรุงกระบวนการคิดของตนเองให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ และจะส่งผลต่อความสามารถทางการคิดในภาพรวม บุคคลทั่วไปมีทักษะการคิดขั้นพื้นฐานและคุณสมบัติที่เอื้อต่อการคิดอยู่แล้ว เมื่อได้รับข้อมูลก็จะตั้งจุดมุ่งหมายในการคิดแล้วใช้ทักษะการคิด คัดออกมาเป็นลักษณะการคิด นำไปสู่กระบวนการคิด และมีการควบคุมและประเมินการคิด จนบรรลุเป้าหมายในการคิด การควบคุมและประเมินการคิดของตนเองดังกล่าวเรียกว่า อภิปัญญา ดังแผนภาพ



ภาพประกอบ 5 มิตีการคิด
(ทิสนา แชมมณีและคณะ. 2545 : 111)



ภาพประกอบ 6 มิตีการคิด
(ทิสนา แชมมณีและคณะ. 2545 : 112)

4.2.3 องค์ประกอบของอภิปัญญา

ฟลาวเวล (Flavell, 1985 : 103-110) แบ่งอภิปัญญาเป็น 2 องค์ประกอบ คือ

4.2.3.1 ความรู้เกี่ยวกับปัญญา (Metacognitive knowledge) หมายถึงความรู้ที่

บุคคล

สะสมไว้ในระบบความจำ ทำให้บุคคลรู้ว่าตนเองรู้อะไรและคิดอย่างไร คิดถึงเป้าหมายและการบรรลุเป้าหมายอย่างไร ซึ่งความรู้เบื้องต้นนี้ เป็นความเชื่อว่าเป็นสิ่งที่มีผลต่อการคิดใน 3 ตัวแปร ได้แก่

1) ตัวแปรด้านบุคคล หมายถึงการที่บุคคลมีความรู้เกี่ยวกับลักษณะในด้าน

ความสามารถทางปัญญา การเรียนรู้ การทำงาน ความถนัด และความสามารถอื่น ๆ โดยรู้ว่าลักษณะอย่างไรจึงจะทำงานเฉพาะอย่างนั้นได้ดี

2) ตัวแปรด้านงาน หมายถึงการตระหนักรู้ของงานที่ทำ ซึ่งมีผลต่อการปฏิบัติงานของบุคคลนั้น รู้ว่าสิ่งใดที่ทำงานนั้นยาก สิ่งใดที่ทำงานนั้นง่าย รวมถึงรู้ปัญหาและอุปสรรคของงานนั้นที่จะเกิดแก่ตน

3) ตัวแปรด้านกลวิธี หมายถึงความรู้ของบุคคลเกี่ยวกับกลวิธี ที่เหมาะสมที่

จะใช้ในการทำให้การทำงานนั้นบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นกระบวนการที่จะทำให้เกิดความเข้าใจในการจัดระบบ การวางแผน การลงมือปฏิบัติ และการประเมินผล ทั้งในสิ่งที่ทำไปแล้วและในสิ่งที่จะทำต่อไป

4.2.3.2 ประสบการณ์เกี่ยวกับปัญญา (Metacognitive Experience) เป็น

ประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ ประสบการณ์นี้มีความสำคัญต่อการกำกับตนเองในกระบวนการคิดตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์การคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกกระทำเป็นกระบวนการที่บุคคลได้วางแผน ควบคุม และกำกับพฤติกรรมของตนเอง ซึ่งประกอบด้วย การสังเกตตนเอง กระบวนการตัดสินใจ และกระบวนการแสดงปฏิกิริยาต่อตนเอง เพื่อไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ ต่อมา โรบิน โฟการ์ตี (Robin Fogarty, 1994 : 3) แบ่งประสบการณ์เกี่ยวกับปัญญาเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) การวางแผน (Planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไร ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย จนถึงการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย

2) การกำกับ (Monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่า

เป็นไปได้อย่างใด มีความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนเพียงใด และวิธีการที่เลือกใช้เหมาะสมเพียงใด

3) การประเมิน (Evaluating) เป็นการคิด เกี่ยวกับการประเมินการวางแผนประเมินการกำกับตรวจสอบ และประเมินผลลัพธ์

ไซมอน (Simon. 1989 : 29-48) เน้นความหมายของอภิปัญญาว่า เป็นการกำกับควบคุมใน 9 ลักษณะ คือ

1. การเตรียมตัว (Orientation)
2. การวางแผน (Planning)
3. การควบคุมตนเองให้ดำเนินตามแผน (Monitoring)
4. การทดสอบผลการดำเนินตามแผน (Testing)
5. การตรวจสอบข้อมูลที่เป็นอีกครั้ง (Reorientation)
6. การวางแผนต่อเนื่อง (On-line Planning)
7. การวินิจฉัย (Diagnosing)
8. การสะท้อนความคิด (Reflection)
9. การประเมินผล (Evaluation)

แพร์รีส (Paris. 1983 : 293-316) ให้รายละเอียดของการกำกับควบคุม 4 ขั้นตอน คือ

1. การประเมินสภาพการณ์เบื้องต้น (Pre-Evaluation) เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะของงานและความสามารถของบุคคลที่จะมีผลต่องานนั้น ๆ ทั้งด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธี
2. การวางแผน (Planning) เป็นกำหนดเป้าหมาย และเลือกกลวิธี
3. การกำกับควบคุมตนเอง (Regulation) เป็นความพยายามที่จะทำให้งานนั้นบรรลุตามเป้าหมาย
4. การประเมินผล (Evaluation) เป็นการตรวจสอบผลลัพธ์ที่นำไปสู่การปรับปรุงแผน

กาโรฟาโร และ เลสเตอร์ (Garofalo and Lester. 1985 : 163-176) เสนอกรอบแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. การเริ่มต้นกำหนดวิธีการแก้ปัญหา หมายถึงพฤติกรรมที่มีกลวิธีในการประเมิน และทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งประกอบด้วย
 - 1.1 กลวิธีทำความเข้าใจ
 - 1.2 วิเคราะห์ข่าวสารข้อมูลและเงื่อนไข
 - 1.3 ประเมินความคุ้นเคยกับงาน
 - 1.4 สร้างตัวแทนในการแก้ปัญหา
 - 1.5 ประเมินความยากและโอกาสที่จะสำเร็จ
2. การวางแผน ได้แก่
 - 2.1 ระบุเป้าหมายย่อยและเป้าหมายสุดท้าย
 - 2.2 วางแผนรวม
 - 2.3 วางแผนย่อย

3. การดำเนินการแก้ปัญหา หรือการดำเนินการตามแผน

3.1 ดำเนินการตามแผนย่อย

3.2 กำกับและประเมินความก้าวหน้าของการดำเนินการตามแผนย่อยและ

แผนรวม

3.3 กำกับตนเองในด้านความถูกต้องของงาน และการใช้เวลา

4. การประเมินความถูกต้อง

4.1 ประเมินการนิยามปัญหา และประเมินการวางแผนแก้ปัญหา

4.1.1 ความถูกต้องของตัวแทนปัญหา

4.1.2 ความถูกต้องของแผนการแก้ปัญหา

4.1.3 ความสอดคล้องของแผนและการดำเนินการ

4.1.4 ความสอดคล้องของแผนรวมกับเป้าหมาย

4.2 ประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา

4.2.1 ความถูกต้องของการดำเนินการ

4.2.2 ความสอดคล้องของแผนและการดำเนินการ

4.2.3 ความสอดคล้องของผลแต่ละขั้นกับแผนและเงื่อนไขของปัญหา

4.2.4 ความสอดคล้องของผลขั้นสุดท้ายกับแผนและเงื่อนไขของปัญหา

เดวิดสัน และ สเติร์นเบิร์ก (Davidson and Sternberg. 1994 : 207-226) เสนอขั้นตอนของการใช้ปัญญาในการแก้ปัญหาทั่วไปดังนี้

1. การระบุและนิยามปัญหา ขั้นแรกคือการลงรหัสส่วนประกอบที่สำคัญของสถานการณ์ปัญหา คือการเก็บลักษณะสำคัญของปัญหาลงไว้ในความจำระยะสั้นและการเรียกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะดังกล่าวจากความจำระยะยาวขึ้นมา ผู้แก้ปัญหาต้องระบุให้ได้ว่าสิ่งใดรู้แล้ว สิ่งใดยังไม่รู้ และโจทย์ถามอะไร

2. การสร้างตัวแทนปัญหา เมื่อระบุปัญหาได้แล้ว ต้องสร้างแผนภาพทางจิตของส่วนประกอบต่าง ๆ ของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบเหล่านั้น และเป้าหมายที่พบจากการนำเสนอมา ข้อมูลจะถูกเพิ่มเข้ามาหรือจัดออกไป แล้วถูกตีความจากสถานการณ์เดิมแล้วจึงเก็บไว้ในความจำ

3. การวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการแบ่งปัญหออกเป็นส่วนย่อย ๆ แล้วค่อย ๆ แก้ปัญหาเป็นลำดับโดยเลือกใช้กลวิธีที่เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของตน

4. การประเมินผลการแก้ปัญหา ในขณะที่บุคคลกำลังแก้ปัญหา เขาต้องใส่ใจกับสิ่งที่ทำไปแล้ว สิ่งที่กำลังทำ และสิ่งที่ควรจะทำต่อไป รวมถึงการที่บุคคลควบคุมตัวแทนภายในของปัญหาที่ตนสร้างขึ้นมาในตอนแรกได้ และยังต้องสร้างต่อไปเพื่อทำความเข้าใจและแก้ปัญหาหนึ่ง ๆ หาก กลวิธีที่ใช้ยังไม่เกิดผลที่ต้องการ อาจตัดสินใจเปลี่ยนกลวิธีได้

สรุปได้ว่า อภิปัญญาประกอบด้วยความรู้อภิปัญญา ได้แก่ ความรู้ด้านบุคคล ความรู้ด้านงาน และความรู้ด้านกลวิธี และประสบการณ์อภิปัญญา ได้แก่ ประสบการณ์ด้านการวางแผน ด้านการกำกับติดตาม และด้านการประเมินผล

4.2.4 การฝึกอภิปัญญา (Metacognitive Training)

ออสมัน และ แฮนนาฟิน (Osman and Hannafin. 1992 : 83-89) เสนอแนวทางการฝึกอภิปัญญาว่า ต้องขึ้นอยู่กับวิธีการฝึก ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

4.2.4.1 วิธีการฝึกแบบผสมผสาน เป็นการบูรณาการกลวิธีต่าง ๆ มาใช้ขณะสอนเนื้อหาสาระ

4.2.4.2 วิธีการฝึกแบบไม่ผูกพันเนื้อหา เป็นวิธีที่มีอิสระในการใช้กลวิธีมากกว่าวิธีแรก และทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ในเมตาคอกนิชันมากกว่าวิธีแรก

นอกจากนี้ยังเสนอแนะหลักการออกแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมดังนี้

1. ระวัง อย่าให้กลวิธีทางอภิปัญญาไปแข่งกับการทำงานทางพุทธิปัญญา ต้องไม่ให้ผู้เรียนสูญเสียพลังงานไปกับกลวิธีมากเกินไป

2. เด็กเล็กให้ใช้กลวิธีที่ไม่ซับซ้อนเหมือนเด็กโตหรือผู้ใหญ่

3. หากต้องการการถ่ายโยงการเรียนรู้ไปสู่สถานการณ์ที่แตกต่างกันไป ควรใช้วิธีฝึกแบบไม่ผูกพันเนื้อหา

4. ควรฝึกให้ถ่ายโยงการเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกบทเรียน

5. ต้องเน้นวิธีการถ่ายโยงกลวิธีด้วย ไม่ใช่มีความรู้ในกลวิธีเพียงอย่างเดียว

6. ควรมีการกำหนดมาตรฐานและเกณฑ์ที่จะประเมินความเข้าใจ

7. สนับสนุนให้ใช้ตัวชี้แนะภายนอก เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถประมวลผล

การเรียนรู้และประมวลผลกลวิธีที่ใช้ในการเรียน

8. ต้องเน้นทั้งตัวแปรด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธี

9. กระตุ้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น สามารถพรรณนาการเรียนรู้ของตนได้ ประเมินผลการเรียนรู้ได้ และให้ผลป้อนกลับซึ่งกันและกัน

10. เน้นให้ผู้เรียนกำกับตนเองโดยอิงเป้าหมายสำคัญ

11. มีการผสมผสานข้อดีของกลวิธีในการถ่ายโยงการเรียนรู้ และในด้านที่จัดกระทำกับเนื้อหา

ไซมอน (Simon. 1989 : 29-48) เสนอหลักการพื้นฐานของการสอนอภิปัญญา ดังนี้

1. กิจกรรมและกระบวนการควรได้รับการเน้นมากกว่าผลการเรียนในตัวมันเอง

2. ผู้เรียนต้องได้รับความช่วยเหลือให้ตระหนักรู้ในกลวิธีการเรียนรู้

3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพุทธิปัญญา อภิปัญญา และองค์ประกอบของการเรียนรู้ใน

ด้าน

อารมณ์เป็นสิ่งสำคัญ

4. ผู้เรียนต้องมุ่งสู่การถ่ายโยงการเรียนรู้และการแผ่ขยาย
5. ต้องมีการฝึกกลวิธีในการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ
6. ผู้เรียนควรได้รับการสอนให้รู้จักวิธีกำกับ การวินิจฉัย และการทบทวน หรือการประเมินการเรียนรู้ของตนเอง
7. ควรออกแบบการสอนให้มีความสมดุลระหว่างคุณภาพและปริมาณของกิจกรรมการเรียนรู้
8. ควรค่อย ๆ เปลี่ยนความรับผิดชอบของผู้สอนมาเป็นของผู้เรียน
9. ถ้าผู้เรียนเป็นเด็กเล็กต้องเน้นความสัมพันธ์ระหว่างเด็กกับผู้ปกครองและผู้ใหญ่คนอื่น ๆ ด้วย
10. การร่วมมือกันและการอภิปรายร่วมกับผู้อื่นเป็นสิ่งจำเป็น
11. เป้าหมายทางพุทธิปัญญาสูงขึ้นย่อมต้องอาศัยกระบวนการที่ลึกและซับซ้อนยิ่งขึ้น
12. การเรียนรู้สิ่งใหม่กระทำได้โดยการเชื่อมโยงกับความรู้หรือมโนทัศน์เดิม
13. การสอนต้องเหมาะสมกับภาวะและความเข้าใจในมโนทัศน์ปัจจุบันของผู้เรียน

4.2.5 ยุทธศาสตร์การทำให้อภิปัญญาเพิ่มขึ้น

โฟการ์ตี. (Fogarty. 1994 : 7) กล่าวว่าเราสามารถทำให้อภิปัญญาของบุคคลเพิ่มขึ้นได้โดยการฝึกยุทธศาสตร์ด้านประสบการณ์อภิปัญญา เรียกว่าเป็นการสะท้อนอภิปัญญาตามแนวคิด ดังนี้

4.2.5.1 การวางแผน ก่อนกิจกรรมการเรียนรู้ควรแสดงให้เห็นยุทธศาสตร์และขั้นตอนสำหรับการตีความโจทย์ กฎ ที่จะต้องจำ และคำชี้แจงต่าง ๆ ระหว่างกิจกรรมครูสามารถชักชวนนักเรียนให้แลกเปลี่ยนความก้าวหน้า กระบวนการคิด และความเข้าใจ หลังกิจกรรมครูสามารถชักชวนนักเรียนให้ประเมินผลข้อดีของการปฏิบัติตามกฎนั้น ได้แก่

4.2.5.2 การสร้างคำถามนักเรียนพิจารณาจากขอบเขตของเนื้อหาแล้วจึงสร้างคำถามกันเองก่อนอ่าน และระหว่างอ่านเนื้อหา

4.2.5.3 การเลือกอย่างมีสติ ครูสามารถสนับสนุนอภิปัญญาโดยช่วยให้นักเรียนค้นหาทางเลือกและการตัดสินใจ สืบหาความต่อเนื่องของทางเลือก ก่อนและระหว่างพฤติกรรมการตัดสินใจ

4.2.5.4 การประเมินผลด้วยเกณฑ์ที่หลากหลาย ครูสามารถเพิ่มอภิปัญญาโดยให้

นักเรียนสะท้อนความคิด และจำแนกการปฏิบัติที่มีเกณฑ์การประเมิน 2 เกณฑ์หรือมากกว่า เช่น ชักชวนให้นักเรียนจำแนกว่าได้ทำอะไรไปแล้ว มีประโยชน์หรือมีอะไรเป็นอุปสรรคอะไรที่ชอบ อะไรที่ไม่ชอบ และอะไรเป็นบวกหรือเป็นลบต่อกิจกรรม

4.2.5.5 การทำให้ได้รับความเชื่อถือ ครูจะให้นักเรียนระบุว่าอะไรที่สามารถทำได้ดี และชักชวนนักเรียนให้พยายามหาข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อน ครูควรถามว่าอะไรที่เราทำแล้วภูมิใจ และต้องการให้คนอื่นจำในสิ่งที่เราทำได้อย่างไร นักเรียนจะมีความสำนึกในสิ่งที่ได้ทำไป และจะ ชื่นชมเกื้อหนุน ในพฤติกรรมที่พวกเขาพิจารณาว่าดี

4.2.5.6 เลิกใช้คำว่าฉันทำไม่ได้ นักเรียนควรระบุว่าต้องการข้อมูลอะไรที่จำเป็น

ปรารถนาวัสดุอะไร ทักษะอะไรที่ยังขาดและปรารถนาที่จะแสดงออก เป็นการช่วยระบุขอบเขตว่า รู้อะไร และอะไรที่ปรารถนาจะรู้

4.2.5.7 การเทียบเคียงประโยคหรือการสะท้อนกลับความคิดของนักเรียนเป็น การ

สร้างขึ้นใหม่ การขยายความ และการใช้แนวคิดของนักเรียน อาจพูดว่านักเรียนบอกอะไรแก่เรา ดูเหมือนกับกำลังพูดว่า ครูคิดว่าครูได้ยืมนวอย่างนี้

4.2.5.8 การนิยามพฤติกรรมนักเรียน เมื่อครูจัดประเภทนักเรียนตาม กระบวนการการเรียนรู้ นักเรียนจะเริ่มรู้ตัวในการปฏิบัติ ครูควรรู้ว่านักเรียนทำอะไรในการ วางแผนปฏิบัติหรือทดลอง ครูเป็นผู้ช่วยเหลือในการแลกเปลี่ยน เป็นตัวอย่างของการให้ความ ร่วมมือ

4.2.5.9 การระบุศัพท์เฉพาะให้ชัดเจน นักเรียนมักจะคลุมเครือบ่อย ๆ ไม่ชัดเจน เช่นในการทำคำตัดสิน นักเรียนจะพูดว่า ไม่ยุติธรรม เข้มงวดเกินไป ไม่ดี ครูต้องทำให้ ชัดเจนว่า อะไรที่เข้มงวดเกินไป อะไรที่ไม่ยุติธรรม

4.2.5.10 บทบาทสมมติและการจำลองสถานการณ์ บทบาทสมมติสนับสนุน อภิปัญญา เพราะเมื่อนักเรียนสมมติบทบาทของผู้อื่นพวกเขาจะคงความมีเหตุผลและรักษา บุคลิกภาพนั้น ๆ อย่างมีสติได้ตรงตรง การแสดงละครจะสนับสนุนสมมติฐาน หรือการพยากรณ์ ว่าบุคคลมีปฏิกิริยาโต้ตอบในสถานการณ์ที่เด่นชัดอย่างไร บทบาทสมมติจะสนับสนุนให้การรับรู้ จากความรู้สึกตนเองน้อยลง

4.2.5.11 การเขียนบันทึกประจำวัน เป็นการจดบันทึกความคิด และ ประสบการณ์เชิงเหตุผลประจำวัน เพื่อสังเคราะห์ความคิดและการกระทำ และการแปล ความหมายเป็นสัญลักษณ์ การบันทึกจึงจัดว่าเหมาะสมที่จะกลับมาดูได้อีก เป็นการ เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มองเห็นและรับรู้เงื่อนไขของข้อมูล เป็นการกระตุ้น กระบวนการของยุทธศาสตร์การคิด และการตัดสินใจกระทำ เป็นการระบุเส้นทางเล็ก ๆ สำหรับสิ่งที่มองไม่เห็นเป็นทางผ่านของการกระทำ และเป็นการเรียกกลับความสำเร็จ (อาจทำ ด้วยการบันทึกวิทัศน์และเทพบันทึกเสียง)

4.2.5.12 การเลียนแบบ เป็นยุทธศาสตร์ที่ได้ผลมากที่สุด ดังที่กล่าวว่าการ กระทำดีกว่าคำพูด ถ้านักเรียนดูพฤติกรรม เช่น การบรรยายอย่างถูกต้องในการวางแผน และมี ตัวเลือกที่มีเหตุผลอันควร นักเรียนจะชอบแสดงพฤติกรรมที่เหมือนกันนี้

การคิดแบบอภิปัญญา มี 4 ระดับ ได้แก่

1. การใช้ที่รู้เป็นนัยว่าจะได้ประโยชน์ตามต้องการ
2. การใช้เชิงตระหนักในการกระทำ ตระหนักว่าเป็นอะไร และเมื่อใด
3. การใช้ที่มียุทธศาสตร์ที่มีสติและมีแบบแผน
4. การใช้ที่มีการสะท้อนกลับ เป็นการสะท้อนก่อน ระหว่าง และหลังการกระทำเป็น

การวางแผน การควบคุมติดตามอารมณ์ และการประเมินผล

การสอนอภิปัญญา สัมพันธ์กับสิ่งต่อไปนี้

1. สัมพันธ์กับทฤษฎีสรคินิยม
2. สัมพันธ์กับการเรียนรู้แบบร่วมมือ
3. สัมพันธ์กับการมุ่งเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้

4.2.6 อภิปัญญาและครู (Metacognition and the teacher)

โฟการ์ตี. (Fogarty. 1994 : 17) กล่าวว่า ครูสามารถแนะแนวทางสำหรับนักเรียนได้ ตามตัวอย่างการเรียนการสอนต่อไปนี้

4.2.6.1 การสอนสำหรับการคิด (Teaching for Thoughtfulness) โดยจัดบรรยากาศให้นักเรียนมีความรู้สึกที่ดีและพึงพอใจเกี่ยวกับพวกเขาเอง สร้างความเชื่อมั่นและความศรัทธาในความสามารถของตนเอง ให้นิเวศนักเรียนได้คิด 3 -10 วินาที ก่อนตอบคำถาม

4.2.6.2 การสอนการคิด (Teaching of Thoughtfulness) โดยจัดบรรยากาศให้ได้คิดวิพากษ์วิจารณ์และคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เช่น ให้คาดคะเน ทำนาย พยากรณ์ และคาดการณ์ เกี่ยวกับอารมณ์ของผู้อื่น บรรยายกาศ ปฏิบัติของเพื่อน ผลการปฏิบัติการทดลอง และเหตุการณ์ตอนจบของเรื่องราวต่าง ๆ

4.2.6.3 การสอนกับการคิด (Teaching with Thoughtfulness) โดยนอกจากจะจัดบรรยากาศให้เอื้อต่อการคิดแล้ว ต้องให้นักเรียนร่วมกันคิดให้เป็นหนึ่งเดียว เป็นการบูรณาการ กิจกรรมและประสบการณ์ เช่น ช่วยกันทำแผนที่ความคิด ต่อจิ๊กซอว์ความคิด

4.2.6.4 การสอนเกี่ยวกับการคิด (Teaching about Thoughtfulness) โดยครูต้องให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดและอภิปราย เพื่อแปลความหมายจากการเรียนรู้ ซึ่งจะนำไปสู่การถ่ายโอนและการนำไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับผลสรุปแนวทางพื้นฐานเพื่อพัฒนาคุณภาพการคิด จากการประชุมของนักการศึกษาทั่วโลกที่รัฐวิสคอนซินปี ค.ศ.1984 คือ

1. การสอนเพื่อให้คิด (Teaching for Thinking) โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้

นักเรียนคิด เปิดโอกาสให้นักเรียนมีเวลาคิดหาคำตอบ ทำความกระจ่างกับแนวคำตอบของตน และตั้งคำถามเพื่อ ตรวจสอบตนเอง

2. การสอนการคิด (Teaching of Thinking) เน้นการฝึกทักษะการคิดให้นักเรียนโดยตรงที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหาโดยใช้ทฤษฎีการประมวลผลข้อมูล

3. การสอนเกี่ยวกับการคิด (Teaching about Thinking) เน้นที่การใช้การคิดเป็นเนื้อหาสาระของการสอน โดยการช่วยเหลือให้นักเรียนได้รู้และเข้าใจในกระบวนการคิดของตนเอง รู้ว่าตนเองรู้อะไร ต้องการรู้อะไร และยังไม่รู้อะไร และสามารถควบคุมและตรวจสอบการคิดของตนเองได้ ซึ่ง เรียกว่าอภิปัญญา

4. การสอนการคิดเพื่อให้เกิดเกี่ยวกับการคิด (Teaching of Thinking, for Thinking about Thinking) เป็นการผสมผสาน 3 แบบแรกเข้าด้วยกัน

4.2.7 การสอนที่สะท้อนอภิปัญญา

โฟการ์ตี (Forgarty. 2000 : 3-286) ได้เสนอกิจกรรมการสะท้อนเมตาคognition โดยการให้ประสบการณ์ในเมตาคognitionชั้น เป็นยุทธศาสตร์ด้านการวางแผน ด้านการกำกับติดตาม และด้านการประเมินผล ส่วนละ 10 ยุทธศาสตร์ รวม 30 ยุทธศาสตร์ ดังนี้

4.2.7.1 ยุทธศาสตร์การวางแผน (Planing strategies)

ยุทธศาสตร์ที่ 1 นำทางด้วยความคิด

เป็นการนำประโยคที่เป็นความรู้สึก มากระตุ้นให้นักเรียนตอบสนองในทันที ด้วยการพูด การเขียน หรือการออกแบบ เปรียบได้กับเซลล์ต้นแบบของพืชที่จะเจริญงอกงามออกดอกออกผลต่อไป อาจทำได้โดยครูเสนอต้นแบบบนกระดานดำ ให้นักเรียนโต้ตอบด้วยการพูดหรือเขียน แล้วแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่มย่อย ตัวอย่างของคำพูดต้นแบบเช่น ฉันประหลาดใจว่าทำไมน้ำจึงเค็ม ฉันประหลาดใจว่าทำไมฝนจึงตกลงมาจากท้องฟ้า ฉันประหลาดใจว่าทำไมน้ำจึงเปียกชื้น ควรใช้เมื่อเริ่มต้นบทเรียนหรือใช้ช่วงใดช่วงหนึ่ง ก่อนจะให้นักเรียนอ่านเนื้อหาหรือข้อมูล ตั้งคำถามกระตุ้นความคิด เตือนให้ นักเรียนค้นหาคำตอบในเนื้อหา เช่น

สิ่งหนึ่งที่ครูรู้เกี่ยวกับปลาวาฬคือเป็นสัตว์ที่ใกล้จะสูญพันธุ์

ครูประหลาดใจว่ามีสัตว์อะไรอีกที่ใกล้จะสูญพันธุ์

สิ่งนี้ทำให้ครูคิดถึงตอนที่เราไปที่พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ

มักคุเทศก์บอกว่ามีสัตว์มากมายหลายชนิดที่ใกล้จะสูญพันธุ์

คำพูดที่ได้ยินมาก่อนคือคำว่า “สูญพันธุ์”

แล้วพวกเราจะช่วยกันอนุรักษ์ได้อย่างไร

ยุทธศาสตร์ที่ 2 บันทึกการเรียนรู้

การบันทึกเป็นสิ่งที่นักเรียนสามารถทำได้ในทันที เป็นสิ่งช่วยในการอภิปราย โดยให้นักเรียนเขียนบันทึกส่วนตัว แสดงความรู้สึกและความเห็นจากสิ่งที่ครูมอบหมายให้ไปอ่านที่บ้าน นักเรียนจะได้ตั้งเป้าหมายในการปฏิบัติ แสดงความรู้สึกในการปฏิบัติ รวมทั้งแสดงความเห็นจากประสบการณ์นั้น ทำให้นักเรียนสร้างรูปแบบการเรียนรู้และการถ่ายโอนความรู้เป็นของตนเองได้ การบันทึกเป็นประจำจะสร้างแรงบันดาลใจให้เรียนรู้เพิ่มเติมได้มาก อาจให้สะท้อนความคิดสิ่งที่บันทึกในห้องเรียน เช่น

พยากรณ์ได้ว่าอย่างไร

มีความคิดเกี่ยวกับสิ่งนี้อย่างไร
มีความประหลาดใจเกี่ยวกับสิ่งนี้อย่างไร
คำถามที่ฉันมีดังนี้
ถ้าเป็นอย่างนั้นจะเป็นอย่างไร
สิ่งนี้เปรียบได้กับสิ่งใด
ภาพที่ฉันมีต่อสิ่งนี้คือสิ่งต่อไปนี้
โจทย์การบ้านที่ทำให้ฉันสงสัยคือสิ่งต่อไปนี้
วิธีการที่ฉันจะแก้ปัญหาที่ต้องทำดังต่อไปนี้
ยุทธศาสตร์นี้เรียกว่าอะไร
สิ่งสำคัญเกี่ยวกับยุทธศาสตร์ที่ต้องจำคืออะไร
ควรให้นักเรียนทำกิจกรรมนี้ก่อนเริ่มต้นบทเรียนทุกเรื่อง เช่น ให้นักเรียนบันทึกก่อน
การแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เป็นการบ้าน โดยตั้งประเด็นดังนี้
ปัญหาการบ้านมีอะไรที่ทำให้ยุ่งยากบ้าง
มีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไร
ฉันเลือกใช้ยุทธศาสตร์นี้เพราะเหตุใด

ยุทธศาสตร์ที่ 3 จินตนาการ

การจินตนาการเป็นระบบการคิดที่พิเศษ เป็นการค้นหาและปรับปรุงความคิด สามารถ
จำความคิดได้ สร้างจินตนาการต่อเติมได้ และสร้างความคิดใหม่ได้ เช่น ให้นักเรียนพยายาม
จินตนาการต่อไปนี้

1. ประตูจะเปิดเข้าสู่ห้องนอนหรือไปสู่ห้องโถง
2. ลินคอล์นเผชิญหน้ากับเงินด้วยวิธีใด
3. แถบของม้าลายเป็นไปตามยาวหรือตามขวาง
4. อะไรที่อยู่บนชั้นสูงสุดในตู้เย็น
5. เมื่ออ่านนิยายจบแล้ว จินตนาการถึงรายละเอียดของตัวละครทั้งทำทาง ไปหน้า สี
ผิว ลักษณะเด่น เสื้อผ้า และบุคลิกอื่น ๆ

ควรให้จินตนาการจากสิ่งง่าย ๆ และใช้เวลาสั้น ๆ ก่อน เช่น จากคำศัพท์ แล้วให้เขียน
แผนที่ความคิด เขียนกราฟ เขียนแผนผัง ใช้เทคนิคนี้กับการสอนวิทยาศาสตร์ สังคม ภาษา
และศิลปะ เช่น ในโปรแกรมเพื่อสุขภาพ ให้นักเรียนจินตนาการสิ่งที่ต้องการครึ่งภาคเรียน 1 ภาค
เรียน และ 1 ปี วาดภาพตนเองตามที่จินตนาการ พร้อมทั้งบรรยายความคิดลงไปด้วยว่าจะ
ปฏิบัติต่อ ตนเองอย่างไร หลังจากที่เป็นไปตามจินตนาการแล้ว มีอะไรที่ดูดีขึ้นกว่าเดิม และ
รู้สึกอย่างไร

ยุทธศาสตร์ที่ 4 คำถามระดับสูง

เป็นคำถามที่สุ่มซ้ำ ตรง ไม่อ่อนหวาน แต่เป็นสิ่งที่ง่าย ๆ ต้องการเพียงคำตอบสั้น ๆ
เช่น

คำถามกว้าง : สิ่งนี้ทำให้คุณบางสิ่งบางอย่างที่คุณรู้แล้วอย่างไร
ทำไมสิ่งนี้จึงเป็นความคิดที่ดี
ถ้าคุณใช้ความคิดนี้ในวันพรุ่งนี้ แล้วจะเป็นอย่างไร
คุณจะจัดการกับข้อมูลนี้อย่างไร

คำถามแคบ : สิ่งนี้ทำให้คุณนึกถึงอะไร
คุณคิดว่า สิ่งนี้เป็นความคิดที่ดีใช่ไหม
คุณสามารถใช้ความคิดนี้ได้หรือไม่
คุณจะจัดการกับข้อมูลนี้ ต่างออกไปจากนี้ได้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการศึกษาที่สำคัญคือการคิดระดับสูงซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์
การสังเคราะห์ และการประเมินผล ซึ่งจะเกิดขึ้นได้จากการให้นักเรียนทำกิจกรรมด้านการคิด
ระดับสูง ได้แก่การรวบรวม การปฏิบัติตามขั้นตอน การประยุกต์ การเปรียบเทียบ การให้
เหตุผล การจัดประเภท การจินตนาการ การพยากรณ์ และการอธิบายประกอบภาพ อาจให้
นักเรียนฝึกสร้างคำถามทั้งสองแบบ เขียนเปรียบเทียบบนชาร์ต แล้วร่วมกันตอบ แล้วครู
วิเคราะห์ว่า

1. แต่ละคนตอบคำถามกว้างอย่างไร
2. แต่ละคนตอบคำถามแคบอย่างไร
3. นักเรียนรู้เกี่ยวกับผู้ตอบคำถามมากที่สุดเมื่อใด เมื่อตอบคำถามกว้างหรือตอบ
คำถาม

แคบ

4. ถ้านักเรียนต้องเขียนคำถามเพื่อการสัมภาษณ์ คำถามแบบไหน ที่จะทำให้
นักเรียน

ได้ข้อมูลมากที่สุด

ยุทธศาสตร์ที่ 5 การพยากรณ์

การพยากรณ์ที่ทำได้ตลอดเวลาได้แก่การคาดหวัง การตั้งสมมติฐาน การประมาณ
การอนุมาน การคาดเดาจากข้อมูลที่มี และการคาดคะเน นักเรียนสามารถฝึกการพยากรณ์โดย
ให้มี พื้นฐานข้อเท็จจริงหรือข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ได้ ให้แสดงความรู้สึกว่ามีความน่าจะเป็น
และสามารถเป็นไปได้ และทำให้นักเรียนทาย เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับข้อมูลที่มีอยู่ เช่น
ให้ เรียนพยากรณ์ผลลัพธ์จากปฏิบัติการทดลอง พยากรณ์ทักษะที่จะเกิดขึ้นหลังเรียน พร้อม
ทั้งให้ นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสิ่งที่พยากรณ์กับเป้าหมาย โดยให้
พยากรณ์ เหตุการณ์ พยากรณ์ก่อนไปทัศนศึกษา พยากรณ์ผลการทดลอง พยากรณ์หลังดู วิดี
ทัศน์หรือเทปเสียง หรือ ให้นักเรียนดูเรื่องราวเกมโชว์ในวิดีโอทัศน์ แล้วหยุดให้นักเรียนพยากรณ์
เรื่องราวเป็นช่วง ๆ อภิปรายสิ่งที่พยากรณ์แล้วดูเรื่องราวต่อไป

ยุทธศาสตร์ที่ 6 สร้างข้อวินิจฉัย

การสร้างข้อวินิจฉัยเป็นเส้นทางที่นักเรียนนำผลจากการสังเกตมาเป็นข้อสรุป เช่น มีกรอบภาพ 3 กรอบต่อเนื่องกัน ด้านซ้ายและขวาว่างเปล่า ตรงกลางมีภาพ ให้สังเกตจากภาพกลางว่าเกิดอะไรขึ้นตามภาพซ้ายมือและขวามือ เพราะเหตุใด อภิปรายแล้วให้วาดภาพ เป็นการฝึกทักษะการเชื่อมโยงเหตุการณ์ โดยเขียนเหตุการณ์เริ่มต้น และเหตุการณ์ท้ายสุด แล้วเว้นตรงกลางให้นักเรียนวินิจฉัยเองว่าเหตุการณ์เป็นอย่างไร เช่น สร้างภาพรอยเท้าสัตว์ 2 ชนิดใน 3 เฟรม ให้นักเรียนสังเกตข้อมูลแล้วสะท้อนความคิด หาเหตุผลสนับสนุน และอภิปรายจนได้ข้อวินิจฉัย ทักษะที่ได้ทั้งการสังเกต การคิดแก้ปัญหา และการคิดตัดสินใจ สามารถใช้ได้ทั้งในและนอกห้องเรียนในสถานการณ์ที่ง่าย ๆ ทั่วไป

ยุทธศาสตร์ที่ 7 จัดเป้าหมาย

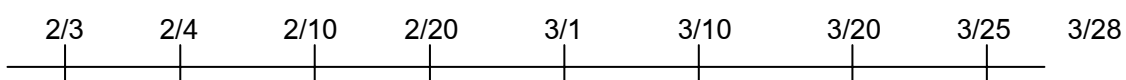
เป็นการฝึกการกำหนดการตกลงใจและการตัดสินใจ โดยการตรึงตรองอย่างรอบคอบ เช่น วางแผนการเดินทาง วางแผนซื้อสินค้า อาจกำหนดเป้าหมายระยะสั้นหรือระยะยาว เป็นการฝึกความสามารถ ความเชื่อมั่น และ สิ่งที่นึกภาพได้ การกำหนดเป้าหมายเป็นการพัฒนาความเป็นผู้นำ จากการดำเนินชีวิตจริง และฝึกการควบคุมติดตามตนเอง เช่น ให้นักเรียนกำหนดเป้าหมายทั้งระยะสั้นและระยะยาว เขียนบันทึกไว้ แล้วพยายามนำไปใช้ เมื่อภาระงานเสร็จให้ตอบคำถามว่า วางแผนอย่างไร รายงานความก้าวหน้าในที่ประชุม และเขียน รายงานเก็บเข้าแฟ้ม โดยเริ่มจากกำหนด เป้าหมายเล็ก ๆ ทุกวัน ติดตามควบคุม ปรับปรุงกระบวนการวางแผน แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เป้าหมายที่สำคัญระยะยาวเป็นสัปดาห์ เป็นเดือน และเป็นภาคเรียน โดยทำเป็นโครงการทั้งในและนอกห้องเรียน แล้วอภิปรายเป้าหมายที่สำคัญว่าจะช่วยพัฒนาความสามารถอะไร บันทึกเป้าหมายที่ต้องการมาก แล้วสะท้อนความคิดแนวทางไปสู่เป้าหมายนั้น ด้วยคำถาม

1. ฉันจะไปสู่ผลสัมฤทธิ์ในเป้าหมายนี้ได้อย่างไร
2. เมื่อเราสนุกกับผลสัมฤทธิ์เราได้รับผลประโยชน์อะไร
3. ฉันมีความรู้สึกอย่างไรเมื่อประสบผลสำเร็จ
4. ฉันรู้สึกอย่างไรหากล้มเหลว

ยุทธศาสตร์ที่ 8 แผนการปฏิบัติงาน

เป็นการวางแผนที่มีการตรวจสอบได้ตลอดเวลา ดังตัวอย่าง

มาตรฐานการทำงานวิจัย



เลือกหัวข้อ ค้นคว้า ทำโครงร่าง บันทึกลงบัตร คำโครง ตรวจสอบแก้ไข คำโครงสุดท้าย
บรรณานุกรม

แล้วจัดประเภทตามตารางดังนี้

หัวข้อเรื่องที่เลือก	ความไม่ยืดหยุ่น	ความยืดหยุ่น	เหตุผลสำคัญ
----------------------	-----------------	--------------	-------------

เป็นการตรวจสอบความก้าวหน้าในทุก ๆ วัน ทำได้ทั้งในและนอกห้องเรียน ทั้งโครงการเล็ก ที่เสร็จในวันเดียว 1 สัปดาห์ หรือระยะยาว ทำเป็นกลุ่มเล็กหรือรายบุคคลก็ได้ อาจให้วางแผนการเดินทาง โดยทำแผนที่ความคิด และสร้างเกณฑ์ มาตรฐานไว้ตรวจสอบในแต่ละขั้นตอน เริ่มจากระดมสมองหารายการ สถานที่ อภิปรายเพื่อตัดสินใจเลือก อธิบายเหตุผลในการเลือก อาจใช้การโหวตร่วมด้วยก็ได้ อธิบายวิธีการที่จะทำให้แผนงานสำเร็จ จัดประชุมแลกเปลี่ยนข้อมูล ตรวจสอบทั้งข้อมูลและกระบวนการ อภิปรายทั้งแง่บวกแง่ลบ

ยุทธศาสตร์ที่ 9 คิดแบบกระดานหก

เป็นการวางแผน ควบคุม ติดตาม และตรวจสอบ ความก้าวหน้าของโครงการ และการแก้ปัญหาของปรากฏการณ์ ด้วยการสะท้อนความคิดที่เป็นไปได้ด้วยคำถาม เช่น

1. ถ้าฉันได้งานอีกอย่างหนึ่ง แล้วจะเป็นอย่างไร
ใช่ แล้ว แต่ถ้าคุณต้องทำงานล่วงเวลา แล้วจะเป็นอย่างไร
2. ถ้าฉันตัดสินใจซื้อรถยนต์ใหม่ แล้วจะเป็นอย่างไร
ใช่แล้ว ถ้าคุณไม่สามารถขายคันเก่าได้ แล้วจะเป็นอย่างไร

กิจกรรมนี้เหมาะสำหรับโครงการทางวิทยาศาสตร์ ต้องวางแผนอย่างระมัดระวังก่อนเกิด ปรากฏการณ์ บูรณาการกระบวนการกับความคิด และตัดสินใจโดยคำนึงถึงผลกระทบรอบด้าน เป็นแบบจำลองการแก้ปัญหาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองทางความคิดในการแก้ปัญหาเพื่อให้นักเรียนค้นหา แก้ไข และปรับปรุงดัดแปลงกระบวนการได้โดยง่าย

ยุทธศาสตร์ที่ 10 รู้อะไร ต้องการรู้อะไร ได้เรียนรู้อะไร

เป็นการสร้างตารางวางแผนและประเมินตนเองดังตัวอย่าง

รู้อะไร	ต้องการรู้อะไร	ได้เรียนรู้อะไร
มันมีชีวิต มันต้องการน้ำ มันหายใจเอาออกซิเจนออก และเอาคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไป	อันไหนมีพิษ เห็ดเป็นพิษหรือไม่ ไดโนเสาร์ชอบพืชชนิดไหน	

4.7.2.2 ยุทธศาสตร์การควบคุมติดตาม (Monitoring strategies)

ยุทธศาสตร์ที่ 1 คิดออกเสียง

เป็นการพูดอธิบายความคิด ใช้สถานการณ์จากชีวิตจริง ให้นักเรียนจับคู่กันเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในยุทธศาสตร์การแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนสามารถค้นหาสิ่งที่ตนคิดและพูดออกมา จะเกิดการพัฒนาศักยภาพ เช่น ให้ฝึกคิดตามโจทย์ปัญหามนกระดานดำ พูดออกมา บันทึกย่อไว้ หรือคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ หรือคิดหาวิธีทำเครื่องบินกระดาษแล้วพูดออกมา เช่น ทำอะไร ทำไมจึงทำ ทำอย่างไร ปรับปรุงอย่างไร ควรใช้เมื่อคิดออกแบบ

ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เมื่อคิดแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ วิพากษ์วิจารณ์ ปรับปรุงแก้ไข เปลี่ยนแปลงประโยคในวิชาภาษาต้านทักษะการเขียน ทำความเข้าใจในการอ่าน และแก้ปัญหาในโปรแกรมซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ หรืออาจให้อธิบายการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าต่าง ๆ อย่างใคร่ครวญข้อมูลรอบด้าน

ยุทธศาสตร์ที่ 2 จัดประเภทพฤติกรรม

เป็นการทำเครื่องหมายและจัดประเภทเพื่อให้จดจำได้ง่าย กิจกรรมได้แก่ การทำนาย การ จัดกลุ่ม การเปรียบเทียบ และการตัดสินใจลงความเห็น แล้วพูดออกมาตามที่คิดให้สมาชิกในกลุ่มฟังความคิดเป็นสิ่งที่ฟังตรงได้ด้วยภาษา ถ้าถูกต้องให้ติดตามให้นิยามและจัดประเภท จะทำให้เกิดทักษะการอุปมา(สรุป) การลงความเห็น และการตกลงใจ ครูสามารถใช้ทักษะการคิด ทักษะทางสังคม การจัดการภาพลายเส้น หรือความสามารถทางสติปัญญาอื่น ๆ ของนักเรียนในการถ่ายโอนการเรียนรู้โดยการจัดประเภทได้ โดยเริ่มจากปรับคำพูดให้เหมาะสมจัดประเภท แล้วอภิปราย เช่น วัฏจักรของน้ำ นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมดังนี้

1. บอกประสบการณ์ส่วนตัว จัดประเภทความคิดให้คนอื่นยอมรับ
2. ให้คำนิยามการระเหยและผลกระทบ จัดประเภท แล้วสรุป
3. สร้างแผนผังบนบอร์ด แสดงฝน พืช และต้นกำเนิดน้ำ จัดประเภทความคิด

จินตนาการ และแสดงสิ่งที่มองเห็นได้

4. สร้างเสียง แล้วจัดประเภทตามเสียงเสียงดนตรี และจังหวะ
5. ทำงานกลุ่มย่อยจนได้ข้อตกลง และจัดประเภททักษะทางสังคมตามความเห็นร่วมกัน

กิจกรรมนี้ทำทั้งก่อนและหลังการอ่าน การดูวีดิทัศน์ บทบาทสมมติ นับเป็นกิจกรรมเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ เมื่อให้นักเรียนฝึกยุทธศาสตร์การจัดประเภท โดยกิจกรรม บทบาทสมมติ นักเรียนจะได้ฝึกทักษะการลงความเห็นให้เป็นที่ยอมรับ การพยากรณ์ การ จัดกลุ่ม การประเมินผล การอนุมานหรือสรุป การประดิษฐ์ และการแก้ปัญหา

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การเรียกคืนความจำ

เป็นกิจกรรมที่สนับสนุนการจำได้แก่ การค้นหา และการตรวจอย่างละเอียดด้วยคำถาม คุณออกไปที่ไหน มีอะไรเข้ามา มีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้น ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนจะอภิปรายแล้วบันทึกคำตอบไว้ เหมาะสำหรับปรับปรุงทักษะการอ่าน ได้แก่การอ่านกวาดสายตาอย่างรวดเร็ว การบันทึก และการสะท้อนความคิด เมื่อไม่เข้าใจสิ่งใดจะเกิดความตระหนักว่ายังไม่รู้ เมื่อนักเรียนเกิดความตระหนักแล้ว จะเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจะสามารถเชื่อมโยงความคิดกับ ข้อมูลได้โดยใช้แผนที่ความคิด เริ่มจากนักเรียนอ่านแบบกวาดสายตาอย่างรวดเร็ว เมื่อไม่เข้าใจสิ่งใดก็กลับไปอ่านซ้ำอีก แล้วสะท้อนความคิดออกมา ถ้าเป็นเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ให้ย้อนกลับไปดูข้อมูลอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ครูอาจมอบหมายให้ทำกิจกรรมนี้ในระยะยาว หรือทำเป็นโครงการ หรือทำตามช่วงเวลา ที่ นักเรียน

เห็นว่าเหมาะสม เช่น ให้นักเรียนอธิบายประกอบภาพที่ช่วยให้เข้าใจความหมายของศัพท์ แล้วจดบันทึก หรือให้สะท้อนความคิดจากการอ่านดังนี้

1. นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เพิ่งจะอ่านจบไปอย่างถ่องแท้หรือไม่
2. พบสิ่งใดบ้างที่สับสน
3. สามารถสรุปให้เหลือ 5-6 ประโยค ได้หรือไม่
4. สาระสำคัญของสิ่งที่กำลังอ่านคืออะไร

ยุทธศาสตร์ที่ 4 บันทึกเทป

แถบบันทึกเสียงและวีดิทัศน์ เป็นที่นิยมและมีอิทธิพลต่อการเรียนการสอน เพราะสามารถเรียนรู้ได้ ครูสามารถเลือกเฉพาะส่วนที่ต้องการมาให้นักเรียนเรียนรู้ได้ นักเรียนสามารถใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ เพราะสามารถย้อนกลับไปดูได้ในทันที และสามารถสะท้อนความคิดได้อย่างชัดเจนกิจกรรมนี้สนับสนุนการเรียนรู้สนทนาภาษาในกลุ่มย่อย นักเรียนจะแลกเปลี่ยน ประสพการณ์และประเมินผลกันเอง ในการปฏิบัติการทดลองนักเรียนจะตั้งคำถามและเสนอความเห็นเพิ่มเติมได้ดี หรือใช้ก่อนกระบวนการเรียนรู้อื่น ๆ เป็นการนำทางไปสู่เนื้อหา หลังจากดูวีดิทัศน์แล้ว นักเรียนจะระดมสมองแล้วตอบคำถามว่า ในการระดมสมองเราทำอะไรได้ดี ครั้งต่อไปเราอาจจะทำอะไรที่แตกต่าง อาจใช้วีดิทัศน์กระตุ้นการคิดทำโครงการและกระตุ้นให้คิดก่อนปฏิบัติการทดลอง ใช้อธิบายปัญหาบางอย่าง แล้วสะท้อนความคิด พร้อมตอบคำถาม

1. การย้อนกลับไปดูทันทีทันใดเป็นการช่วยหรือเป็นอุปสรรคขัดขวางอย่างไร
2. นักเรียนต้องที่จะนำมาใช้อีกหรือไม่ เพราะเหตุใด
3. นักเรียนคิดว่าวิธีการนี้จะมีประโยชน์ที่ใดอีก

ยุทธศาสตร์ที่ 5 บันทึกย่อ

บันทึกช่วยจำเป็นการขยายการเขียนเพื่อเตือนความจำ เป็นการฝึกให้เห็น และให้ รายละเอียดของเหตุการณ์ ผู้เขียนทำหน้าที่คล้ายบรรณาธิการ ฝึกคัดกรองข้อมูลและการเรียงลำดับ

เทคนิคการบันทึกช่วยจำเป็นการวิเคราะห์ เชิงคุณภาพ เป็นการสนับสนุนการติดตามควบคุม และ จัดการกับตนเอง เป็นการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลอย่างพินิจพิจารณา พร้อมทั้งหาความ เชื่อมโยงของเหตุการณ์ สิ่งที่ทำตามลำดับคือ การอ่านบันทึกที่ร่างไว้ ปรับปรุงเปลี่ยนแปลง แล้วบันทึกจริง ครูอาจแสดงวิธีการบันทึกผลการปฏิบัติการ แล้วอ่านทั้งหมด ครูบันทึกไว้ หรือสาริต นักเรียนจะเห็นแนวทางการบันทึกความจำ หลังจากบทเรียนแห่งความตระหนักโดยย่อ นักเรียนจะสามารถบันทึกช่วยจำในทุกปฏิบัติการทดลองได้ อาจให้ออกมา รายงาน และเขียนชาร์ท ทำให้ นักเรียนมีความคิดลึกซึ้งหลายแง่มุมและมีแนวทางในการเรียนรู้ต่อไป บันทึกช่วยจำเป็นกระบวนการที่ช่วยให้การพิจารณาวัตถุพิเศษขณะทำงานและส่งเสริมการสังเกต ซึ่งช่วยให้การถ่ายโอนเป็นไปอย่างมีความหมาย ใช้เมื่อต้องการบันทึกการสังเกตระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่ง จึงต้องให้หยุดและคิดที่กำลังทำอะไร และกำลังเรียน

อะไร เป็นการแทรกโดยเจตนาในการทำให้เป็นที่ยอมรับ และขยายความว่าเป็นทักษะที่ได้รับมาจากกระบวนการถ่ายโอน อาจส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคนิคบันทึกช่วยจำเมื่อดูภาพยนตร์ในห้องเรียน โดยหยุดให้คิดและบันทึกความคิดเห็น แล้วอภิปราย เพื่อพิจารณาบทวน

ยุทธศาสตร์ที่ 6 สร้างร่องรอย

เป็นยุทธศาสตร์ที่ออกแบบมาช่วยความจำประกอบด้วย การระบุปัญหา การพัฒนาทางเลือก การปฏิบัติการแก้ปัญหา และการวัดผลลัพธ์ นักเรียนต้องข้อมูลที่ดีที่สุด แสดงความรู้สึกที่มีความเป็นไปได้อาจมีความน่าจะเป็นในการค้นหาเพื่อให้ได้ความคิด และท้าทายนักเรียนโดยการทำนายสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้วหรือพยากรณ์ อาจใช้เพื่อประเมินนักเรียน พัฒนางานด้านการสร้างความคิดรวบยอด มีขั้นตอนคือ การเขียนร่าง ปรับปรุงแก้ไขร่าง ยืนยันโดยบทวิจารณ์จากภายนอก ทดสอบด้วยการอ่านเสียงดัง และเผยแพร่ อาจใช้ในช่วงใดช่วงหนึ่งของบทเรียน

ยุทธศาสตร์ที่ 7 ทำทันทีทันใด

เป็นแผนบอกบทที่ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติตามโดยทันที ใช้ในการแสดงละคร โดยให้นักเรียนกลุ่มย่อยร่วมกันเขียนบท ให้กลุ่มอื่นเลือกบทที่จะแสดงตามกำหนดเวลาสั้น ๆ หรือ ใช้สอนการจัดประเภทและการเรียงลำดับคำศัพท์ และใช้สอนเพื่อการถ่ายโอนและการประยุกต์ความรู้ไปใช้ โดยให้นักเรียนคิดเหตุการณ์และสร้างบทด้วยภาษาง่าย ๆ อาจใช้สอนบทสนทนาภาษา สอนด้านความตระหนักต่อสิ่งต่าง ๆ โดยครูอ่านเรื่องราวให้ฟัง ให้นักเรียนช่วยกันสรุป แล้วแต่ละกลุ่ม สร้างบทในแผ่นกระดาษให้เพื่อนร่วมกันแสดงในทันที แล้วอภิปรายร่วมกัน

ยุทธศาสตร์ที่ 8 พุดสองทาง

ทำได้โดยครูพบพ่อแม่นักเรียนที่ละครอบครัว เพื่อแลกเปลี่ยนความก้าวหน้าของนักเรียน โดยอาศัยแฟ้มสะสมงานประกอบ แล้วนำข้อมูลมาจัดกิจกรรมการประชุมในห้องเรียน กิจกรรมนี้เป็นการได้ข้อมูลละเอียดชัดเจนและนำมาออกแบบกิจกรรมได้โดยง่ายและตรงตามลักษณะของนักเรียน เมื่อได้ข้อมูลแล้วนำมากำหนดกิจกรรมบทบาทสมมติ การประชุมที่เน้นการวิพากษ์วิจารณ์ได้แก่ ให้เลือกคู่ปฏิบัติ กำหนดเวลาและจัดเตรียมสถานที่ เตรียมการจัดประชุม ให้ตอบสนองอย่างเหมาะสม และกำหนดผลลัพธ์ที่ต้องการ ใช้เมื่อนักเรียนต้องการรู้ทุกสิ่งทุกอย่างด้วยพวกเขาเอง และต้องการแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ

ยุทธศาสตร์ที่ 9 พุดถ่ายโอน

เป็นการส่งข่าวสารเกี่ยวกับความคิดของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้ ได้แก่ เป้าหมายของการเรียนรู้ และการใช้ประโยชน์จากการเรียนรู้ เช่น เรียนรู้ดนตรีเพื่อนำไปใช้พัฒนาภาษา เรียนรู้ภาษาต่างประเทศเพื่อประโยชน์ในการเดินทางท่องเที่ยว สามารถถ่ายโอนไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ การถ่ายโอนเป็นความคิดรวบยอดจากใกล้ไปสู่ไกล จากนามธรรมไปสู่รูปธรรม

ครูสามารถฝึกเทคนิคการถ่ายโอนให้นักเรียนได้โดยใช้บทสนทนา นักเรียนจะถ่ายโอนความคิดด้วยการนำไปใช้ ครูอาจใช้คำถามต่อไปนี้

1. คุณอาจจะนำไปใช้อย่างไร
2. คุณเคยใช้มาตั้งแต่เมื่อไร
3. คุณสามารถอธิบายการนำไปใช้ใหม่ได้อย่างไร
4. ทำไมคุณจึงเรียนรู้มันขณะนี้
5. ความคิดนี้สอดคล้องกันอย่างไร

ยุทธศาสตร์ที่ 10 บันทึกการสังเกต

การสังเกตเป็นการประเมินผล แต่บางครั้งก็เป็นเครื่องมือสำหรับควบคุมติดตามตนเอง โดยให้นักเรียนบันทึกการสังเกตสิ่งต่างๆ เช่น บันทึกการสังเกตจากการทดลองวิทยาศาสตร์ เนื้อหาที่บันทึกได้แก่ ความเป็นจริง สิ่งที่สามารถสังเกตได้ คุณเห็นอะไรบ้าง สิ่งที่ได้ยิน สิ่งที่ได้สัมผัส กลิ่น และรส การสังเกตเป็นการบูรณาการการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถเปรียบเทียบจินตนาการกับประสาทสัมผัสเมื่อสังเกตแล้วบันทึก ให้ความเห็นเพิ่มเติม อภิปรายและมีปฏิริยาโต้ตอบ ค้นหาความโดดเด่น และลงข้อสรุป เป็นการพัฒนาความเข้าใจ และการปรับปรุงด้วยตนเองได้เป็นอย่างดี เช่น ให้นักเรียนสังเกตจากการสาธิต จากวิดีโอ หรือจากปรากฏการณ์

4.7.2.3 ยุทธศาสตร์การประเมินผล (Evaluating strategies)

ยุทธศาสตร์ที่ 1 บวก ลบ น่าสนใจ

เป็นยุทธศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถประเมินผล ประเด็นความคิดครบทุกด้านด้วยตนเอง ประกอบด้วยการร่างผลลัพธ์เชิงบวกของการเรียนรู้แล้วพูดออกมา จากนั้นร่างผลลัพธ์ไปทางด้านลบที่เป็นอุปสรรค แล้วรวบรวมความคิดที่น่าสนใจ เป็นการสำรวจจากทุกแง่มุมแล้วประเมินภาพรวม เช่น ท่องเที่ยวสวนสัตว์

งูตัวใหญ่ สิ่งที่ดีที่สุดคือตอนที่ช้างนอนลง อาหารกลางวัน

กลิ่นเหม็น เมื่อกลุ่มหนึ่งไม่ทันรถประจำทาง

เสียงที่ตกลงบนชั้นของลิงบาบูน รองเท้าแตะของครูขาดแล้วเดินเท้าเปล่า

เป็นการประเมินผลที่ง่าย ชัดเจน รวดเร็ว มุ่งที่การมองอย่างสมบูรณ์ทุกด้าน จะใช้ง่ายที่สุดในบทเรียนที่ไม่มีเนื้อหา ให้นักเรียนคิดในแง่บวก ลบ และน่าสนใจ จัดแปลงได้ตามสถานการณ์ในห้องเรียน โดยอภิปรายในกลุ่มย่อยหรือเขียนชาร์ตโดยนักเรียนทั้งชั้น อาจนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือใช้รายงานงานการปฏิบัติการทดลอง

ยุทธศาสตร์ 2 เลือกจุดยืน

ทำได้โดย ครูสร้างกราฟแทนสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนเลือกตำแหน่งของตนเอง สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้เมื่อข้อมูลเปลี่ยนไป เป็นการสะท้อนความคิด และดูความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนได้แก่

นักเรียนตัดสินใจได้เร็วขนาดไหน

นักเรียนเคลื่อนที่ไปไกลจากเดิมขนาดไหน

นักเรียนเปลี่ยนความคิดบ่อยขนาดไหน

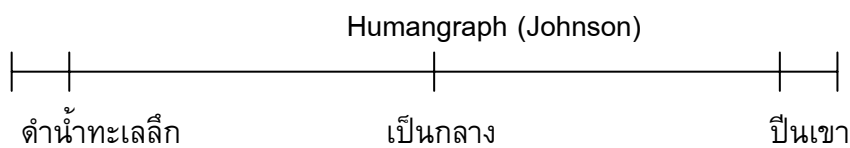
นักเรียนตัดสินใจได้อย่างไร

นักเรียนมีปฏิริยาต่อตำแหน่งของกลุ่มน้อยหรือกลุ่มใหญ่อย่างไร

นักเรียนสะท้อนเจตคติและทางเลือกของตนเองอย่างไร

เป็นการฝึกหัดการตัดสินใจและประเมินผลตนเอง ด้วยการหาเหตุผลมาสนับสนุนในการเลือกตำแหน่งและเปลี่ยนตำแหน่ง เช่น คุณอยากเป็นนักโตเขาหรือนักดำน้ำ ให้เลือกแล้วให้เหตุผล

ต่อมาให้ข้อมูลเพิ่มเติมแล้วให้พิจารณาเปลี่ยนตำแหน่ง พร้อมให้เหตุผลสนับสนุนการตัดสินใจ



เมื่อนักเรียนเริ่มตระหนักไม่เพียงแต่ความคิดเห็นของตนเองว่าคืออะไร แต่ตระหนักว่าพัฒนาอย่างไรและทำไมอีกด้วย

นักเรียนจะให้เหตุผลที่เลือกตำแหน่ง และอธิบายว่า การตัดสินใจง่ายเพียงใด รู้สึกอย่างไรเมื่อไปยืนตรงนั้นเพียง 2 คน ทำไมจึงเปลี่ยนตำแหน่งหลังจากวิพากวิจารณ์ แล้วให้เสนอแนะจำแนกความคิดจากกราฟหรือยูติซอดีแย้ง และรายงานความก้าวหน้าของตนเองต่อผู้ปกครอง

ยุทธศาสตร์ 3 คำถามประเมินผล

เป็นการสะท้อนเหตุผลด้วยคำถาม เพื่อให้นักเรียนย้อนกลับไปคิดในสิ่งที่เพิ่งจะทำเสร็จสิ้นสิ่งที่นักเรียนถามตนเอง ได้แก่

1. อะไรคือวัตถุประสงค์
2. อะไรที่มีความแข็งแรง
3. อะไรที่ยังอ่อน
4. อะไรอื่นอีกที่ต้องการ

ต่อไปนี้เป็นคำถามที่พัฒนาขึ้นใช้ในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลองชีววิทยาเรื่อง กล้องจุลทรรศน์

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. อะไรที่กำลังพยายามทำ | ลงความเห็นและเลื่อนสไลด์ 5 แผ่น เพื่อให้จดจำและวิเคราะห์ต่อไป |
| 2. อะไรที่เคยทำได้ดี | แผนภูมิที่ชัดเจนและถูกต้อง |
| 3. อะไรที่จะทำแตกต่างจากเดิม | อ่านหนังสือมาก่อนจึงรู้ว่าต้องการอะไร |
| 4. ต้องการความช่วยเหลือหรือไม่ | ต้องการปรับกล้องด้วยการใช้หลายสไลด์ |

จากคำถามดังกล่าวทำให้นักเรียนปรับปรุงกิจกรรมด้วยตนเองได้ โดยการวิเคราะห์ด้วย

ตนเอง และสะท้อนเหตุผลออกมา คำถามที่ใช้ควรเน้นที่การประเมินผลระดับสูง และง่ายต่อการย้อนกลับมาถามใหม่ เป็นการให้นักเรียนสะท้อนความคิดการวิเคราะห์สาเหตุ และการประเมินผล รวมทั้งสนับสนุนการถ่ายโอนการเรียนรู้เป็นอย่างดี

ยุทธศาสตร์ 4 แฟ้มสะสมงาน

เป็นการเขียนแผนพับเพื่อสนับสนุนการวัดการพัฒนาของนักเรียนโดยใช้แฟ้มรูปภาพ เป็นการปรับปรุงการประเมินผลด้วยตนเองของนักเรียนด้วยการรวบรวม การคัดเลือก และการประเมินผล โดยมีการสะท้อนความคิดออกมาด้วยรายละเอียดการบันทึกรายการ ได้แก่ วันที่ รายการ และข้อคิดเห็นที่เป็นความตระหนักในตนเอง เป็นการประเมินผลที่เห็นได้อย่างชัดเจน เป็นการควบคุมความตระหนักในตนเอง มีกิจกรรมวิเคราะห์ เลือก และเรียงลำดับ โดยการใคร่ครวญอย่างรอบคอบ

ยุทธศาสตร์ 5 เชื่อมโยงความคิดหลัก

เป็นยุทธศาสตร์ที่ช่วยเหลือการประเมินด้วยตนเองและถ่ายโอนการเรียนรู้โดยใช้คำถาม

1. ความคิดหลักใหม่คืออะไร
2. เชื่อมโยงกับความคิดหลักอื่นอย่างไร
3. สามารถใช้ประโยชน์จากความคิดหลักอย่างไร

เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ จะได้ประเมินความเข้าใจ และสังเคราะห์ข้อมูลไปสู่

ความคิดหลักแล้วเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมไปสู่ความคิดหลักอื่นและถ่ายโอนไปสู่ความรู้อื่น เช่นเมื่อนักเรียนเรียนจดจำข้อมูลทางสถิติได้ สังเคราะห์จนสร้างเป็นความคิดหลัก สร้างเป็นภาพได้อย่างถูกต้องเกิดความคิดใหม่ที่เชื่อมโยงกับความคิดเดิม และสามารถถ่ายโอนโดยนำไปใช้อธิบาย ความคิดอื่น ๆ ได้ด้วย

ยุทธศาสตร์ 6 สร้าง ความคิดหลัก

ความคิดหลักสามารถแตกสาขาเชื่อมโยงความคิดรวบยอดได้ เช่น ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเผ่าพันธุ์ เศรษฐศาสตร์ และวัฒนธรรม เป็นการสร้างองค์ความรู้ขึ้นในความคิดด้วยตนเอง โดยกระบวนการดูซึมและกระบวนการปรับขยาย แล้วนำไปใช้ในในขอบเขตที่กว้างขวางซับซ้อนขึ้น อาจใช้คำถามปลูกเร้า

1. ความคิดหลักตรงนี้คืออะไร
2. แล้วมันเตือนให้คุณนึกถึงอะไร
3. การเรียนรู้หลักอะไรที่สามารถนำออกมาจากข้อเท็จจริงและรายละเอียด
4. การเรียนรู้หลักอะไรที่สามารถเอาออกมาจากบทเรียนมาใช้ประโยชน์

5. ความคิดหลักอะไรที่เรารู้ได้อย่างรวดเร็วแบบก้าวกระโดด

6. จะเชื่อมโยงความคิดหลักกับสิ่งอื่นที่เรารู้อยู่แล้วได้อย่างไร

นักเรียนจะเริ่มด้วยตนเองในการสร้างหลักการ วิพากษ์วิจารณ์ แปลความหมาย

และ

ถ่ายโอนการเรียนรู้

ยุทธศาสตร์ 7 ตรวจสอบตนเอง

เป็นการประเมินด้วยตนเองในสิ่งที่กำลังปฏิบัติหรือสิ่งที่จะปฏิบัติ เป็นการสะท้อนความคิดผ่านรายการที่ตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว ด้วยคำว่า ใช่ กับ ไม่ใช่ เช่น

รายการในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	ใช่	ไม่ใช่
1. ทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว		
2. ส่งคืนอุปกรณ์แล้ว		
3. อภิปรายและอ่านร่วมกัน		
4. บันทึกย่อผลการปฏิบัติการแล้ว		
5. ตอบคำถามแล้ว		
6. จัดรายงานเข้าแฟ้มแล้ว		

ยุทธศาสตร์ 8 อะไร แล้วเป็นอย่างไร ตอนนี้อะไร

เป็นการรวมสิ่งที่เกี่ยวข้อง ประเมินวัสดุด้วยการสะท้อนการตัดสินใจ ตั้งตัวอย่างต่อไปนี่

อะไร	แล้วเป็นอย่างไร	ตอนนี้อะไร
สิ่งประดิษฐ์ที่ 1	ทำไมจึงเห็นว่าสำคัญ	ฉันต้องการและจะใช้มันอย่างไรในอนาคต
สิ่งประดิษฐ์ที่ 2	ทำไมจึงเห็นว่าตรงประเด็น	เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกับสิ่งอื่นอย่างไร
สิ่งประดิษฐ์ที่ 3	ทำไมจึงอ่อนแอ	จะดัดแปลงอย่างไร
สิ่งประดิษฐ์ที่ 4	เป็นตัวแทนของอะไร	คนอื่นอาจใช้มันได้อย่างไร

คำถามแรกเป็นการจัดการความคิดหลากหลายที่ต้องการอภิปราย คำถามต่อมาเป็นแนวทางที่ผ่านกระบวนการตอบสนอง คำถามสุดท้ายเป็นการนำไปใช้

ยุทธศาสตร์ 9 บันทึกช่วยจำ

เป็นการเล่าเรื่องราวสั้น ๆ เกี่ยวกับประสบการณ์ในแต่ละวัน วิเคราะห์การสะท้อนความคิดใช้เป็นเครื่องมือประเมินผลได้ เรื่องราวที่เล่าเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้าว่าจะพบอะไรบ้าง เพราะเหตุใด จะเกิดเหตุการณ์ใดบ้าง เพราะเหตุใด เป็นความคิดที่อธิบายความหมายโดยการบอก บรรยาย ปรับปรุงแก้ไข ตรวจสอบ และขยายความ ทั้งเขียนและพูด เป็นยุทธศาสตร์การประเมินผล โดยการสะท้อนความคิด ที่ไตร่ตรองอย่างรอบคอบแล้ว กิจกรรมนี้ทำได้บางบทเรียน โดยแลกเปลี่ยนประสบการณ์กัน หลังดูวีดิทัศน์ หลังการปฏิบัติการทดลอง หลังการทัศนศึกษา ในห้องเรียนศิลปะ และหลังเล่นเกม กิจกรรมนี้เป็นสิ่งกระตุ้นพัฒนาการได้เป็นอย่างดี

ยุทธศาสตร์ 10 บันทึกซ้ำ

เป็นการบันทึกซ้ำในบันทึกประจำวันประกอบด้วยการสังเกต ความคิดเห็น ความเกี่ยวข้อง ความเชื่อมโยง คำถาม หรือ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น

ความคิดเริ่มต้น	ความคิดหลังเรียน
20 พ.ย. 46 นักเรียนเขียนรายงานไม่เป็นไปตามกฎ พวกเขาตื่นเต้น ทำได้เพียงผิวเผิน	24 พ.ย. 46 การตรวจสอบตัวเลือกและพูดคุยกับเด็ก การตัดสินใจมีความคิดมากกว่าสิ่งที่สงสัยในครั้งแรก พวกเขาเข้าใจประเภทของสิ่งที่ทำให้พวกเขาสนใจ ฉันจำเป็นต้องจำที่จะนำดนตรีมาใช้ในการเรียนรู้

สรุปได้ว่า การสะท้อนอภิปัญญา โดยใช้ยุทธศาสตร์การวางแผน ยุทธศาสตร์การกำกับติดตาม และยุทธศาสตร์การประเมินผล ทั้ง 30 ยุทธศาสตร์ เป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนมีโอกาสดูการตรวจสอบความคิดของตนเอง ได้กำกับติดตามความคิดของตนเอง และได้ประเมินผลความคิดของตนเองตลอดเวลา ขณะที่ได้มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและสังคมด้วย จึงมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้สอดแทรกในการจัดการเรียนการสอน โดยแทรกในขั้นตอนของวัฏจักรการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้น ได้ หลังจากเรียนแล้วนักเรียนจะเกิดความรู้ภูมิปัญญาด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธี ซึ่งสามารถวัดได้โดยวัดเป็นความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

4.2.8 งานวิจัยเกี่ยวกับอภิปัญญา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอภิปัญญาทั้งในประเทศและต่างประเทศมีดังนี้

ทองหล่อ วงศ์อินทร์ (2536 : 140-146) ได้ศึกษาวิเคราะห์ความรู้เฉพาะด้านกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาและอภิปัญญา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลายผู้ชำนาญและไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ กลุ่มละ 25 คน เก็บข้อมูล

ตัวแปร 3 ด้านคือความคิดรวบยอดและการดำเนินการ กระบวนการในการแก้ปัญหา และความรู้ ในอภิปัญญาด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธี โดยใช้แบบทดสอบวัดความรู้ แบบทดสอบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหา แบบสัมภาษณ์ และวิธีคิดออกเสียงหลังแก้ปัญหา และ แบบสอบถามอภิปัญญา พบว่า นักเรียนผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาทั้งมัธยมศึกษาตอนต้นและ มัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนในตัวแปรทั้ง 3 ด้านสูงกว่า และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนในตัวแปรทั้ง 3 ด้านสูงกว่า

วัฒนาพร ระเบียบทุกข์ (2536 : 167-170) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของ รูปแบบการฝึกยุทธศาสตร์การเรียนรู้อภิปัญญาในการอ่านภาษาอังกฤษ กลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 82 คน กลุ่มแรกได้รับการฝึกแบบโดยตรง กลุ่มที่สอง ได้รับการฝึกแบบ สอดแทรกในเนื้อหา พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านความตระหนักรู้ในยุทธ ศาสตร์การเรียนรู้อภิปัญญาไม่ต่างกัน แต่คะแนนความเข้าใจในการอ่านหลังฝึกของกลุ่มแรกสูง กว่า

สมจิตร ทรัพย์อัประไมย (2540 : 158-160) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบเพื่อ พัฒนา อภิปัญญา ที่มีต่ออภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวนกลุ่มละ 23 คน กลุ่มทดลองฝึกด้วยรูปแบบเพื่อพัฒนาอภิปัญญาใน การอ่าน และทำแบบฝึกหัดหลังอ่านและทำแบบฝึกหัดแล้วมีการทบทวนความตระหนักในกลวิธี และให้ข้อมูลป้อนกลับ กลุ่มควบคุม อ่านตามปกติและทำแบบฝึกหัด รวบรวมข้อมูลด้วยมาตร วัดอภิปัญญา การสัมภาษณ์ การคิดออกเสียง การสังเกต และการทดสอบ พบว่าคะแนนอภิ ปัญญาจากการอ่านตำราและจากการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของกลุ่มควบคุมสูงกว่า ทั้ง ระยะทดลองและระยะติดตามผล กลุ่มทดลองสามารถทำนายผลสำเร็จในงาน และทำนายความ มั่นใจในคำตอบสูงกว่ากลุ่มควบคุม คะแนนผลสัมฤทธิ์ในการอ่านไม่ต่างกันทั้งระยะทดลองและ ระยะติดตามผล และคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูงกว่า กลุ่มควบคุม

ศุภลักษณ์ สินธนา (2545 : 139-144) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของอภิปัญญา กับ ตัวแปรอื่น 7 ตัว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดยะลา 534 คน แบ่งเป็น

นักเรียนที่ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาที่ 1 จำนวน 339 คน และใช้ภาษาอื่นเป็นภาษาที่ 1 จำนวน 195 คน พบว่าอภิปัญญา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา ความถนัดทางการเรียน ความเชื่อในสมรรถภาพตน เป้าหมายในการเรียนแบบ มุ่งเรียนรู้ และเป้าหมายในการเรียนแบบมุ่งตน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับเป้าหมายในการเรียน แบบเลื่องงานและความวิตกกังวลในการสอบ

อวยพร เรืองศรี (2545 : 58-61) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอภิปัญญากับการ คิดอย่างมีวิจารณญาณ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร 8 โรงเรียน 375 คน เก็บข้อมูลด้วยการให้สิ่งเร้าก่อนแล้วสัมภาษณ์ พบว่าอภิ

ปัญญา ทั้งด้านตระหนักรู้ ด้าน ยุทธวิธีทางความคิด ด้านการวางแผน และด้านการตรวจสอบตนเอง มีสหสัมพันธ์พหุคูณกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทุกด้านคือการนิยามปัญหา การรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การตั้ง สมมติฐาน การประเมินการสรุปอ้างอิง และอภิปรายปัญญาแต่ละด้านส่งผลทางบวกต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยด้านการตรวจสอบตนเอง ส่งผลมากที่สุด และด้านยุทธวิธีทางความคิด ด้านการตระหนักรู้ และด้านการวางแผนส่งผลน้อยกว่าตามลำดับ

ฮาร์ท (Hart. 1965 : 208-216) เป็นคนแรกที่ศึกษาว่า การตัดสินใจว่ารู้ (feelinng of knowing or FOK) มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการจำอย่างไร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัย สแตนฟอร์ด 22 คน ที่เรียนรายวิชาจิตวิทยา เริ่มจากให้ทำแบบทดสอบความจำ (recall test) หากข้อใดไม่สามารถระลึกได้ (recall) ให้ตัดสินใจหากให้ทำข้อสอบเลือกตอบ (recohnition test) เนื้อหาเดียวกันจะทำได้หรือไม่ การตัดสินใจนี้เรียกว่า FOK จากนั้นจึงให้ย้อนกลับไปทำข้อที่ทำไม่ได้อีกครั้งหนึ่ง พบว่า FOK เป็นสิ่งที่นำมาใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ที่แม่นยำว่าสิ่งใดมีหรือไม่มีอยู่ในความจำ การตอบไม่ได้ในครั้งแรกไม่ได้หมายความว่าไม่มีสิ่งนั้นอยู่ในความจำเสมอไป

วอเตอร์ (Waters. 1982 : 183-195) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอภิปัญญา กลวิธี และผลการจำ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8 และเกรด 10 กลุ่มละ 72 คน เริ่มจากให้จำคำคู่ที่ปรากฏให้เห็นนานไม่เท่ากัน แล้วให้กลุ่มทดลองทำแบบทดสอบความจำ แล้วสัมภาษณ์ว่าใช้กลวิธีใดจาก 4 วิธี ให้ตอบว่าวิธีใดน่าจะให้ผลดีที่สุด ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการบอกเล่าถึงวิธีจำคำคู่ แต่ไม่ต้องทดสอบความจำ พบว่ากลุ่มทดลองมีความรู้เกี่ยวกับกลวิธีมากกว่า และกลุ่มอายุสูงใช้กลวิธีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ากลุ่มอายุต่ำ

โลดิโก (Lodico. 1983 : 263-277) ได้ศึกษาผลของการฝึกการกำกับกลวิธีที่มีต่อการเลือกกลวิธีที่มีประสิทธิภาพ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 2 จำนวน 75 คน งาน 2 อย่างที่ให้นักเรียนทำคือการระลึกเสรี และการเรียนคำคู่ โดยก่อนเรียนกลุ่มทดลองได้รับการฝึกให้เห็นความสำคัญของการใช้กลวิธี และหลักทั่วไปของกลวิธี กลุ่มที่ระลึกเสรีให้ทำงาน 2 อย่าง คือ การสร้างประโยคและการทบทวนซ้ำ กลุ่มตัวอย่างต้องทำงาน 3 ครั้ง โดย 2 ครั้งแรกใช้กลวิธีที่ได้รับการฝึก ชุดที่ 3 ให้เลือกกลวิธีเอง พบว่า ผลการจำของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่ต่างกัน กลุ่มทดลองระบุสาเหตุของการทำงานที่ดีขึ้นไปที่กลวิธีมากกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองเลือกใช้กลวิธีที่มี ประสิทธิภาพมากกว่ากลุ่มควบคุม

สแวนสัน (Swanson. 1990 : 306-314) ได้ศึกษาความเป็นอิสระจากกันของ อภิปัญญากับความถนัดทั่วไป โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามความถนัดและอภิปัญญา เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์หลังจากแก้ปัญหาเพื่อหาความเข้มของการตระหนักรู้ และโดยวิธีคิดออกเสียงโดยวัดจำนวนครั้ง และการใช้เวลาในการแก้ปัญหา พบว่ากลุ่มที่มีความถนัดต่ำแต่มีอภิปัญญาสูงสามารถแก้ปัญหาได้เท่ากับกลุ่มที่มีความถนัดสูงและมีอภิปัญญาสูง และทั้งสองกลุ่มนี้จะ

ความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่ากลุ่มที่มีอภิปัญญาต่ำ แสดงว่าอภิปัญญาเป็นอิสระจาก ความถนัด

ลีโอนีลีโอ และเนลสัน (Leonesio and Nelson. 1990 : 464-470) ได้ศึกษา เปรียบเทียบความแม่นยำในการทำนายผลการทดสอบความจำของ การตัดสินใจว่ารู้ (FOK) การ ตัดสินความยากง่าย (Ease of learning Judgement or EOL) และการตัดสินผลการเรียนรู้ (Judgement of knowing or JOL) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยวอชิงตัน 68 คน เริ่ม จากให้จำคำนามเป็นคู่ ๆ ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน แล้วให้ตัดสินความยากง่ายของการเรียนรู้ (EOL) ลงมือศึกษาเพื่อจำให้ได้ แล้วจัดลำดับคู่ตามความคิดของตนเอง (JOK) อีก 4 สัปดาห์ ต่อมาให้ทำแบบทดสอบความจำ หากข้อใดทำไม่ได้ให้ตอบว่าถ้าให้ทำแบบเลือกตอบจะทำได้ หรือไม่ (FOK) แล้วย้อนกลับไปทำแบบทดสอบความจำอีกครั้งหนึ่ง พบว่าระดับของการเรียนรู้มี ผลต่อความจำ คือข้อที่ระลึกได้ในครั้งแรกจะระลึกได้มากกว่าข้อที่ระลึกได้ภายหลัง แต่ระดับการ เรียนรู้ไม่มีผลต่อ FOK ส่วน EOL สามารถทำนายอัตราการเรียนรู้ได้ดี คือข้อที่ตัดสินว่าง่ายจะ เรียนรู้ได้ดี เมื่อพิจารณาด้วยกันพบว่า JOK และจำนวนครั้งที่เรียนสามารถทำนายผลการระลึก ได้ดีกว่า EOL และ FOK กับ JOK สามารถทำนายผลการระลึกได้ใกล้เคียงกัน และทำนายได้ ดีกว่า EOL แต่ความแม่นยำในการทำนายของ JOL ก็ยังต่ำ เมื่อยืดเวลาการศึกษาออกไปอีก JOL จะทำนายผลได้แม่นยำยิ่งขึ้น

เกรินเจอร์ (Geringer. 1990: 3462A) ศึกษาการพัฒนาทักษะอภิปัญญาของ นักเรียนอายุ 11-15 ปี ตาม Vigotsky 's theory of cognitive development โดยให้ทำกิจกรรม เกี่ยวกับความคิดระดับสูง และโดยใช้ยุทธศาสตร์การตั้งคำถามในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ พบว่าการมีส่วนร่วมของพ่อแม่มีส่วนส่งเสริมการพัฒนาทักษะ อภิปัญญาของ นักเรียน

เรวเวย์ (Rewey. 1991 : 3021A) ศึกษาเปรียบเทียบจิตสำนึกจากการวางแผน และการร่างบทด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรัฐเทกซัส จัดกลุ่มทดลองเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีผู้เชี่ยวชาญอยู่ในกลุ่ม กลุ่มที่ 2 ไม่มีผู้เชี่ยวชาญอยู่ในกลุ่ม กลุ่มที่ 3 ไม่มีผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในกลุ่มแต่ให้ฝึกการบันทึก กลุ่มที่ 4 ให้วางแผนโดยร่างบทและฝึกบันทึก กลุ่มที่ 5 ศึกษา จากส่วนของเนื้อหาที่ตัดตอนมาและได้รับการช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าความจำของทั้ง 5 กลุ่มไม่ต่างกัน ความรู้ที่มีอยู่เดิมช่วยส่งเสริมความรู้อภิปัญญา กลุ่มที่ 4 มีความรู้ด้านอภิปัญญา สูงกว่ากลุ่มอื่น และมีเจตคติที่ดีต่อการฝึกสูงกว่ากลุ่มอื่น

ทอเลย์ (Thorley. 1991 : 3405A) ศึกษาบทบาทของวัฏจักรการเรียนรู้ที่เป็น โมเดลเปลี่ยนความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์และสิ่งแวดล้อม ของนักศึกษามหาวิทยาลัยวิสคอนซิน เมดิสัน สอนโดยครูฟิสิกส์ 3 คน เนื้อหา แรงและการเคลื่อนที่ วิทยาศาสตร์เพื่อชีวิต และการ สังเคราะห์ด้วยแสง แล้วเปรียบเทียบทักษะการสื่อสาร ทักษะเกี่ยวกับมิติ และทักษะการสร้าง ความรู้ พบว่ามีการสะท้อนให้เห็นอภิปัญญา การปรับปรุงการสร้างความรู้ด้วยตนเอง และทักษะ การสื่อสารที่ดี

ฟรายแท็ก (Freitag. 1991 : 790A) ศึกษาการใช้มัลติมีเดียสอนวิชา Earth Science แก่นักเรียนเกรด 8 เมืองบอสตัน โดยให้เรียนอย่างอิสระด้วยยุทธศาสตร์อภิปัญญาและการทำแผนที่ความคิดรวบยอดกลุ่มละ 3-4 คน ทำโครงการจากคอมพิวเตอร์ ไฮเปอร์การ์ด เลเซอร์วีดิโอดิสค์ และเทปเสียง พบว่านักเรียนตั้งใจทำโครงการ สามารถสร้างความรู้และเทคโนโลยีใหม่ สนับสนุนการทำงานร่วมกัน และกระตุ้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คอสเตอร์มันส์ และ แอนเซย์ (Costermans and Ansay. 1992 : 142-150) ได้ศึกษาการตัดสินใจ (FOK) และระดับความมั่นใจในคำตอบ (Confidence Level or CL) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา 14 คน เริ่มจากให้เรียนรู้คำถามคำตอบสั้น ๆ แล้วทดสอบความจำด้วยการให้ตอบถูกหรือผิด พบว่า CL ทำนายผลการทดสอบความจำได้ดีกว่า FOK ส่วนค่าความเที่ยงไม่ต่างกัน FOK มีความสัมพันธ์ทางบวกกับเวลาที่ใช้ในการค้นหาข้อมูล ส่วน CL มีความสัมพันธ์ ทางลบกับการใช้เวลาค้นหาข้อมูล ซึ่งเป็นเพราะความคุ้นเคยเนื้อหา แสดงว่าความรู้ลึกของบุคคลต่องานที่ทำเป็นเครื่องบ่งชี้ของระดับความตระหนักรู้ในระดับอภิปัญญานั้นเอง ซึ่งมีผลต่อการทำนายความสำเร็จของงานด้วย

บราวน์ (Brown. 1992 : 462A) ศึกษายุทธศาสตร์ที่สนับสนุนทักษะการอ่าน เพื่อให้เกิดความคิดรวบยอดวิชาชีววิทยาของนักศึกษาปีที่ 1 มหาวิทยาลัยฟิฟส์เบิร์ก 98 คน ในเวลา 14 สัปดาห์ กลุ่มแรกให้เรียนตามปกติ กลุ่มที่สองใช้ยุทธศาสตร์อภิปัญญา ในการอ่าน ได้แก่ การบริหารเวลา การแสดงให้ดูล่วงหน้า การกวาดสายตา การพัฒนาคำศัพท์ การจดบันทึก การสรุป และการทำแบบทดสอบ พบว่ากลุ่มที่สองมีความคิดรวบยอดสูงกว่ากลุ่มแรก

เรลัน (Relan. 1992 : 3895A) ศึกษาเปรียบเทียบผลจากการฝึกนักเรียน เกรด 6 จำนวน 107 คน ที่เมืองมินเนโซตา เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มทดลองกลุ่มแรก ปฏิบัติในคอมพิวเตอร์ที่ใช้อภิปัญญา กลุ่มที่สองคล้ายกลุ่มแรกแต่เพิ่มเติมการฝึกจัดประเภทความคิด รวบยอด พบว่าความคิดรวบยอดของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

แบรดเลย์ (Bradley. 1992 : 3511A) ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ สุขภาพของนักศึกษาผู้ใหญ่ 3 กลุ่ม อายุ 20-39 ปี 40-59 ปี และ 60-79 ปี จำนวน 53 คน จากมหาวิทยาลัยจอร์เจีย โดยใช้อภิปัญญา ในการฝึกแก้ปัญหาตามความคิดของผู้เรียน พบว่ากลุ่มที่อายุน้อยกว่าสามารถจดจำเนื้อหาและแก้ปัญหาได้ดีกว่า

เคลเลอร์ (Keller. 1993 : 3787A) ศึกษาการใช้อภิปัญญาที่เป็นการเล่น แลกเปลี่ยนอภิปรายและแก้ปัญหาสอนวิชาเคมีและคณิตศาสตร์ให้นักศึกษารัฐอริโซนา 512 คน พบว่าผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการการอธิบาย การเปรียบเทียบ การสร้าง การจัดลำดับ และ ความคิดระดับสูง

โอฟีแลน (O'Phelan. 1994 : 1227A) ได้ศึกษาการฝึกกลวิธีที่พิจารณาร่วมกับตัวแปรบุคคล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนซ่อมเสริมการอ่าน 3 กลุ่ม ทดลอง 6 ครั้ง ครั้งละ 75 นาที โดยเฉพาะกลุ่มทดลองได้รับข้อมูลเกี่ยวกับแบบการเรียนรู้ จุดเด่น และจุดด้อยของแบบ การเรียนรู้ แล้วทั้ง 2 กลุ่มได้รับการฝึกกลวิธี 7 แบบเช่นเดียวกัน ระหว่างทดสอบให้ระลึกแล้ว

รายงานมาใช้ กลวิธีใดบ้าง แล้วตามทดสอบในอีก 2 วันต่อมาอีกครั้งหนึ่ง พบว่ากลุ่มทดลองสามารถระลึกถึงประเด็นสำคัญได้มากกว่าทั้งแบบในทันทีและอีก 2 วันต่อมา

แชปเลย์ (Shapley. 1994 : 4349A) ได้ศึกษาการฝึกให้นักเรียนกำกับตนเอง กลุ่ม ตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6 กลุ่มละ 83 คน กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกให้กำกับตนเองแล้ว สัมภาษณ์กลวิธีกำกับตนเองและวัดความมั่นใจทางเชาว์ปัญญา พบว่ากลุ่มทดลองใช้กลวิธีกำกับตนเองด้านการประเมินตนเอง การจัดระบบและปรับเปลี่ยน การตั้งเป้าหมาย และการวางแผน มากกว่าและมีความมั่นใจในทางเชาว์ปัญญาสูงกว่า นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีแนวโน้มในการใช้กลวิธีประเมินตนเองสูงกว่ากลุ่มต่ำซึ่งมีแนวโน้มขอความช่วยเหลือจากครู

ฟีโร (Fiero. 1994 : 4401A) ศึกษาบทบาทของอภิปัญญาในการพัฒนานักเรียน เกรด 7 จำนวน 244 คน แบ่งเป็น 8 ห้องเรียน เรียนกลุ่มละ 4 คน ใช้อภิปัญญา 2 ห้องเรียนทุกกลุ่มใช้คอมพิวเตอร์เลียนแบบสวนพฤกษศาสตร์ แล้วให้แก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ พบว่ากลุ่มที่ใช้อภิปัญญามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการทั้ง 5 ทักษะสูงกว่ากลุ่มอื่น

ดอล (Doljanac. 1995 : 142A) ศึกษาการใช้ยุทธศาสตร์อภิปัญญาทำนุบำรุงการปฏิบัติงานวิชาชีววิทยา ภาษาอังกฤษ และสังคมวิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เมืองมิชิแกน 420 คน จาก 9 วิทยาลัย พบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูงสามารถเลือกยุทธศาสตร์ได้ดีกว่าและประสบผลสำเร็จทางวิชาการมากกว่า

นิคเคิลสัน (Nickelson. 1996 : 630A) ศึกษาการใช้พอร์ตโฟลิโอพัฒนาผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีสจวร์ตโคลัมเบีย 97 คน 4 ห้องเรียน สอนโดยครูฟิสิกส์ 3 คน โดยให้เรียนรู้แบบมีส่วนร่วม พบว่าผลสัมฤทธิ์กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน แต่พบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนพอร์ตโฟลิโอ คะแนนจากกลุ่มปกติ คะแนน GPA และ คะแนน ACT สามารถนำพอร์ตโฟลิโอมาใช้เป็นเครื่องมือวัดความก้าวหน้า อภิปัญญา และความเชื่อมั่นได้

นีโต และ วาเลนเต้ (Neto and Valente . 1977 : <http://thailis.uni.net.th/eric/detail.nsp>.) ศึกษาการใช้อภิปัญญาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนอายุ 16 ปี ที่เรียนวิชาฟิสิกส์เนื้อหาเรื่องกลศาสตร์เบื้องต้นของนิวตันในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ประเทศโปรตุเกส โดยวัดผลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในระยะเวลา 5 เดือน พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดรวบยอดในเนื้อหา และเจตคติต่อการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าความคิดรวบยอดของวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีปฏิสัมพันธ์กับทักษะการคิด

การิสัน (Garrison. 1997 : 3390A) ศึกษาการใช้ Computer Mediated Problem Sets (COMPS) ซึ่งเป็น e-mail Program กับนักเรียนต่ำกว่าปริญญาตรีในวิชาชีววิทยา 62 คน กลุ่มทดลองกลุ่มแรกใช้ COMPS กับ อีกกลุ่มหนึ่งใช้ COMPS กับอภิปัญญา พบว่า ผล

การเรียนรู้ของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน กลุ่มแรกใช้เวลามากกว่า และกลุ่มหลังมีทักษะการแก้ปัญหาที่ดีกว่า

โฮลเดน (Holden. 1997 : 1580A) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนรู้ อภิปัญญา ความรู้เดิม เจตคติ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนเกรด 6 และเกรด 7 ที่วิกทอเรีย แคนาดา วิชาชีววิทยา ใช้เวลา 11 สัปดาห์ โดยการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ที่ประกอบด้วยการทำ K-W-L ชาร์ท การเลือกแนวคิดหลัก การเปรียบเทียบความแตกต่าง การใช้เหตุผล และการบรรยาย พบว่าเนื้อหาวิชาที่มีแนวโน้มไปสู่การสาธิตในรูปแบบการเรียนรู้อย่างอิสระ เพศชายเกิดการหยั่งรู้และเพศหญิงเกิดการรับรู้อย่างรวดเร็ว นักเรียนระดับชั้นสูงมีความคิดรวบยอดเพิ่มขึ้นมากกว่านักเรียนระดับชั้นต่ำ การรับรู้ด้วยตนเองและการปรับปรุงตนเองมีความสัมพันธ์กับอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความตระหนักในอภิปัญญาสัมพันธ์กับการจัดการด้วยตนเองและความสำเร็จ

ทซาย (Tsai. 1997 : 2955A) ศึกษาผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 48 คนในไต้หวัน เนื้อหาเรื่องโครงสร้างอะตอม โดยใช้อภิปัญญา พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจสิ่งแวดล้อมที่ใช้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างการเรียนรู้ ความเชื่อในการหยั่งรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจในการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของการจดจำความรู้ การปรับตัวในการสร้างความรู้ด้วยตนเองมีแนวโน้มสูงขึ้น นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดใหม่ได้ดีขึ้น และนักเรียนสามารถค้นพบรูปแบบการเรียนรู้ ที่นำไปสู่การจัดการบูรณาการข้อมูล การแปลความหมาย และการแก้ปัญหา

ยู (Yu. 1997 : 4652A) ศึกษาการสร้างความรู้วิชาเคมีให้นักเรียนที่เรียนอ่อน ด้วยการให้เรียนรู้จากการปฏิบัติการทดลอง โดยให้อภิปรายภาระงาน กลุ่มแรกจากโรงเรียนมัธยมศึกษา ตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย 68 คน ที่มียุทธศาสตร์การเรียนรู้น้อย มีอภิปัญญาน้อย และมีความสามารถในการปรับปรุงด้วยตนเองน้อย พบว่าสมรรถนะการเรียนรู้ด้วยตนเองและทักษะทางสังคมสูงขึ้น กลุ่มที่สองเป็นนักศึกษาเคมีจากวิทยาลัย 603 คน พบว่าการกระตุ้นด้วยการรายงานด้วยตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของชายสูงกว่าหญิง

โฮวี (Howie. 1997 : 30) ศึกษาผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนแคนาดา โดยการเลียนแบบปฏิกิริยา Thermal-hydraulic และให้ข้อมูลทางกายภาพให้ข้อมูลด้านปฏิบัติการและมีกระบวนการอภิปัญญา ใช้เวลาทดลอง 6 เดือน พบว่านักเรียนแต่ละคนมีความเชี่ยวชาญในการปฏิบัติการดีขึ้น

โรเชส (Roces. 1997 : 329C) ศึกษายุทธศาสตร์การเรียนรู้วิชาชีววิทยาของนักศึกษาปริญญาตรีสเปน 2,855 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามเกรดเฉลี่ย พบว่าสมรรถภาพในตนเอง ความกังวล และการกระตุ้นจากภายในของทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกัน ความเชื่อในยุทธศาสตร์การเรียนรู้ของทุกกลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ความเพียรพยายามแตกต่างกัน ด้านอภิปัญญา

การทําย่างปราชญีต การตั้งคําถามตนเอง และการคํานหาด้วยตนเอง ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ที่แตกต่างระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกันในด้านการจัดการ

คอซซา (Cozza. 1997 : 4266A) ศึกษาการใช้แผนที่ความคิดร่วมกับการสะท้อนอภิปรายที่ใช้วิธีทัศน์และเครื่องเสียงประกอบกับนักเรียนเกรด 3 จำนวน 6 คน ผักแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับไฟฟ้า 6 เรื่องโดยให้มีส่วนร่วมในการตั้งคําถาม การกํากับ ติดตามตนเองและการสะท้อนความคิด พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าในการติดตามตนเอง สามารถจดจำแนวคิดได้จากการจดบันทึกและจากการสร้างแผนที่ความคิด และมีความคิดรวบยอดทาง วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทุก ๆ วัน

มาสลิน (Maslin. 1997 : 1558A) ศึกษาความสัมพันธ์ของ GPA กับทักษะเบื้องต้นในการวัดผลตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ให้นักศึกษารัฐแคลิฟอร์เนีย 547 คน โดยใช้ Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ) จัดเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ใช้ ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ด้วยการฝึกซ้อม การบรรจงทําย่างปราชญีต การจัดการ และการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ กลุ่มที่ 2 ใช้อภิปราย ด้วยการวางแผนด้วยตนเอง กํากับติดตามตนเอง และปรับปรุงตนเอง กลุ่มที่ 3 ใช้ยุทธศาสตร์การจัดการ ด้วยการบริหารเวลา จัดการสิ่งแวดลอม พยายามปรับปรุง เฟงหาการเรียน และแสวงหาความช่วยเหลือ พบว่า นักเรียนทั้ง 3 กลุ่มมีคะแนน GPA สูง แต่ไม่แตกต่างกัน การปรับปรุงด้วยตนเองไม่แตกต่างกัน กลุ่มที่ 3 มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณสูงกว่าอีก 2 กลุ่ม แต่คะแนนความพยายามในการ ปรับปรุงด้วยตนเองต่ำกว่า และคะแนน GPA สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

ลิน (Lin. 1998 : 1890A) ศึกษาการใช้อภิปรายสอนนักเรียนเกรด 9 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นรัฐเทกซัส โดยกลุ่มทดลองสองกลุ่มใช้คอมพิวเตอร์ช่วยและไม่ใช้คอมพิวเตอร์ กิจกรรมที่ทําคือ การตั้งจุดประสงค์ด้วยตนเอง การสะท้อนความคิดตนเอง การวางแผนด้วยตนเอง การสืบค้นด้วยตนเอง การปรับปรุงด้วยตนเอง การบันทึกและกํากับติดตามความคิดของตนเอง การใช้ยุทธศาสตร์ความคิดระดับสูง การระดมสมอง การวัดผลด้วยตนเอง การอภิปราย และการสรุปผล พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างการเรียนรู้ด้วยตนเองกับผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการของทั้งสองกลุ่ม

ชิน (Chin. 1998 : 3878A) ศึกษาการสร้างความคิดรวบยอดวิชาเคมีของนักเรียนเกรด 8 จำนวน 100 คน ที่รัฐอิลลินอยด์ ในเวลา 9 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องเสียง ทัศน์ และการปฏิบัติการด้วยมือ โดยใช้กิจกรรม อภิปราย พบว่าวิธีเรียนรู้กับ ความคิดรวบยอดมีความสัมพันธ์กัน วิธีการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งกับที่ง่าย ๆ มีความแตกต่างกันทั้งด้านการคิดพิจารณา สร้างความรู้ การอธิบาย การตั้งคําถาม การประเมินด้วยตนเอง และการทำงาน ยุทธศาสตร์อภิปรายที่ใช้สร้างความคิดรวบยอดได้แก่ การคิด การจินตนาการ การคํานวน การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การพยากรณ์ การอธิบาย การหาประสบการณ์ การประยุกต์ การตั้งคําถาม การยกตัวอย่าง และการคํานหาภาระงาน และวิธีการที่ลึกซึ้งได้แก่ การกํากับติดตามตนเอง การทํ

ความเข้าใจตนเอง การเอาใจใส่กับข้อโต้แย้ง การคัดเลือกความคลาดเคลื่อน การพิจารณาข้อจำกัด การวิจารณ์แนวคิด และการประเมินผลตนเอง

โฮแกน (Hogan. 1998 : 2530A) ศึกษาผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 8 จำนวน 163 คน 4 ห้องเรียน รัฐนิวยอร์ก ในเวลา 12 สัปดาห์ โดยใช้กระบวนการอภิปรายเชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการของอภิปัญญา วิเคราะห์ข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ พบว่าบรรยากาศการเรียนรู้ การปรับปรุงการเรียนรู้ และยุทธศาสตร์การร่วมกันสร้างความรู้โดยใช้ เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น พฤติกรรมการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กัน และมีการบูรณาการกันของสังคม ความรู้อภิปัญญา และ มิติการเรียนรู้

ออสบอร์น (Osborne. 1998 : 1459A) ศึกษาประสิทธิภาพของ The Assessment of Cognitive Monitoring Effectiveness (ACME) ซึ่งเป็นกระบวนการอภิปัญญาที่ประกอบด้วยการทำงานนำผล การติดตามความคิดตนเอง การทำงานร่วมกัน และการตรวจสอบผลจากความจริงโดยให้ตอบคำถามปากเปล่า การทดสอบย่อย และทดสอบหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนปกติและนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ เกรด 5 เมืองนิวยอร์ก เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา และทักษะการอ่าน พบว่า ACME เหมาะสมกับนักเรียนทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ

ลี (Lee. 1998 : 3405A) ศึกษาผลการใช้แผนที่ความคิดกับอภิปัญญาในการเรียนวิชาพันธุศาสตร์ของนักเรียน โดยแก้ปัญหาจากการทำแผนที่ความคิด การเรียนอย่างกระตือรือร้น และการเตรียมความพร้อม การเรียงลำดับภาพเหมือนเคลื่อนไหวในไดอะแกรม การยกตัวอย่างจากความจริง และการแปลความหมาย พบว่าแผนที่ความคิดกับอภิปัญญาส่งเสริมความสามารถในการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ แผนที่ความคิดกับอภิปัญญามีผลกระทบซึ่งกันและกันและการใช้ร่วมกันมีผลไม่ต่างจากการใช้เพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง และนักเรียนชอบเรียนจากการใช้สื่อหลายชนิดพร้อมกัน

แบลงค์ (Blank.. 1998 : 3069A) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างยุทธศาสตร์การเรียนการสอนด้วยอภิปัญญา สถานะ และการเปลี่ยนแปลงความคิดรวบยอดในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เนื้อหาเกี่ยวกับห่วงโซ่อาหารและสายใยอาหาร ของนักเรียนเกรด 7 กลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยแผนที่ความคิดแบบ CCM กับอีกกลุ่มหนึ่งเรียนด้วยแผนที่ความคิดแบบ CCM ที่สอดแทรกอภิปัญญา พบว่ากลุ่มที่ใช้อภิปัญญาสร้างความคิดรวบยอด ความคิดอย่างมีวิจรณญาณ แล้วนำมารวมเป็นโครงสร้างความรู้จากการอภิปรายและการพูด ความคิดรวบยอดของทั้งสองกลุ่มในระยะสั้นไม่แตกต่างกัน แต่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในระยะยาว และอุปสรรคของความเข้าใจมาจากการฝึกสร้างไดอะแกรมการถ่ายทอดพลังงานและสายใยอาหาร

แบรดตัน (Bratton. 1998 :3896A) ศึกษาการให้ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์พร้อมใช้ ยุทธศาสตร์อภิปัญญาในการสร้างความรู้ด้านจุลชีววิทยาให้นักศึกษากองทัพเรือรัฐอลาบามา 194 คน กลุ่มทดลองได้รับข้อมูลด้านกระบวนการ แหล่งข้อมูล และวิธีการเรียกใช้ข้อมูล

กลุ่มควบคุมเรียนด้วยบทเรียนที่ครบถ้วนด้วยเนื้อหา พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนปฏิบัติการสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ดอลเนลลี่ (Donnelly. 1998 : 2512A) ศึกษาการใช้ทักษะอภิปัญญาพัฒนาจิตสำนึกและการควบคุมความคิด การรวมกันของโปรแกรมการฝึก การตรวจสอบการสะท้อนจากการฝึกและการค้นหารูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนของนักเรียนระดับต่ำกว่าปริญญาตรี 122 คน รัฐฟลอริดา 4 กลุ่มทดลอง เมื่อวัดทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน พบว่าความคิดรวบยอดและความรู้ด้านอภิปัญญาสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กระบวนการอภิปัญญา ความสามารถในการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองเร็วกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้กระบวนการอภิปัญญา และเนื้อหาที่มีคะแนนความสามารถในการเรียนรู้ต่ำของกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นดีที่สุด

พาร์คเกอร์ (Parker. 1999 : 4046A) ศึกษาการแลกเปลี่ยนพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการสะท้อนอภิปัญญา ผ่านอินเทอร์เน็ต CourseInfo กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย-หญิง ที่เรียนวิชาชีววิทยา เกรด 9 และ เกรด 10 จำนวน 78 คน ความสามารถในการแก้ปัญหาวัดโดยข้อสอบประเมินความคิดอย่างมีวิจารณญาณมาตรฐานของ Watson-Glaser และ การสะท้อนอภิปัญญา วัดจากปริมาณความคิดรวบยอด ปริมาณการเชื่อมโยงความคิดรวบยอด และปริมาณของการบันทึกการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดเป็นแผนที่ความคิด โดยวัดจากการอภิปรายร่วมกันหลายคนพร้อมกันในซอฟต์แวร์ เมื่อเปรียบเทียบผลก่อนเรียนกับหลังเรียนพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นกลุ่มไม่มีนัยสำคัญ แต่รายบุคคลมีนัยสำคัญ และเพศชายหญิงมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ด้านการสะท้อนอภิปัญญา ความคิดรวบยอดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การบันทึกการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดเป็นแผนที่ความคิดไม่เปลี่ยนแปลง และเพศชายหญิงมีการสะท้อนอภิปัญญา ทั้ง 3 รายการไม่แตกต่างกัน

เพียซอล (Pearsall. 1999 : 160B) ศึกษาผลของแบบฝึกหัดอภิปัญญาต่อการพัฒนาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5 และ 6 เมืองโคลัมเบียสหรัฐอเมริกาจำนวน 50 คน ในเวลา 6 สัปดาห์ กลุ่มแรกให้สะท้อนความคิดในการปฏิบัติการ อีกกลุ่มหนึ่งไม่มีการสะท้อนความคิด พบว่ากลุ่มที่สะท้อนความคิดมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นสูงกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง

อลองโซ (Alongso. 1999 : 81B) ได้วิเคราะห์อภิปัญญาของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ และที่ไม่มีความสามารถพิเศษรัฐไมอามี พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างอภิปัญญาความสามารถพิเศษ

แฮคเนย์ (Hackney. 1999 : 422A) ศึกษาผลของการทำกิจกรรมทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายรัฐหลุยเซียนาในระยะยาว กลุ่มแรกเน้นการสร้างเนื้อหา กลุ่มที่สองเน้นการทำกิจกรรมเกี่ยวกับตัวเลขที่ใช้เครื่องมืออภิปัญญาในการกระตุ้นให้สร้างจินตนาการ พบว่ากลุ่มหลังสามารถบูรณาการความรู้และมีความรู้ลึกซึ้งกว่า สนุกสนานมากกว่า และแปลความหมายได้ดีกว่า

ฮิคแมน (Hickman. 1999 : 173A) ศึกษาเปรียบเทียบความคิดรวบยอด และความตระหนักในอภิปัญญา ของนักเรียนเกรด 9 เมืองบอสตัน รัฐแมสซาชูเซตส์ ในวิชาฟิสิกส์ ใช้เวลา 5 สัปดาห์ กลุ่มแรกให้ทำงานร่วมกันโดยให้เขียนบันทึกในกระดาษ อีกกลุ่มหนึ่งบันทึกในคอมพิวเตอร์ พบว่ากลุ่มที่ใช้คอมพิวเตอร์มีความคิดรวบยอดสูงกว่า กลุ่มที่ใช้คอมพิวเตอร์มีความตระหนักใน อภิปัญญามากกว่า และกลุ่มที่ใช้คอมพิวเตอร์มีเหตุผลมากกว่า

มายเออร์ (Myers. 1999 : 125B) ศึกษาการใช้ยุทธศาสตร์อภิปัญญา เมตาโมติเวชัน เมตาโมริ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแหล่งสนับสนุนการจัดการ ของนักศึกษาพยาบาลมหาวิทยาลัยบอสตันระดับແທ໊ໂຊ໊ເທ 34 คน ระดับปริญญาตรี 19 คน โดยใช้การฝึกทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้ตลอดชีวิต พบว่าช่วงแรกนักศึกษาແທ໊ໂຊ໊ເທสามารถใช้อยุทธศาสตร์อภิปัญญา เมตาโมติเวชัน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแหล่งการเรียนรู้ในการเรียนมากกว่าระดับปริญญาตรี แต่สุดท้ายนักศึกษาปริญญาตรีมีความสามารถดังกล่าวสูงกว่า

ซาลตัส (Zaltas. 1999 : 225A) ศึกษาผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้การสะท้อนความคิดด้วยอภิปัญญาในการแลกเปลี่ยนความรู้ด้านชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม ของนักเรียนเกรด 7 เมืองโคลัมเบีย สหรัฐอเมริกา พบว่ามีการสะท้อนความคิด และมุมมองเกี่ยวกับเนื้อหาที่ซับซ้อน มีการอภิปรายที่สนับสนุนเหตุผลและความคิดในการสร้างความรู้ มีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมอภิปรายและการสะท้อนความคิด มีหลายระดับความตระหนักในอภิปัญญา และมีระดับความตระหนักในอภิปัญญาในโครงสร้างของการอภิปราย

เชียริง (Schiering. 1999 : 190A) ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนเกรด 5 ชานเมืองนิวยอร์ก 50 คน กลุ่มทดลองให้เลือกวิธีการเรียนตามความพึงพอใจกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีปกติ พบว่าความคิดรวบยอดของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนกับอภิปัญญามีขนาดปานกลาง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคำศัพท์ ความคิด อภิปัญญา และคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหมดมีนัยสำคัญ และลักษณะร่วมทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ทีน (Tein. 1999 : 2915A) ศึกษาพบว่าอภิปัญญาช่วยให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีวิชาเคมี ความคิดรวบยอดวิชาเคมี ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ และความเชื่อเกี่ยวกับการปฏิบัติการด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

บอห์ลิน (Bohlin. 2000 : 209A) ศึกษาผลการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนเกรด 4 รัฐแมสซาชูเซตส์ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้คำถามแบบเปิด ให้แก้ปัญหาแล้วให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนปรับปรุงตนเองตามวิธีอภิปัญญา กลุ่มควบคุมไม่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ใช้เวลา 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถในการจำแนกสูงกว่าและสามารถตอบคำถามแบบเปิดได้ดีกว่า

แพลนส์ (Plants. 2000 : 70A) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระตุ้นกับอภิ
ปัญญาของนักศึกษาเกษตรกรรมมหาวิทยาลัยเมมฟิส 98 คน พบว่า ความรู้ที่มีอยู่ก่อนส่งผลต่อ
การปฏิบัติงานทางวิชาการ และอภิปัญญามีอิทธิพลต่อคะแนนของนักศึกษาฝึกงาน

โลแมงกินโน (Lomangino. 2000 : 357A) ศึกษาการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน
อนุบาลโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มแรกเรียนเนื้อหาแสงและ
เงา กลุ่มที่สองเรียนเนื้อหาการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงโดยใช้วัตถุที่ช่วย ให้กำหนดเป้าหมาย การ
วางแผน การติดตามตนเอง การจัดการแหล่งเรียนรู้ การช่วยเหลือทางสังคม และการ
ประเมินผลด้วยตนเอง พบว่ากิจกรรมดังกล่าวสนับสนุนความต้องการปรับปรุงตนเองด้านอภิ
ปัญญาและความตระหนักใน อภิปัญญา

เซเยดมอนิร (Seyedmonir. 2000 : 203A) ศึกษาการพัฒนาความเชื่อมั่นของ
รายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นความคิดรวบยอดฟิสิกส์และนิเวศวิทยา ของนักเรียน
มัธยมศึกษาที่ เวอร์จิเนีย พบว่าเนื้อหาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติประกอบด้วยความคิดรวบยอด
ทางนิเวศวิทยา วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์เพื่อปวงชน มี
การสะท้อนความคิดด้วยตนเองและตรวจสอบสมรรถภาพทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง พยากรณ์
ผลด้วยวิธีอภิปัญญา และความจริงที่เปลี่ยนแปลงได้ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และผลจาก
การเรียนการสอนด้วยตำราเนื้อหาการเคลื่อนที่ของนิวตันนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานมาก่อน
คะแนนจะเพิ่มขึ้น

มาเทอร์นา (Materna. 2000 : 102A) ศึกษาผลของการใช้แผนที่ทางความคิดรวบ
ยอดและการระดมสมองที่ใช้สอนนักศึกษาพยาบาลมหาวิทยาลัยคาเพลลา 57 คน โดยใช้
กระบวนการ อภิปัญญาได้แก่ การรับข้อมูล เลือกแนวความคิดหลัก บริหารเวลา กระตุ้นตนเอง
ใช้สมาธิ ทดสอบด้วยตนเอง ใช้เวลา 4 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถและเจตคติ
เพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนด้วยวิธีปกติ

ลองโก (Longo. 2001 : 386A) ศึกษาการพัฒนานักเรียนเกรด 9 อายุ 13 – 15 ปี
ซานเมืองนิวยอร์ก 56 คน โดยใช้ยุทธศาสตร์อภิปัญญาแบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นได้
ใช้ เนื้อหาวิชา Earth Science แบ่งเป็น 3 ห้องเรียน พบว่านักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบ
เครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นเป็นสี มีความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่าแบบแสดงให้เห็น
เป็นขาวดำและ นักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์การเขียน นักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิด
ที่แสดงให้เห็นเป็นสี มีความสามารถในการจำเนื้อหามากกว่าแบบแสดงให้เห็นเป็นขาวดำ และ
นักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์การเขียน นักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็น
เป็นสีมีความเข้าใจเนื้อหามากกว่าแบบแสดงให้เห็นเป็นขาวดำและนักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์ใน
การเขียน นักเรียนหญิงที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นเป็นขาวดำมี
ความสามารถในการแก้ปัญหา การจำเนื้อหา และความเข้าใจเนื้อหามากกว่าแบบแสดงให้เห็น
เป็นสีและนักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นเป็นขาวดำมี

ความสามารถในการแก้ปัญหา การจำเนื้อหา และความเข้าใจเนื้อหามากกว่าแบบแสดงให้เห็นเป็นสี

ฮูเบอร์ (Huber. 2001 : 220A) ศึกษาผลของแผนที่ทางความคิดรวบยอดในคอมพิวเตอร์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพและกายวิภาคศาสตร์ นักศึกษามหาวิทยาลัยเวอร์จิเนีย ในเวลา 7 สัปดาห์ พบว่ารูปแบบการเรียนรู้ของการใช้แผนที่ทางความคิดต้องอาศัยอิทธิพลของอภิปัญญา

เคนตัน (Kenton. 2002 : 2083A) ศึกษาผลจากการใช้ยุทธศาสตร์อภิปัญญาสอนวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี แก่นักศึกษามหาวิทยาลัยไอโอวา 11 คน โดยการฝึกการคิดในห้องเรียน พบว่านักศึกษาสามารถกำกับติดตามตนเอง และเปลี่ยนความคิดรวบยอดได้

เลแกร์ (Legare. 2002 : 1740A) ศึกษาการพัฒนาความคิดระดับสูงของนักศึกษาวิศวกรรมมหาวิทยาลัยคอนคอร์เดีย 65 คน ใช้เวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อภิปัญญา การปฏิบัติด้วยมือ การตัดสินใจ และใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าระดับที่ 1 ของการเปลี่ยนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ซับซ้อนเหมือนกับการจัดการที่แตกต่างของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และระดับที่ 2 ของนักศึกษาที่ซับซ้อนมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ราฮิไคเนน (Rahikainen. 2002 : 355C) ศึกษาการใช้ อภิปัญญา สอนนักศึกษาวิศวกรรมในประเทศฟินแลนด์ 12 คน โดยศึกษาจากวิทัศน์ วางแผน แล้วร่วมมือกันแก้ปัญหา พบว่านักศึกษาสามารถแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีได้และมีเจตคติด้านความอดทน

จากงานวิจัยสรุปได้ว่า การนำอภินิยามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ด้านความคิดรวบยอดของผู้เรียนสูงขึ้น พัฒนาผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งระดับพื้นฐานและระดับบูรณาการ พัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เปลี่ยนความเชื่อในการหยั่งรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถตรวจสอบสมรรถภาพทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง สามารถกำกับติดตามตนเองได้ พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากระดับความตระหนักในอภินิยาม มีผลต่อความสำเร็จของงาน การกระตุ้นด้วยการรายงานด้วยตนเอง โดยช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดสูงขึ้น การสะท้อนความคิดทำให้มีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และอภินิยามทั้งด้านตระหนักรู้ ด้านยุทธวิธีทางความคิด ด้านการวางแผน และด้านการตรวจสอบตนเอง ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเชื่อว่าการจัดการเรียนการสอน โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับประสบการณ์อภินิยามที่ให้ตระหนักรู้ขณะทำกิจกรรมจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการประเมินการรู้คิดสูงกว่าอีก 2 กลุ่ม

5. การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

5.1 แนวคิดใหม่ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แนวคิดด้านการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนี้

ลอรี (Lorrie. 2000 : 1-6) ได้ให้ความเห็นว่า เนื่องจากแนวคิดทางด้านทฤษฎีการเรียนรู้เปลี่ยนจากทฤษฎีพฤติกรรมนิยมซึ่งมองการเรียนการสอน กิจกรรมของนักเรียน และการประเมินผลแยกเป็นคนละส่วนมาสู่ทฤษฎีสรคินิยมซึ่งมองว่าทั้งกระบวนการเรียนการสอน กิจกรรม ของนักเรียน และการประเมินผล เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกันและต้องดำเนินไปพร้อม ๆ กัน โดยมีบางส่วนซ้อนทับกันอย่างแยกไม่ออก จึงทำให้แนวคิดทางการพัฒนาหลักสูตร การจัดการเรียนการสอนและการประเมินผลเปลี่ยนไป โดยการประเมินผลตามแนวคิดใหม่มีลักษณะ ดังนี้

- 5.1.1 ภารกิจที่ท้าทายก่อให้เกิดความคิดระดับสูง
- 5.1.2 ความมุ่งมั่นในกระบวนการเรียนรู้เหมือนกับผลลัพธ์จากการเรียนรู้
- 5.1.3 กระบวนการที่กำลังดำเนินอยู่บูรณาการกับการเรียนการสอน
- 5.1.4 ประโยชน์จากการประเมินย่อยสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน
- 5.1.5 ความคาดหวังเป็นไปได้สำหรับนักเรียน
- 5.1.6 นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการประเมินงานของตนเอง
- 5.1.7 ประโยชน์ของการประเมินการสอนเหมือนกับการเรียนรู้ของนักเรียน

5.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

สัว์วิก์ นิยมคำ (2531 : 299) ได้เสนอการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดทางพุทธิปัญญาของ Bloom เป็น 3 ด้าน ดังนี้

- 5.2.1 การวัดด้านพุทธิปัญญา
- 5.2.2 การวัดด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 5.2.3 การวัดด้านจิตพิสัย

เนื่องจากมีงานวิจัยยืนยันว่าผลสัมฤทธิ์ด้านพุทธิปัญญา ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในทางบวก (ไพโรจน์ ผลชู . 2529 : บทคัดย่อ) ประกอบกับผลสัมฤทธิ์ด้านพุทธิปัญญา ด้านทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์และด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นในลักษณะบูรณาการในรูปของผลการ เรียนรู้ (Learning Outcomes) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าเมื่อนักเรียนได้รับการสอน รูปแบบเดียวกัน จะมีผลสัมฤทธิ์ทางพุทธิพิสัย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทาง วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นอย่างไม่แตกต่างกัน (อุษา จินเจนกิจ. 2555 : 72 ; วิโรจน์ เกลยสุข. 2555 : 74 ; มณีรัตน์ เกตุไสว. 2555 : 76) ผู้วิจัยจึงศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทั้ง 3 ด้านในรูปของผลการเรียนรู้อย่างไปพร้อม ๆ กันในภาพรวม

5.3 การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)

แนวคิดของการประเมินตามสภาพจริงมีดังนี้

สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ (2544 : 93-99) กล่าวถึงการประเมินตามสภาพจริงไว้

ดังนี้

5.3.1 ปรัชญาพื้นฐานของการประเมินตามสภาพจริงมีดังนี้

5.3.1.1 ความรู้เรื่องหนึ่งมีความหมายได้หลากหลาย

5.3.1.2 การเรียนรู้เป็นเรื่องของกระบวนการที่เป็นธรรมชาติ มีบูรณาการ และเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต

5.2.1.3 มุ่งเน้นทั้งกระบวนการและผลผลิต

5.2.1.4 มุ่งเน้นการสืบสวนสอบสวนและพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

5.2.1.5 ประเมินมีจุดหมายเพื่อกระตุ้นและอำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้

ของ

ผู้เรียน

5.2.1.6 เน้นการเชื่อมโยงระหว่างพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย

5.2.1.7 เชื่อว่าการตัดสินใจสิ่งที่จะสอนกับสิ่งที่จะวัดเป็นเรื่องของคุณค่า

5.2.1.8 เน้นการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

5.2.1.9 เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดจากความร่วมมือ

5.3.2 ลักษณะทั่วไปของการประเมินตามสภาพจริงมีดังนี้

5.3.2.1 ออกแบบมาเพื่อสะท้อนให้เห็นพฤติกรรม และทักษะที่จำเป็นของนักเรียนในสถานการณ์ที่เป็นจริงของโลกปัจจุบัน หลักสูตร การเรียนการสอน และการประเมินผล ดำเนินไปพร้อมกัน

5.3.2.2 ใช้เทคนิคการประเมินหลากหลาย

5.3.2.3 วัดลักษณะสำคัญของผู้เรียนได้

5.3.2.4 เน้นการประเมินงานของผู้เรียนที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง

5.3.2.5 เน้นการวัดพฤติกรรมที่สะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้ตามสภาพจริง

5.3.3 ลักษณะเฉพาะของการประเมินตามสภาพจริงมีดังนี้

5.3.3.1 ประเมินการปฏิบัติในสภาพจริง

5.3.3.2 ใช้เกณฑ์ประเมินที่เป็นเกณฑ์ของการปฏิบัติที่เปิดเผย

5.3.3.3 การประเมินตนเอง (Self-Assessment) เป็นสิ่งสำคัญมาก

จุดประสงค์คือ

กับสาธารณชน

1) ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการพัฒนางานของตนโดยเทียบกับ

2) เพื่อนำผลไปปรับปรุง ขยายขยาย และเปลี่ยนทิศทางการดำเนินงาน

3) เพื่อริเริ่มในการวัดความก้าวหน้าของตนในแบบต่าง ๆ

4) การนำเสนอผลงานโดยให้สะท้อนความรู้สึกว่ารู้อะไร

5.3.3 การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

จากรายงานการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2545 : 8-19) สรุปเกี่ยวกับการประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนี้

5.3.3.1 การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลง 3 ประการคือ

1) สารและแนวการจัดกระบวนการเรียนรู้และการประเมินตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2) แนวคิดด้านการประเมินเปลี่ยนไป โดยเชื่อว่าผู้เรียนแต่ละคนมีลักษณะ

เฉพาะตน การใช้เครื่องมือหลากหลายให้ผลการประเมินสมบูรณ์กว่า สารสนเทศของผู้เรียนจะให้ภาพของผู้เรียนชัดเจน การประเมินต้องกลมกลืนกับหลักสูตรและการเรียนการสอน การประเมินเกี่ยวข้องกับบุคคลอื่นในสังคมของผู้เรียน หัวใจสำคัญของการประเมินคือการประเมินผลวิธีการเรียนรู้และวิธีคิด การประเมินกระบวนการเรียนรู้สำคัญเทียบเท่าเนื้อหาสาระ ผู้เรียนสามารถประเมินตนเองได้ หลักสูตรและเป้าหมายของโรงเรียนขับเคลื่อนโดยศักยภาพของผู้เรียน การประเมินยึดประโยชน์ของผู้เรียนเป็นหลัก หลักสูตรเป็นพลวัตตามชีวิตจริง การเรียนรู้เป็นการใช้ดุลพินิจของบุคคลที่จะรับรู้และเข้าใจตนเอง และการสอนที่ดีต้องเป็นไปเพื่อเตรียมผู้เรียนเพื่อชีวิตที่มีประสิทธิภาพตลอดช่วงชีวิต

3) หลักการประเมินที่ดีเปลี่ยนไป ได้แก่ ต้องเป็นความคิดที่ชัดเจน

สื่อ
สารเข้าใจ ต้องเป็นการประเมินระดับชั้นเรียน ผู้ใช้ผลจากการประเมินคือผู้เรียน จุดหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจนและเหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ การประเมินเป็นกระบวนการเรียนการสอนอย่างหนึ่ง ต้องเข้าใจความรู้สึกส่วนบุคคล และการประเมินต้องมีคุณภาพ

5.3.3.2 การประเมินที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีความหมายครอบคลุมลักษณะที่มุ่ง

รวบรวมสารสนเทศของพัฒนาการทางการเรียนมุ่งเน้นพัฒนาการที่เกิดขึ้นอย่างเด่นชัด ให้ความสำคัญกับจุดเด่นของผู้เรียน เน้นผลจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง อาศัยการปฏิบัติ สอดคล้องกลมกลืนกับการเรียนการสอน เน้นการเรียนรู้อย่างมีจุดหมาย ดำเนินควบคู่ไปกับทุกสภาพแวดล้อม สามารถให้ภาพการเรียนรู้และความสามารถของผู้เรียนได้อย่างกว้างขวาง และอาศัยความร่วมมือของผู้ปกครอง ครู และบุคคลอื่น ๆ ในสังคม

5.3.3.3 วิธีการประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการประเมินเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่ตรงตามความต้องการ และเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัด ประสบการณ์การเรียนรู้ ต้องดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ ดังนี้

1) การตัดสินใจก่อนเริ่มต้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ต้องมีการประเมิน

จาก

การทบทวนศึกษาหลักสูตร แผนการสอน และเกณฑ์การประเมินผล การสังเกตจดบันทึก พฤติกรรมของผู้เรียนจากภูมิหลังของครอบครัว จากครูที่เคยสอน และในห้องเรียนปัจจุบัน การสังเกตแรงจูงใจ ความสนใจ ความเชื่อ และประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่กำลังเรียนรู้ การสังเกตท่าที ความรู้สึกต่อ หัวข้อการเรียนรู้ และผลสอบก่อนเรียน การสำรวจทบทวนกิจกรรมที่เคยใช้ กระตุ้นความสนใจ การสำรวจ ทบทวนเป้าหมายการศึกษาและจุดประสงค์การเรียนรู้ การสังเกตความต้องการเรียนรู้ใน หัวข้อพิเศษและความต้องการทางสังคม และสารสนเทศอื่น ๆ ที่ผ่าน มา

2) การตัดสินใจในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ต้องมีการประเมิน

จาก

การสังเกตปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ การสังเกตความผิดพลาดของ ผู้เรียนทั้งการกระทำและความคิด การสังเกตประสบการณ์ในอดีต เกี่ยวกับคุณภาพการเรียนรู้ที่ ต้องการ และการสังเกตตรวจสอบผลงานของนักเรียนที่ทำเสร็จแล้ว

3) การตัดสินใจหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ต้องมีการประเมินจาก

การ

ใช้แบบทดสอบในชั้นเรียน ผลงานโครงงานระยะยาว การสัมภาษณ์ การสังเกตการมีส่วนร่วม ศึกษา ทบทวนสิ่งแวดล้อมทางครอบครัว ตรวจรายงานการทดลอง ตรวจการสรุปงาน และ สังเกตปฏิบัติการต่อการเรียนรู้

5.4 รูบรีค (Rubrics)

แนวคิดของการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบรีคมีดังนี้

บุญเรียง ขจรศิลป์ (2543 : 75-84) กล่าวว่า รูบรีค หมายถึงกฎหรือกติกา ที่เป็น เครื่องมือให้คะแนนที่โดยการระบุเกณฑ์แยกแยะระดับต่าง ๆ ของความสำเร็จในการเรียนหรือ การปฏิบัติของนักเรียนตั้งแต่ดีมากไปจนถึงต้องปรับปรุงแก้ไข

5.4.1 จุดประสงค์ของการสร้างรูบรีคมีดังนี้

5.4.1.1 เพื่อประเมินกระบวนการ เช่น การเรียนรู้เป็นทีม กลยุทธ์การ สัมภาษณ์

5.4.1.2 เพื่อประเมินผลผลิต เช่น แฟ้มสะสมงาน รายงาน นิทรรศการ

5.4.1.3 เพื่อประเมินผลการปฏิบัติ เช่น การนำเสนอ การสาธิต การ อภิปราย

5.4.2 ขั้นตอนการสร้างรูบรีคโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วม มีดังนี้

5.4.2.1 ขึ้นเห็นรูปแบบต่าง ๆ โดยให้นักเรียนดูรูปแบบที่หลากหลาย ทั้ง ดีและไม่ดีแล้วช่วยกันระบุคุณลักษณะ

5.4.2.2 ชั้นระบุนายการที่เป็นเกณฑ์ โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย
ชิ้นงาน แล้วสรุปเป็นเกณฑ์

5.4.2.3 ชั้นระดับของคุณภาพ โดยให้นักเรียนบรรยายลักษณะของ
ชิ้นงานที่มี คุณภาพต่ำสุด ปานกลาง และสูงสุด

5.4.2.4 ชั้นฝึกใช้เกณฑ์ โดยให้นักเรียนฝึกประเมินชิ้นงานจากข้อที่ 1

5.4.2.5 ชั้นประเมินตนเองและเพื่อน โดยให้นักเรียนหยุดการปฏิบัติแล้ว
ประเมินงานทั้งของตนเองและประเมินงานของเพื่อน

5.4.2.6 ชั้นแก้ไขปรับปรุง โดยให้นักเรียนแก้ไข ปรับปรุงชิ้นงานจาก
ข้อเสนอแนะของเพื่อน

5.4.2.7 ชั้นนำมาใช้ในการประเมินงานของนักเรียน

5.4.3 รูปแบบของรูบริค

บุญเรียง ขจรศิลป์ (2543 : 75-84) ได้จำแนกรูบริคเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

5.4.3.1 Holistic Rubric คือ เกณฑ์การประเมินในภาพรวม เหมาะกับการ
ประเมินทักษะการเขียน

5.4.3.2 Analytic Rubric คือ เกณฑ์การประเมินแบบแยกส่วน เหมาะกับการ
ประเมินการปฏิบัติ

รูบริคเป็นสิ่งสร้างยาก แต่นำไปใช้อย่าง ควรให้นักเรียนใช้รูบริคประเมินงาน
ของตน

เอง และประเมินงานของเพื่อน ผลที่ได้ไม่ควรนำมาตัดสินผลการเรียน แต่ใช้เพื่อให้นักเรียน
พัฒนางานของตนเองจนถึงขั้นสุดท้าย เป็นการช่วยสนับสนุนหรือประเมินการเรียนรู้ของตนเอง
เป็นสำคัญ หากให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการสร้างและพัฒนารูบริคด้วยก็ยิ่งดี

สรุปได้ว่าเมื่อแนวคิดทางด้านทฤษฎีการเรียนรู้เปลี่ยนจาก ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม
มาสู่ทฤษฎีสรคานิยมทำให้แนวคิดด้านการประเมินผลเปลี่ยนไป โดยมีลักษณะสำคัญคือท้าทาย
ความคิดระดับสูง บูรณาการกับการเรียนการสอน สนับสนุนการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการประเมิน
งานของตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะวัดด้านพุทธิปัญญา ด้านทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ ด้านจิตวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยการประเมินตามสภาพจริงและเน้นผู้เรียนเป็น
สำคัญ ที่ออกแบบสะท้อนให้เห็นพฤติกรรมและทักษะที่จำเป็นของนักเรียนในสถานการณ์ที่เป็น
จริงหลักสูตร การเรียนการสอน และการประเมินผล ดำเนินไปพร้อม ๆ กัน ใช้เทคนิคการ
ประเมินหลากหลาย เน้นการประเมินงานของผู้เรียนที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง และเน้นการวัด
พฤติกรรมที่สะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้ตามสภาพจริง ส่วนเกณฑ์การให้คะแนนอาศัยหลักการ
ของรูบริคเข้าช่วย วิธีการประเมินด้วยตนเองอาจทำได้โดย การตั้งคำถาม การสังเกต การ
จัดลำดับ การเลือก การอภิปราย การแสดงบทบาท การวัด การจินตนาการ การบันทึก
ประจำวัน และการทำโครงร่าง

5.5 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

มีผู้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหา และขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้ โพลยา (Polya. 1957 : 6-22) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา เป็นการพยายามทำความเข้าใจในสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในปัญหา สรุปลักษณะ แปลความ ทำความเข้าใจให้ได้ว่าโจทย์ถามหาอะไร ข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง ข้อมูลมีเพียงพอหรือไม่
2. การวางแผนแก้ปัญหา เป็นการแยกแยะปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อความสะดวกต่อการลำดับขั้นตอน และวางแผนว่าจะใช้วิธีการใดในการแก้ปัญหา
3. การลงมือทำตามแผน เป็นการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ ถ้าขาดทักษะใดจะต้องเพิ่มเติมเพื่อนำไปใช้ให้เกิดผลดี
4. การตรวจสอบวิธีการและคำตอบ เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าวิธีการและคำตอบถูกต้อง

เวียร์ (Weir. 1974 : 16-17) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้

1. การระบุปัญหา เป็นความสามารถในการระบุขอบเขตของปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. การวิเคราะห์ปัญหา เป็นความสามารถในการพิจารณาวิเคราะห์แยกแยะสาเหตุของปัญหาได้
3. การเสนอวิธีการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการคิดค้น และเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสาเหตุของปัญหา
4. การตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นความสามารถในการอธิบายผลที่เกิดขึ้นหลังจากการเสนอวิธีแก้ปัญหา

มังกร ทองสุต (2521 : 118-121) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นกรรมวิธีที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ที่ซ่อนเร้นอยู่ในธรรมชาติ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดตัวปัญหา ในการจะแก้ปัญหาใด ๆ จำเป็นต้องรู้จักตัวปัญหาก่อน ซึ่งอาจพบทั้งในห้องเรียนและชีวิตประจำวัน ครูผู้สอนควรฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาย่อย ๆ
2. วิธีการแก้ปัญหาที่คาดว่าจะใช้ได้ ประกอบด้วย
 - 2.1 การรวบรวมข้อมูลที่เชื่อถือได้
 - 2.2 การรู้จักใช้คำถามที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รับคำตอบที่ถูกต้อง
 - 2.3 การเลือกใช้และวิธีการควบคุมตัวแปรอย่างรัดกุม
 - 2.4 การรู้จักวิธีอธิบายและตอบข้อซักถามอย่างถูกต้อง
3. การกำหนดสมมติฐาน คือการที่สามารถเลือกตัดสินใจได้ว่าวิธีการแก้ปัญหาแบบใดที่จะช่วยแก้ปัญหานั้นได้

4. การตรวจสอบสมมติฐานและการเก็บข้อมูล ต้องมีการออกแบบการทดลอง
ขึ้นมา เพื่อตรวจสอบว่าสมมติฐานนั้นจะเป็นสิ่งที่แก้ปัญหาได้มากน้อยเพียงไร

5. การสำรวจข้อมูลและการลงความเห็น ประกอบด้วย

5.1 การนำปัญหามาพิจารณา ถกเถียง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่า

5.2 การนำข้อมูลไปจำแนกแจกแจง

5.3 การเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้น

5.4 การตีความหรือการแปลความหมายของผลลัพธ์ที่ได้รับ

5.5 การลงความเห็นที่ใช้เป็นข้อยุติ ซึ่งจะต้องเป็นความเห็นที่สอดคล้องกับข้อมูล
ที่นำมาใช้

ทบทวนมหาวิทยาลัย (2525 : 232-234) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้

1. การระบุปัญหา สิ่งสำคัญในขั้นนี้คือความสนใจที่มีต่อสิ่งที่พบเห็น ซึ่งเกิดจาก
ความ อยากรู้้อยากเห็นและทักษะในการสังเกต

2. การตั้งสมมติฐาน เป็นการคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้

3. การทดลอง เป็นการกำหนดวิธีการแก้ปัญหา โดยอาศัยทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4. การสรุปผลการทดลอง เป็นการแปลความ อธิบายความหมายข้อมูลที่ได้ กับ
สมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 16-19) กล่าวว่า การ
เรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายประการหนึ่งคือเน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาต่าง ๆ
โดยผ่านกระบวนการคิดอย่างมีระบบ ผลที่ได้จากการฝึกจะช่วยให้นักเรียนสามารถตัดสินใจ
แก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยวิธีการคิดอย่างสมเหตุสมผลโดยใช้กระบวนการ ความรู้ ทักษะต่าง ๆ และ
ความเข้าใจในปัญหานั้นมาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหามี
ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา ผู้แก้ปัญหาจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาที่พบให้
ถ่องแท้ ในประเด็นต่าง ๆ คือ ปัญหาถามว่าอย่างไร มีข้อมูลใดแล้วบ้าง มีเงื่อนไขหรือต้องการ
ข้อมูล เพิ่มเติมอีกหรือไม่ การวิเคราะห์ปัญหาอย่างดีจะช่วยให้ขั้นตอนต่อไปดำเนินไปอย่าง
ราบรื่น การประเมินว่านักเรียนเข้าใจปัญหามากน้อยเพียงใดทำได้โดยกำหนดให้นักเรียนเขียน
แสดงถึงประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2. การวางแผนแก้ปัญหา เป็นการคิดเพื่อวางแผนแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูล จาก
ปัญหาที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้วในขั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น และ
นำมาใช้ประกอบการวางแผนแก้ปัญหาถ้ามีการตรวจสอบโดยการทดลองก็จะเป็นการวางแผนการทดลอง ประกอบด้วยการตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีทดลองหรือตรวจสอบ และอาจ
รวมทั้งแนวทางในการประเมินผลการแก้ปัญหา

3. การดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล เป็นการลงมือแก้ปัญหา และประเมินว่าวิธีการแก้ปัญหาและผลที่ได้ถูกต้องหรือได้ผลเป็นอย่างไร ถ้าการแก้ปัญหาถูกต้องก็ประเมินต่อไปว่าจะยอมรับเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาอื่น ๆ หรือไม่ ถ้าการแก้ปัญหาไม่ประสบผลสำเร็จก็ต้องย้อนกลับไปวางแผนแก้ปัญหาอีกหรือย้อนกลับไปทำความเข้าใจปัญหาใหม่

4. การตรวจสอบการแก้ปัญหา เป็นการประเมินภาพรวมของการแก้ปัญหาทั้งด้านวิธีการ แก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา และการตัดสินใจ รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้ ทั้งนี้ การแก้ปัญหาใด ๆ ต้องตรวจสอบถึงผลกระทบต่องสังคมและสิ่งแวดล้อมด้วย

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้ วัดจากความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ และวัดจากความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เพราะโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ วัดได้จากขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึงความสามารถในการวิเคราะห์ว่าปัญหาคืออะไร

2. การวางแผนแก้ปัญหา หมายถึงความสามารถในการคิดหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลจากขั้นตอนการทำความเข้าใจปัญหาประกอบกับข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับปัญหานั้น ถ้ามีการทดลองต้องตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีการทดลอง และแนวทางประเมินผล

3. การดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล หมายถึงความสามารถในการลงมือแก้ปัญหาและสามารถประเมินได้ว่า ผลที่ได้ถูกต้องหรือบรรลุผลหรือไม่ หากไม่บรรลุผลต้องย้อนกลับไปทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนแก้ปัญหาใหม่ ถ้าแก้ปัญหาสำเร็จก็สามารถบอกได้ว่าวิธีการนั้นเหมาะกับการแก้ปัญหาอื่น ๆ หรือไม่

ความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ วัดได้จากความสามารถในการใช้

ความรู้ด้านพุทธิพิสัย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์พื้นฐานสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร เพื่อแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับการดำเนินชีวิต ตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดหัวข้อเรื่อง หมายถึงความสามารถในการกำหนดหัวข้อโครงงานที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี เป็นประโยชน์ต่อทุกคนในกลุ่มและเป็นประโยชน์ต่อผู้อื่นในท้องถิ่น

2. การค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน หมายถึงความสามารถในการค้นคว้าข้อมูลพื้นฐานจากหลายแหล่งข้อมูล และมากพอที่จะใช้ดำเนินการทำโครงงาน

3. การทำโครงร่าง หมายถึงความสามารถในการเรียบเรียงความสำคัญ หลักการและเหตุผล ปัญหา สาเหตุ แนวทางแก้ไข วัตถุประสงค์ สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ

4. การรวบรวมข้อมูล หมายถึงความสามารถในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ดำเนินการตามขั้นตอนจนได้ข้อมูลมากพอ สามารถอธิบายที่มาของข้อมูลได้อย่างชัดเจน และออกแบบตารางบันทึกผลให้เข้าใจง่าย

5. การวิเคราะห์ข้อมูล หมายถึงความสามารถในการอธิบายความหมายของข้อมูล โดยอาจดัดแปลงเป็นกราฟหรือแผนภูมิที่เข้าใจง่าย

6. การทำรายงาน หมายถึงความสามารถในการการจัดรูปแบบได้อย่างพอเหมาะ เรียบร้อยบกพร่องกระชับ ครอบคลุม อ่านเข้าใจง่าย บทสรุปตอบคำถามของโครงการได้อย่างชัดเจน และเอกสารอ้างอิงครบถ้วน

7. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน หมายถึงความสามารถในการนำเสนอ มีลำดับขั้นตอนเหมาะสม ใช้อุปกรณ์หรือโสตทัศนูปกรณ์ประกอบการนำเสนออย่างเหมาะสม และใช้เวลาแนะนำเสนอตามที่กำหนดให้

8. การนำเสนอในงานนิทรรศการทางวิชาการ หมายถึงความสามารถในการใช้โสตทัศนูปกรณ์หลากหลาย น่าสนใจ ชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับเนื้อหาของโครงการและสถานที่

สรุปได้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการใช้ความรู้ด้านพุทธิพิสัย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ดำเนินการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้จนบรรลุวัตถุประสงค์ และการใช้ความรู้ด้านพุทธิพิสัย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

6. การประเมินความสามารถในการรู้คิด

แนวคิดของการประเมินความสามารถในการรู้คิดมีดังนี้

การ์เนอร์ (Garner. 1988 : 63-74) กล่าวถึงการประเมินกระบวนการคิด อภิปัญญา และ กิจกรรมอื่น ๆ เกี่ยวกับการคิดว่า ในการตรวจสอบกลวิธีในการคิดต้องใช้วิธีกระตุ้นจากภายนอก ได้แก่ การสัมภาษณ์ (interview) และการคิดออกเสียง (think aloud) ซึ่งจัดเป็นวิธีการรายงานโดยใช้ถ้อยคำ (verbal report method) การสัมภาษณ์เป็นการใช้คำพูดในการทบทวนความคิด (retrospective verbalization) ในการรายงานกระบวนการในการคิดและอภิปัญญา หลังจากที่ได้ทำงานไปแล้ว ส่วนการคิดออกเสียงเป็นวิธีการที่สัมพันธ์กับการสัมภาษณ์ โดยการให้นักเรียน รายงานความคิดและการกระทำของเขาในขณะที่เขากำลังอยู่ในกระบวนการคิด ซึ่งทำได้ 2 แบบ คือ

1. Concurrent Protocol เป็นการให้นักเรียนรายงานความคิดในขณะที่กำลังทำงาน หรือ

กำลังแก้ปัญหา มีการบันทึกการรายงานไว้ แล้วถอดออกมาใส่รหัสข้อความคำพูดที่ได้ แล้วนำไปวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งจะได้ทราบความคิดที่แท้จริงของนักเรียน แต่อาจรบกวนสมาธิในการทำงานหรือ แก้ปัญหาของนักเรียนได้

2. Retrospective Protocol เป็นการให้นักเรียนรายงานความคิดออกมาหลังจากที่ทำงานหรือแก้ปัญหาเสร็จแล้ว ซึ่งเป็นการลดการรบกวนสมาธิในการทำงานหรือแก้ปัญหา แต่ความคิดบางอย่างนักเรียนอาจลืมไปแล้วหรืออาจมีความคิดบางอย่างเพิ่มเติมเข้ามาหรืออาจตอบไม่ตรงกับความคิดจริงหรืออาจไม่สามารถหาถ้อยคำที่ตรงกับความคิดมาอธิบายก็ได้

การรายงานด้วยถ้อยคำจะดูคล้ายว่าเป็นการย้อนกลับไปใช้วิธีพินิจภายใน (Introspection) แต่ไม่ใช่เช่นนั้น เพราะการพินิจภายในสิ่งที่พูดออกมาสามารถนำไปใช้ได้เลย แต่สิ่งที่ได้จากการรายงานด้วยถ้อยคำถือว่าเป็นข้อมูลดิบที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์แล้วจึงแปลผล

เลสเตอร์ (Lester. 1980 : 301-303) เสนอเทคนิคที่ใช้ศึกษากระบวนการในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน 4 วิธี คือ

1. Think Aloud (การคิดออกเสียง) เป็นวิธีที่ให้นักเรียนพูดในสิ่งที่คิดแก้ปัญหา และถาม

ตัวเองในขณะที่แก้ปัญหา อาจมีการบันทึกภาพวิดีโอไว้แล้วนำมาใส่รหัสและนำไปวิเคราะห์ภายหลัง แต่ยูริวัณห์ คล้ายมงคล (2534 : 92) ให้ความเห็นว่าไม่เหมาะกับนักเรียนไทยเพราะถูกฝึกให้คิดแบบเงียบ

2. Introspection (การพินิจภายใน) เป็นการให้นักเรียนย้อนวิเคราะห์ความคิดของตนเองในสิ่งที่ผ่านมา

3. Retrospection (การย้อนทบทวน) เป็นการให้นักเรียนวิเคราะห์ความคิดของตนเอง

จากทำงานหรือแก้ปัญหาได้แล้ว มีการจับเวลาและอภิปรายกันระหว่างผู้แก้ปัญหากับผู้สังเกตการณ์ด้วย

4. Written problem-solving inventories เป็นการนำทั้ง 3 วิธีข้างต้นมาทำเป็นแบบฟอร์ม

ให้ผู้แก้ปัญหาคำตอบ

ทองหล่อ วงษ์อินทร์ (2536 : 99) ศึกษาพบว่า การให้นักเรียนรายงานการคิดออกเสียง

ต้องให้นักเรียนรายงานทันทีหลังจากทำงานหรือแก้ปัญหาเสร็จแต่ละข้อ (retrospective protocol) เพราะนอกจากจะเป็นการลดสิ่งรบกวนสมาธิในขณะที่คิดแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนยังสามารถพูดและเขียนรายงานความคิดออกมาได้ดีกว่าและต่อเนื่อง ถ้าให้รายงานขณะกำลัง

ทำงานหรือแก้ปัญหา นักเรียนจะเครียดและไม่ค่อยพูด ทั้งนี้เพราะความไม่เคยชินกับการพูดขณะคิดแก้ปัญหา แต่เมื่อให้ รายงานหลังการทำงานหรือแก้ปัญหา อาจมีความคลาดเคลื่อน แต่สามารถป้องกันได้ดังนี้

1. บอกจุดมุ่งหมายของการรายงานความคิด และเน้นให้นักเรียนพยายามรายงานทุกอย่างที่คิดในขณะทำงานหรือแก้ปัญหาออกมาให้มากที่สุด

2. สังเกตพฤติกรรมอื่น ๆ ของนักเรียนขณะทำงานหรือแก้ปัญหา เช่น การขมวดคิ้ว การ

ส่ายศีรษะ และการขีดเส้นเข้าไปมาในกระดาษทด

3. ให้นักเรียนรายงานการคิดในทันทีที่ทำงานหรือแก้ปัญหาเสร็จแต่ละข้อ

4. ตรวจสอบความสอดคล้องของความคิดของนักเรียนกับกระดาษคำตอบ

5. สังเกตเพิ่มเติมหากมีความไม่กระจ่างในพฤติกรรมนักเรียน

สรุปได้ว่าการประเมินกระบวนการคิดและการประเมินความสามารถในการประเมินการ รู้คิดและกิจกรรมอื่น ๆ เกี่ยวกับการคิดต้องใช้วิธีกระตุ้นจากภายนอกได้แก่ การสัมภาษณ์ และการคิดออกเสียง ซึ่งเป็นวิธีการรายงานโดยใช้ถ้อยคำ การสัมภาษณ์เป็นการใช้คำพูดในการ ทบทวนความคิดและรายงานกระบวนการในการคิดหลังจากที่ได้ทำงานหรือแก้ปัญหาไปแล้ว การคิดออกเสียงเป็นการให้นักเรียนรายงานความคิดและการกระทำของเขา ในขณะที่เขากำลัง อยู่ในกระบวนการคิด ซึ่งทำได้โดยให้นักเรียนรายงานความคิดในขณะที่กำลังทำงานหรือกำลัง แก้ปัญหา หรือให้นักเรียนรายงานความคิดออกมาหลังจากที่ทำงานหรือแก้ปัญหาเสร็จแล้ว สิ่งที่ได้จากการรายงานด้วยถ้อยคำถือว่าเป็นข้อมูลดิบที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์แล้ว จึงแปลผล แต่เนื่องจากวิธีทั้งหมดดังกล่าวไม่เหมาะกับนักเรียนไทยที่ถูกฝึกให้คิดแบบเงียบ ๆ การวัดการย้อนคิดซึ่งเป็นความสามารถในการคิดประเมินตนเองของนักเรียนในงานวิจัยนี้จึง ดัดแปลงเป็นวิธีให้นักเรียนเขียนรายงานการคิดแทนการพูด ส่วนความคลาดเคลื่อนที่อาจ เกิดขึ้นป้องกันโดยให้บอกจุดมุ่งหมายของการรายงานความคิด เน้นให้นักเรียนพยายามรายงาน ทุกอย่างที่เกิดขึ้นหรือในขณะแก้ปัญหาออกมาให้มากที่สุด สังเกตพฤติกรรมอื่น ๆ ของนักเรียน ขณะแก้ปัญหาประกอบ ให้นักเรียนรายงานการคิดในทันทีที่แก้ปัญหาเสร็จแต่ละข้อ ตรวจสอบ ความสอดคล้องของความคิดของนักเรียนกับกระดาษคำตอบ และอาจสัมภาษณ์เพิ่มเติมหากมี ความไม่กระจ่างในพฤติกรรมนักเรียน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. กำหนดแบบแผนการทดลอง
3. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. จัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-ภาษาอังกฤษ โรงเรียนมัธยมศึกษาประจำอำเภอ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดอุดรดิตถ์ 9 โรงเรียน จำนวน นักเรียนรวม 704 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage Sampling) มีรายละเอียดดังนี้

1. สุ่มโรงเรียนประจำอำเภอสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดอุดรดิตถ์มา 3 โรงเรียน ดังนี้

โรงเรียน	จำนวนห้องเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4	จำนวนนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4
ลับแลศรีวิทยา อำเภอลับแล	2	78
ตรอนตรีสินธุ์ อำเภอตรอน	2	75
ทองแสนขันวิทยา อำเภอทองแสนขัน	2	74
รวม	6	227

2. นำผลการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละโรงเรียนมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยโดยนำมาหารด้วย 2 แล้วจำแนกนักเรียนตามความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เฉลี่ยจาก 2 ภาคเรียน	ระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์
---	-----------------------------------

3.50 – 4.00	สูง
2.00 – 3.00	กลาง
1.00 – 1.50	ต่ำ

3. จับสลากนักเรียนในแต่ละโรงเรียน ที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง มา 10 คน ระดับปานกลาง 20 คน และระดับต่ำ 10 คน ได้กลุ่มตัวอย่างโรงเรียนละ 40 คน

4. จัดนักเรียนกลุ่มตัวอย่างแต่ละโรงเรียนเป็นกลุ่มย่อยละ 4 คน โดยให้อัตราส่วน นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง ต่อนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทาง วิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง ต่อนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ เป็น 1 : 2 : 1

5. สุ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยเป็นแบบ Completely Randomized Designs (Kirk : 1995 : 164) มีรายละเอียดดังนี้

		A		
B		a_1	a_2	a_3
	b_1	a_1b_1	a_2b_1	a_3b_1
	B_2	a_1b_2	a_2b_2	a_3b_2
	B_3	a_1b_3	a_2b_3	a_3b_3

A คือ การจัดการเรียนรู้ 3 รูปแบบ

a_1 คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้

a_2 คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย

a_3 คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและ

ความตระหนักรู้ปัญหา

B คือ ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ

b_1 คือ นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง

b_2 คือ นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง

b_3 คือ นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้

เป็นเครื่องมือสำหรับการใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย และแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการ สะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ขั้นตอนเตรียมการ

ผู้วิจัยได้เตรียมการเพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการตาม ขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 4 กลุ่มสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร เพื่อกำหนดคำอธิบายรายวิชา ผลการ เรียนรู้ที่

คาดหวังรายภาค และสาระการเรียนรู้รายภาค

1.1.2 กำหนดหน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
1. อาหารการกินใน ท้องถิ่น (สารชีวโมเลกุล)	1	ไขมันและน้ำมัน	4
	2	โปรตีน	3
	3	คาร์โบไฮเดรต	4
	4	กรดนิวคลีอิก	2
2. เชื้อเพลิงและการ คมนาคมขนส่งใน ท้องถิ่น (ปิโตรเลียม)	5	ปิโตรเลียม	6
3. ที่อยู่อาศัย เครื่องมือ อุปกรณ์ ของใช้ และการ ใช้เครื่องนุ่งห่มใน ท้องถิ่น (พอลิเมอร์)	6	พอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิ เมอร์สังเคราะห์	7
	7	ยางสังเคราะห์และเส้นใย สังเคราะห์	3
4. ปฏิกริยาเคมีกับ คุณภาพชีวิต (ปฏิกริยาเคมี)	8	ปฏิกริยาเคมี	5
	9	อัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี	6

หน่วยการเรียนรู้ที่	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ชื่อเรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
5. ทศพิธราชธรรมชาติ ในท้องถิ่น(ธาตุและ สารประกอบ)	10	โครงสร้างของอะตอม	6
	11	ตารางธาตุ เวเลนซ์อิเล็กตรอน ธาตุและสารประกอบ พันธะเคมี	5
	12	ธาตุหมู่ 1A และ 2A ธาตุหมู่ 7A ธาตุหมู่ 8A โลหะทรานซิชัน	6
		ธาตุกึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสี	
รวม			57

1.2 ขั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง เวลา จุดประสงค์การเรียนรู้ แนวความคิดหลัก เนื้อหาสาระ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 ชื่อเรื่อง เป็นชื่อเรื่องที่กำหนดไว้ในหน่วยการเรียนรู้ทั้ง 5 หน่วย

1.2.2 เวลา เป็นการกำหนดช่วงเวลาใน 1 แผนการจัดการเรียนรู้

1.2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นข้อความที่ระบุวัตถุประสงค์การสอนที่มุ่งหวังให้นักเรียนเกิดผลการเรียนรู้ที่พึงประสงค์

1.2.4 แนวความคิดหลัก เป็นข้อความแสดงความคิดรวบยอดของเนื้อหา

1.2.5 เนื้อหาสาระ เป็นรายละเอียดของความรู้ที่ขยายจากความคิดรวบยอด

1.2.6 กระบวนการจัดการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้

1.2.7 การวัดและประเมินผล เป็นการระบุเครื่องมือวัดผล สิ่งวัด วิธีการวัด และประเมินผล

1.2.8 วัสดุอุปกรณ์ วัสดุเป็นสื่อที่ใช้แล้วสิ้นเปลืองได้แก่ สารเคมี ส่วนอุปกรณ์เป็นสื่อที่มีลักษณะถาวร ได้แก่ อุปกรณ์ปฏิบัติการทดลอง

1.2.9 สื่อและแหล่งการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ใช้ประกอบการเรียนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ใบงาน หนังสือ อินเทอร์เน็ต

1.2.10 บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นที่สำหรับบันทึกข้อสังเกตต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะมีการจัดการเรียนรู้

1.3 ขั้นตอนคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนดังนี้

1.3.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ 5 คน พิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ตามแบบวัด IOC (Index of Consistency) โดยให้ตรวจอย่างอิสระเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

1.3.1.1 อาจารย์ที่มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับอุดมศึกษาไม่ต่ำกว่า 10 ปี 2 คน

1.3.1.2 อาจารย์ที่มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

1.3.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี จำนวน 4 คน ระยะเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อหาความเหมาะสมด้านระยะเวลา การสื่อความหมาย และผลกระทบอื่น ๆ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.3.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 12 แผน ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนน้ำริดวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ แผนละ 4 คน ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 57 ชั่วโมง เพื่อหาความเหมาะสมด้านระยะเวลา การสื่อความหมาย และผลกระทบอื่นๆ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.3.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 12 แผน ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี 40 คน ระยะเวลา 1 ภาคเรียน ใช้เวลา 19 สัปดาห์ รวม 57 ชั่วโมง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2. แบบวัดผลการเรียนรู้

แบบวัดผลการเรียนรู้ที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่

2.1 แบบวัดความรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยแบบทดสอบปรนัย และแบบทดสอบอัตนัย ดังนี้

2.1.1 แบบทดสอบปรนัย ใช้วัดผลการเรียนรู้พุทธิพิสัย ด้านความรู้ความจำ และด้านความเข้าใจ จำนวน 40 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1.1.1 ขั้นเตรียมการ

ผู้วิจัยเตรียมการ โดยวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้

2.1.1.2 ขั้นสร้างแบบทดสอบปรนัย

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) สร้างข้อสอบแบบปรนัย แบบเลือกตอบ มีคำตอบ 4 ตัวเลือก
เกณฑ์ให้คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยสร้างไว้ 80 ข้อ

2) นำไปตรวจสอบความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน โดยให้ตรวจอย่างอิสระเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง .98 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

2.1) อาจารย์ที่มีประสบการณ์ด้านการวัดผลระดับอุดมศึกษา
ไม่ต่ำกว่า 10 ปี 2 คน

2.2) อาจารย์ที่มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้อาจารย์
วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

2.1.1.3 ขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบปรนัย

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบปรนัยตามขั้นตอน
ดังนี้

1) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่
ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน

2) นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลมาวิเคราะห์ดังนี้

2.1) หาความยากง่ายและอำนาจจำแนก โดยการวิเคราะห์เป็น
รายข้อ โดยใช้เทคนิคร้อยละ 27 ของจุด เทห์ฟาน แล้วเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .23 –
.85 และมีความยากง่ายระหว่าง .22 – .79 ไว้

2.2) นำคะแนนของแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ 40 ข้อ มาหา
ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยวิธีของคูเดอร์และริชาร์ดสัน (K.R.20) ได้ค่าความเชื่อมั่น .85

2.1.2 แบบทดสอบอัตนัย ใช้วัดผลการเรียนรู้ด้านการนำไปใช้ การวิเคราะห์
การสังเคราะห์ และการประเมินค่า มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ โดยดำเนินการตาม
ขั้นตอน
ดังนี้

2.1.2.1 ขั้นตอนเตรียมการ

ผู้วิจัยเตรียมการโดยวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้จากแผนการ
จัดการเรียนรู้

2.1.2.2 ขั้นตอนสร้างแบบทดสอบอัตนัย

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 1) วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้
- 2) สร้างแบบทดสอบอัตนัย 20 ข้อ ลักษณะเป็นคำถามให้เขียนตอบ
- 3) สร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูปรีด กำหนดให้คุณภาพดีเยี่ยม

เท่ากับ 4 คะแนน ดี 3 คะแนน พอใช้ 2 คะแนน และควรปรับปรุง 1 คะแนน

4) นำแบบทดสอบอัตนัยและแบบวัดไปตรวจสอบความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน แล้ว คัดเลือกข้อที่มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยใช้ดัชนี IOC เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ค่าดัชนี ความสอดคล้อง .93 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

4.1) อาจารย์ผู้มีประสบการณ์ด้านการวัดผลระดับอุดมศึกษา ไม่ต่ำกว่า 10 ปี 2 คน

4.2) อาจารย์ผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

2.1.2.3 ขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบอัตนัย

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบปรนัยตามขั้นตอน ดังนี้

1) นำข้อสอบและแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 120 คน

2) นำข้อสอบและแบบวัดมาตรวจให้คะแนนโดยผู้วิจัยและ ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ที่เป็นอาจารย์ผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ

3) นำมาหาความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยใช้เทคนิคร้อยละ 25 ของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers) ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ค ได้ค่าความยาก ง่าย .43 – .69 ค่าอำนาจจำแนก .33 – .70

4) นำมาหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน (Inter-scorer reliability หรือ Interater correlation) ได้ค่าความเชื่อมั่น .99

2.2 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 แบบวัดจิตวิทยาการศึกษาศาสตร์

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดจิตวิทยาการศึกษาศาสตร์ มี ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพเหมือนกัน โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนเตรียมการ

ผู้วิจัยเตรียมการโดยวิเคราะห์นิยามศัพท์เฉพาะ ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาการศึกษาศาสตร์

2. ขั้นตอนสร้างแบบวัด

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1 สร้างแบบวัดดังนี้

2.1.1 สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 6 ทักษะ ได้แก่ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2.1.2 สร้างแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ 5 คุณลักษณะ ได้แก่ความสนใจ ใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

2.2 สร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูปรีค กำหนดให้คุณภาพดีเยี่ยมเท่ากับ 4 คะแนน ดี 3 คะแนน พอใช้ 2 คะแนน และควรปรับปรุง 1 คะแนน

2.3 นำแบบวัดไปตรวจสอบความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญการจัดการเรียนรู่วิทยาศาสตร์และ ผู้เชี่ยวชาญแบบวัดละ 5 คน ตามแบบวัด IOC โดยให้ตรวจแบบอิสระเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 และ .86 ตามลำดับ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

2.3.1 อาจารย์ผู้มีประสบการณ์ด้านการวัดผลระดับอุดมศึกษาไม่ต่ำกว่า 10 ปี 2 คน

2.3.2 อาจารย์ผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้อัตระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

3. ขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพแบบวัด

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบวัด ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 นำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน

3.2 นำข้อสอบและแบบวัดมาตรวจให้คะแนนโดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยอาจารย์ผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู่วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

3.3 นำมาหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น .98 และแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น .98

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย

3.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามสถานการณ์

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามสถานการณ์ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ

ผู้วิจัยเตรียมการโดยวิเคราะห์นิยามศัพท์เฉพาะ ความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ตามสถานการณ์

2. ขั้นสร้างแบบวัด

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1 สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตาม

สถานการณ์ จำนวน 7 พฤติกรรม

2.2 สร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูปรีค กำหนดให้คุณภาพดีเยี่ยมเท่ากับ 4 คะแนน ดี 3 คะแนน พอใช้ 2 คะแนน และควรปรับปรุง 1 คะแนน

2.3 นำแบบวัดไปตรวจสอบความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญการจัดการเรียนรู่วิทยาศาสตร์และการวัดผล 5 คน ตามแบบวัด IOC โดยให้ตรวจแบบอิสระเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ค่าดัชนีความ สอดคล้อง .95 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

2.3.1 อาจารย์ผู้มีประสบการณ์ด้านการวัดผล

ระดับอุดมศึกษาไม่ต่ำกว่า 10 ปี 2 คน

2.3.2 อาจารย์ผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู่วิทยาศาสตร์ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

3. ขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพแบบวัด

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดตามขั้นตอนดังนี้

3.1 นำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน

3.2 นำข้อสอบและแบบวัดมาตรวจให้คะแนน โดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ ซึ่ง

ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย อาจารย์ผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู่วิทยาศาสตร์ ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

3.3 หาความยากง่ายและอำนาจจำแนก โดยใช้เทคนิคร้อยละ 25 ของ วิทนียและซาร์เบอร์ ได้ค่าความยากง่าย .38 - .59 ได้ค่าอำนาจจำแนก .30 - .38

3.4 นำมาหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน ได้ค่าความเชื่อมั่น .98

3.2 แบบวัดความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างและ หาคุณภาพโดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ

ผู้วิจัยเตรียมการวิเคราะห์นิยามศัพท์เฉพาะความสามารถในการทำโครงงาน วิทยาศาสตร์

2. ขั้นสร้างแบบวัด

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1 สร้างแบบวัดความสามารถในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ 8

พฤติกรรม

2.2 สร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูปรีด กำหนดให้คุณภาพดีเยี่ยมเท่ากับ 4 คะแนน ดี 3 คะแนน พอใช้ 2 คะแนน และควรปรับปรุง 1 คะแนน

2.3 นำแบบวัดไปตรวจสอบความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการวัดผล 5 คน ตามแบบวัด IOC โดยให้ตรวจแบบอิสระเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

2.3.1 อาจารย์ผู้มีประสบการณ์ด้านการวัดผลระดับอุดมศึกษาไม่ต่ำกว่า 10 ปี 2 คน

2.3.2 อาจารย์ผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

3. ขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพแบบวัด

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดตามขั้นตอนดังนี้

3.1 นำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน

3.2 นำข้อสอบและแบบวัดมาตรวจให้คะแนน โดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ ซึ่ง

ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย อาจารย์ผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

3.3 นำมาหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน ได้ค่าความเชื่อมั่น .96

4. แบบวัดความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง

แบบวัดความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง มีขั้นตอนการสร้างและหา

คุณภาพ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.1 ขั้นเตรียมการ

ผู้วิจัยเตรียมการ โดยวิเคราะห์นิยามศัพท์เฉพาะ ความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง

4.2 ขั้นสร้างแบบวัด

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.2.1 สร้างแบบวัดความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเองจำนวน 6 สถานการณ์

4.2.2 สร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูปรีด โดยกำหนดให้คุณภาพดีเยี่ยมเท่ากับ 4 คะแนน ดี 3 คะแนน พอใช้ 2 คะแนน และควรปรับปรุง 1 คะแนน

4.2.3 นำแบบวัดไปตรวจสอบความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดผลและด้านจิตวิทยา 5 คน ตามแบบวัด IOC โดยให้ตรวจแบบอิสระเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

4.2.3.1 อาจารย์ผู้มีประสบการณ์ด้านการวัดผลระดับอุดมศึกษาไม่ต่ำกว่า 10 ปี 2 คน

4.2.3.2 อาจารย์ผู้มีประสบการณ์ทางด้านจิตวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 3 คน

4.3 ขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพแบบวัด

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดตามขั้นตอนดังนี้

4.3.1 นำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน

4.3.2 นำข้อสอบและแบบวัดมาตรวจให้คะแนน โดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยอาจารย์ผู้มีประสบการณ์ทางด้านจิตวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ต่ำกว่า 10 ปี และเป็นครูต้นแบบ 2 คน

4.3.3 หาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนก โดยใช้เทคนิคร้อยละ 25 ของวิทนีย์และซาเบอร์ ได้ค่าความยากง่าย .46 – .73 และค่าอำนาจจำแนก .28 – .60

4.3.4 นำมาหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน ได้ค่าความเชื่อมั่น .99

การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. จัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ให้กลุ่มควบคุม จัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปรายให้กลุ่มทดลองที่ 1 และจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหาให้กลุ่มทดลองที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของนักเรียน		
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2
สร้างความสนใจ	- ตั้งคำถามสิ่งที่สงสัย - กำหนดขอบเขตสิ่งที่ จะเรียนรู้	- พุดและบันทึกสิ่งที่ รู้อยู่แล้ว - ตั้งคำถามสิ่งที่ ต้องการรู้ - กำหนดเป้าหมายสิ่งที่ จะเรียนรู้	- พุดและบันทึกสิ่งที่ รู้อยู่แล้ว - ตั้งคำถามสิ่งที่ ต้องการรู้ - กำหนดเป้าหมายสิ่งที่ จะเรียนรู้ - พุดและบันทึกที่กลวิธี ประโยชน์และ

			ความสำคัญของกลวิธีที่ใช้
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของนักเรียน		
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2
สำรวจและค้นหา	- กำหนดแนวทางสำรวจตรวจสอบ - สำรวจตรวจสอบ - รวบรวมข้อมูล	- กำหนดแนวทางสำรวจตรวจสอบโดยอธิบายความคิดให้ผู้เข้ารับรู้ - สำรวจตรวจสอบ - รวบรวมข้อมูล	- กำหนดแนวทางสำรวจตรวจสอบโดยอธิบายความคิดให้ผู้เข้ารับรู้ - สำรวจตรวจสอบ - รวบรวมข้อมูล - พุดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของกลวิธีที่ใช้
อธิบายและลงข้อสรุป	- วิเคราะห์ข้อมูล - แปลผลข้อมูล - สรุปเป็นความรู้ - นำเสนอความรู้	- วิเคราะห์ข้อมูล โดยอธิบายความคิดให้ผู้เข้ารับรู้ - แปลผลข้อมูล โดยอธิบายความคิดให้ผู้เข้ารับรู้ - สรุปเป็นความรู้ - นำเสนอความรู้	- วิเคราะห์ข้อมูล โดยอธิบายความคิดให้ผู้เข้ารับรู้ - แปลผลข้อมูล โดยอธิบายความคิดให้ผู้เข้ารับรู้ - สรุปเป็นความรู้ - พุดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของกลวิธีที่ใช้
ขยายความรู้	- เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม - อธิบายปรากฏการณ์ - นำไปประยุกต์ใช้	- เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม โดยการสร้างแผนที่ความคิด - อธิบายปรากฏการณ์	- เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม โดยการสร้างแผนที่ความคิด - อธิบาย

		-นำไปประยุกต์ใช้ โดยการออกแบบ ผลิตภัณฑ์	ปรากฏการณ์ - นำไปประยุกต์ใช้ โดยการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ - พุดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และ ความสำคัญของกลวิธี
ขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้	บทบาทของนักเรียน		
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2
ประเมินผล	- ประเมินความรู้กับ คำถามในชั้นสร้าง ความสนใจ	- ประเมินความรู้กับ คำถามและเป้าหมาย ในชั้นสร้างความสนใจ - ประเมินจุดเด่น จุด ด้อย และสิ่งที่น่าสนใจ จากสิ่งที่ได้เรียนรู้	- ประเมินความรู้กับ คำถามและเป้าหมาย ในชั้นสร้างความสนใจ - ประเมินจุดเด่น จุด ด้อย และสิ่งที่น่าสนใจ จากสิ่งที่ได้เรียนรู้ - พุดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และ ความสำคัญของกลวิธี ที่ใช้

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองจัดการเรียนรู้ คือสาระการเรียนรู้พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร โดยจัดเนื้อหาเพื่อสนองต่อคุณภาพชีวิตที่ดีของคนในท้องถิ่น ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ ได้แก่ อาหารการกินในท้องถิ่น เชื้อเพลิงและการคมนาคมขนส่งในท้องถิ่น ที่อยู่อาศัย เครื่องมือ อุปกรณ์ของใช้และการใช้เครื่องนุ่งห่มในท้องถิ่น ปฏิบัติการเคมีกับคุณภาพชีวิต และทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น ระยะเวลาที่ใช้ทดลอง 1 ภาคเรียน 19 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวม 57 ชั่วโมง ทดลองจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 โดยผู้วิจัยเอง

2. ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ทำแบบทดสอบหลังจากเรียนจบแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 12 แผนแล้ว ดังนี้

2.1 แบบทดสอบปรนัย เพื่อวัดความรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ความจำ และความเข้าใจ

2.2 แบบทดสอบอัตนัย เพื่อวัดผลการเรียนรู้ด้านการนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2.3 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามสถานการณ์

2.4 แบบประเมินความสามารถในการรู้คิดของตนเอง

3. ผู้วิจัยบันทึกพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนหลังจากการจัดการเรียนรู้จบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และให้คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล หลังเรียนจบทั้ง 12 แผนการจัดการเรียนรู้แล้ว

4. ผู้วิจัยบันทึกพัฒนาการด้านจิตวิทยาาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนหลังจากการจัดการเรียนรู้จบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และให้คะแนนผลการเรียนรู้ด้านจิตวิทยาาสตร์ของ นักเรียนเป็นรายบุคคล หลังเรียนจบทั้ง 12 แผนการจัดการเรียนรู้แล้ว

5. ผู้วิจัยให้คะแนนความสามารถในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนของการทำโครงการ รวม 8 ครั้ง ระหว่างสัปดาห์ที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 15

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

1.1 คำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง

1.2 คำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง

1.3 หาความสัมพันธ์ของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเองของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมที่จะใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติ MANOVA

1.4 ตรวจสอบการแจกแจงปกติหลายตัวแปร โดยการหาสัมประสิทธิ์ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) เพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้สถิติ MANOVA

1.5 ตรวจสอบการเท่ากันของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปร โดยใช้สถิติบ็อกซ์ (Box Test) เพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้สถิติ MANOVA

2. สถิติสำหรับทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

2.1 หาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสอนกับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง โดยเปรียบเทียบผลจากนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงของทั้ง 3 กลุ่ม ใช้สถิติ MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 1

2.2 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของ

นักเรียนหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ใช้สถิติ MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 2 ข้อ 3 และ ข้อ 4

2.3 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของนักเรียนหลังเรียน ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สูงกับนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่ำของทั้ง 3 กลุ่ม ใช้สถิติ MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน ข้อ 5

2.4 คำนวณหาขนาดอิทธิพล (effect size) เพื่อดูค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มขนาดอิทธิพลหมายถึงความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ถูกวัดด้วยหน่วยเบี่ยงเบนมาตรฐาน หาได้โดยนำผลต่างของคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างคู่ที่เปรียบเทียบกันหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม (อรพินทร์ ชุชม. 2537 : 17-20 อ้างอิงจาก Cohen. 1988) และได้แบ่งขนาดอิทธิพลและให้ความหมายของขนาดอิทธิพลดังนี้

ค่าอิทธิพล	ขนาดอิทธิพล	ความหมายของอิทธิพล
.20	ขนาดเล็ก	ร้อยละ 58 ของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มหนึ่งได้คะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของอีกกลุ่มหนึ่ง
.50	ขนาดกลาง	ร้อยละ 69 ของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มหนึ่งได้คะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของอีกกลุ่มหนึ่ง
.80	ขนาดใหญ่	ร้อยละ 79 ของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มหนึ่งได้คะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของอีกกลุ่มหนึ่ง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา มีสัญลักษณ์และหมวดหมู่ในการนำเสนอดังนี้

$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย (Mean)
S.D.	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของคะแนน (Mean of Squares)
df	แทน	ชั้นของความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)
SS	แทน	ผลบวกกำลังสองของคะแนน (Sum of Squares)
F	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณา (F – Distribution)
Sig.	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significance)
**	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
Box 's M	แทน	ค่าเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม โดยใช้สถิติบ็อกซ์ (Box Test)
Y1	แทน	ผลการเรียนรู้
Y2	แทน	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
Y3	แทน	ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง
LC	แทน	วัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle)
LCMR	แทน	วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (Learning Cycle with Metacognitive Reflection)
LCMRA	แทน	วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (Learning Cycle with Metacognitive Reflection and Awareness)
Eta Sqare	แทน	ขนาดอิทธิพลที่ตัวแปรอิสระส่งผลต่อตัวแปรตาม
Effect Size	แทน	ขนาดอิทธิพลที่ตัวแปรอิสระแต่ละคู่ส่งผลต่อตัวแปรตาม
Skewness	แทน	ความเบ้ของคะแนน
Kurtosis	แทน	ความโด่งของคะแนน

ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร

ตาราง 3 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลการเรียนรู้ (Y1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง (Y3) จำแนกตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการ จัดการ เรียนรู้	Y1		Y2		Y3	
	ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 164)		ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 208)		ความสามารถในการประเมินการ รู้คิดของตนเอง(คะแนนเต็ม 192)	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
LC	113.50	14.43	158.23	12.57	155.95	11.95
LCMR	127.35	11.79	169.95	10.96	171.70	11.20
LCMRA	132.63	14.94	179.73	14.59	180.73	8.12

จากตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง จำแนกตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา (LCMRA) มีคะแนนเฉลี่ย 132.63 ซึ่งสูงที่สุด รองลงมาคือคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อน อภิปัญญา (LCMR) มีค่าเฉลี่ย 127.35 และคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย วัฏจักรการเรียนรู้ (LC) มีค่าเฉลี่ย 113.50 ตามลำดับ ในขณะที่ความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกัน

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา (LCMRA) มีคะแนนเฉลี่ย 179.73 ซึ่งสูงที่สุด รองลงมาคือคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (LCMR) มีค่าเฉลี่ย 169.95 และคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) มีค่าเฉลี่ย 158.23 ตามลำดับ ในขณะที่ความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกัน

3. ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา (LCMRA) มีคะแนนเฉลี่ย 180.73 ซึ่งสูงที่สุด รองลงมาคือคะแนนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (LCMR) มีค่าเฉลี่ย 171.70 และคะแนนของ

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) มีค่าเฉลี่ย 155.95 ตามลำดับ ในขณะที่ความเบี่ยงเบน มาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกัน

สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา (LCMRA) มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ตามลำดับ ในขณะที่การกระจายของคะแนนแต่ละตัวแปรตามมีค่าใกล้เคียงกัน

ตาราง 4 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง (Y3) จำแนกตามความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

	Y1		Y2		Y3	
ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 164)		ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (คะแนนเต็ม 208)		ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง (คะแนนเต็ม 192)	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
ต่ำ	107.47	11.59	156.17	12.89	156.03	13.57
ปานกลาง	124.53	10.75	168.12	12.24	170.10	11.79
สูง	141.43	8.40	184.80	8.90	181.60	8.72

จากตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง จำแนกตามความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ พบว่า

1. ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สูงมีคะแนนเฉลี่ย 141.43 ซึ่งสูงที่สุด รองลงมาคือคะแนนของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ปานกลางมีค่า 124.53 และคะแนนของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่ำมีค่า 107.47 ในขณะที่ความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกัน

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สูงมีคะแนนเฉลี่ย 184.80 ซึ่งสูงที่สุด รองลงมาคือคะแนนของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ปานกลางมีค่า 168.12 และคะแนนของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่ำมีค่า 156.17 ในขณะที่ความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกัน

3. ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สูงมีคะแนนเฉลี่ย 181.60 ซึ่งสูงที่สุด รองลงมาคือคะแนนของนักเรียนที่มีความรู้

พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ปานกลางมีค่า 170.10 และคะแนนของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่ำมีค่า 156.03 ในขณะที่ความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกัน

สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิด ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สูงมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ปานกลาง และนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่ำตามลำดับ ในขณะที่การกระจายของคะแนนแต่ละ

ตัวแปรตามมีค่าใกล้เคียงกัน

ตาราง 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson 's Product Moment Correlation)

ระหว่างกับผลการเรียนรู้ (Y1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง (Y3)

ตัวแปรตาม	Y1	Y2	Y3
Y1	-	.819**	.837**
Y2	.819**	-	.825**
Y3	.837**	.825**	-

จากตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง พบว่า ผลการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งหมายถึงนักเรียนมีผลการเรียนรู้ในระดับสูง จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงตามไปด้วย การที่ตัวแปรตามทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกค่อนข้างสูงแสดงว่าเหมาะสมที่จะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ MANOVA

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ MANOVA

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ MANOVA ได้ผลดังนี้

1. ความเบ้ของคะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง มีค่า -.256, .017 และ -.472 ตามลำดับ และความโด่งของคะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ

ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองมีค่า $-.516$, $-.493$ และ $-.545$ ตามลำดับ (ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก จ) จะเห็นว่าความเบ้และความโด่งมีค่าเป็นลบเพียงเล็กน้อยหรือมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าคะแนนมีการแจกแจงเป็นปกติ ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ MANOVA

2. ผลการวิเคราะห์การเท่ากันของแมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรด้วยวิธี Box Test ได้ค่า Box 's M เท่ากับ 220.570 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองระหว่างนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างกัน แต่ในการวิจัยครั้งนี้จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มมี 40 คน เท่ากัน เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของ Sphericity ของแมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม จะพบว่าค่า Epsilon ซึ่งเป็นดัชนีสะท้อนความเบี่ยงเบนออกจากเงื่อนไขของ Sphericity เป็น 1.0 หรือเข้าใกล้ 1.0 จึงถือว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องการเท่ากันของแมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปร (Tabachnick, 1996 : 382, 445), (ผจญจิต อินทสุวรรณ 2545 : 138, 157)

สรุปได้ว่าคะแนนของทั้ง 3 ตัวแปรตามมีการแจกแจงเป็นปกติ และแมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรตามเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ MANOVA

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (Multivariate Analysis of Variance :

MANOVA) ระหว่างความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ กับผลการเรียนรู้

(Y1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการ

รู้คิดของตนเอง (Y3)

Effects	Value (Wilks' Lambda)	F	Eta Square
รูปแบบการจัดการเรียนรู้	.161	54.274**	.599
ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	.129	64.863**	.641
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	.870	1.305	.046

จากตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์กับผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง พบว่า

1. ปฏิสัมพันธ์ร่วมของความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเอฟ (F) 1.305 และขนาดอิทธิพลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทั้ง 3 ตัวแปรตาม (Eta Square) มีค่า .046 ซึ่งค่อนข้างน้อยมาก แสดงว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

2. รูปแบบการจัดการเรียนการสอนมีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าเอฟ (F) 54.274 และขนาดอิทธิพลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อทั้ง 3 ตัวแปรตาม (Eta Square) มีค่า .599 ซึ่งค่อนข้างมาก แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อทั้ง 3 ตัวแปรตาม

3. ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่า เอฟ (F) 64.863 และขนาดอิทธิพลของความรู้พื้นฐานทาง วิทยาศาสตร์ที่มีต่อทั้ง 3 ตัวแปรตาม (Eta Square) มีค่า .641 ซึ่งค่อนข้างมาก แสดงว่า ความรู้ พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อทั้ง 3 ตัวแปรตาม

สรุปได้ว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

ตาราง 7 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนรู้ (Y1) ความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง (Y3)
จำแนกตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ตัวแปรตาม	การจัดการเรียนรู้	LC	LCMR	Effect Size	LCMRA	Effect Size
Y1	LC ($\bar{X}$ = 113.50)	-	-	.53	-	.73
			13.783**		18.900**	
	LCMR ($\bar{X}$ = 127.35)	-	-		-5.117**	.20
	LCMRA ($\bar{X}$ = 132.63)	-	-		-	
Y2	LC ($\bar{X}$ = 158.23)	-	-	.36	-	.66
			11.950**		21.883**	
	LCMR ($\bar{X}$ = 179.73)	-	-		-9.933**	.30
	LCMRA ($\bar{X}$ = 179.73)	-	-		-	
Y3	LC ($\bar{X}$ = 155.95)	-	-	.55	-	.88
			16.017**		24.467**	
	LCMR ($\bar{X}$ = 171.70)	-	-		-8.450**	.32
	LCMRA ($\bar{X}$ = 180.73)	-	-		-	

จากตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการ
ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง ตาม
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและ
ความตระหนักรู้ปัญหา (LCMRA) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง
วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนปัญหา (LCMR) ด้วยขนาดอิทธิพล
.20, .30 และ .32 แสดงว่า ร้อยละ 58, ร้อยละ 62 และร้อยละ 62 ของนักเรียนที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา
(LCMRA) ได้คะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ
ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนปัญหา (LCMR) ตามลำดับ

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ด้วยขนาดอิทธิพล .73, .66, และ .88 แสดงว่าร้อยละ 76, ร้อยละ 73 และร้อยละ 82 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) ได้คะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ตามลำดับ

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (LCMR) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ด้วยขนาดอิทธิพล .53, .36 และ .55 แสดงว่าร้อยละ 69 ร้อยละ 63 และร้อยละ 70 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (LCMR) ได้คะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ตามลำดับ

สรุปได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (LCMR) และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ตามลำดับ

ตาราง 8 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนรู้ (Y1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง (Y3) จำแนกตามระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

ตัวแปรตาม	ความรู้พื้นฐาน	ต่ำ	ปานกลาง	Effect Size	สูง	Effect Size
Y1	ต่ำ ($\bar{X} = 107.47$)	-	-17.067**	.65	-33.967**	.92
	ปานกลาง ($\bar{X} = 124.53$)	-	-		-16.900**	.26
	สูง ($\bar{X} = 141.43$)	-	-		-	
Y2	ต่ำ ($\bar{X} = 156.17$)	-	-11.950**	.37	-28.633**	.89
	ปานกลาง ($\bar{X} = 168.12$)	-	-		-16.683**	.51
	สูง ($\bar{X} = 184.80$)	-	-		-	
Y3	ต่ำ ($\bar{X} = 156.03$)	-	-14.067**	.49	-25.567**	.90
	ปานกลาง ($\bar{X} = 170.10$)	-	-		-11.500**	.40
	สูง ($\bar{X} = 181.60$)	-	-		-	

จากตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง จำแนกตามความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ พบว่า

1. นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางด้วยขนาดอิทธิพล .26, .51 และ .40 แสดงว่าร้อยละ 58 ร้อยละ 69 และร้อยละ 65 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง ได้คะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางตามลำดับ
2. นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ความสามารถใน

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำด้วยขนาดอิทธิพล .92, .89 และ .90 แสดงว่าร้อยละ 83, ร้อยละ 82 และร้อยละ 82 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้คะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำตามลำดับ

3. นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางมีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูง

กว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำด้วยขนาดอิทธิพล .65, .37 และ .49 แสดงว่าร้อยละ 73, ร้อยละ 64 และร้อยละ 69 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางได้คะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำตามลำดับ

สรุปได้ว่า นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง มีผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางและนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนหรือไม่
2. เพื่อศึกษาว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ใดมีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียน
3. เพื่อศึกษาว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันจะมีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐานของการวิจัย

1. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

1.1 นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้

1.2 นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา มีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้

1.3 นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา มีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย

วิธีการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-ภาษาอังกฤษ โรงเรียนมัธยมศึกษาประจำอำเภอ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุดรธานี 9 โรงเรียน จำนวนนักเรียนรวม 704 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มหลายขั้นตอน ดังนี้

1. สุ่มโรงเรียนประจำอำเภามา 3 โรงเรียน คือ โรงเรียนลับแลศรีวิทยา อำเภอลับแล โรงเรียนตรอนศรีสินธุ์ อำเภอดรอน และโรงเรียนทองแสนขันวิทยา อำเภอทองแสนขัน
2. นำผลการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาหาค่าเฉลี่ย แล้วกำหนดเป็นความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง และความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ
3. จับสลากนักเรียนในแต่ละโรงเรียน ที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมา 10 คน ระดับปานกลาง 20 คน และระดับต่ำ 10 คน รวม 40 คน
4. จัดนักเรียนแต่ละโรงเรียนเป็นกลุ่มย่อยละ 4 คน โดยให้อัตราส่วนนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง ต่อนักเรียนในที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางต่อนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ เป็น 1 : 2 : 1
5. สุ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ให้กลุ่มควบคุมจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปรายให้กลุ่มทดลองที่ 1 และจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปรายให้กลุ่มทดลองที่ 2 ระยะเวลาที่ใช้ทดลอง 1 ภาคเรียน 19 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวม 57 ชั่วโมง โดยทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ทำแบบทดสอบหลังจากเรียนจบแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 12 แผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ดังนี้

1.1 แบบทดสอบปรนัย เพื่อวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ความจำ และความเข้าใจ

1.2 แบบทดสอบอัตนัย เพื่อวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านการนำไปใช้การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

1.3 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามสถานการณ์

1.4 แบบประเมินความสามารถในการรู้คิดของตนเอง

2. ผู้วิจัยบันทึกพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน หลังจากจัดการเรียนรู้จบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และให้คะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล หลังเรียนจบทั้ง 12 แผนการจัดการเรียนรู้แล้ว

3. ผู้วิจัยบันทึกพัฒนาการด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนหลังจากจัดการเรียนรู้จบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และให้คะแนนผลการเรียนรู้ด้านจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล หลังเรียนจบทั้ง 12 แผนการจัดการเรียนรู้แล้ว

4. ผู้วิจัยให้คะแนนความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนของการทำโครงงาน รวม 8 ครั้ง ในระหว่างสัปดาห์ที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 15

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

1.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้วิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจิตวิทยาศาสตร์ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

1.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลการเรียนรู้ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

1.3 หาความสัมพันธ์ของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

1.4 ตรวจสอบการแจกแจงปกติหลายตัวแปร โดยการหาสัมประสิทธิ์ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis)

1.5 ตรวจสอบการเท่ากันของแมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปร โดยใช้สถิติบ็อกซ์ (Box Test)

2. สถิติสำหรับทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

2.1 หาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสอนกับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง ใช้สถิติ MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 1

2.2 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ใช้สถิติ MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน ข้อ 2 ข้อ 3 และ ข้อ 4

2.3 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองหลังเรียนของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง และนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ ของทั้ง 3 กลุ่ม ใช้สถิติ MANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบสมมติฐาน ข้อ 5

2.4 คำนวณหาขนาดอิทธิพล (effect size) เพื่อดูค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ต่างรูปแบบกัน และระหว่างกลุ่มที่มีระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ต่างกัน โดยนำผลต่างของคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างคู่ที่เปรียบเทียบกันหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม

สรุปผลการวิจัย

1. ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ อภิปัญญา มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญาและวัฏจักรการเรียนรู้ตามลำดับ
3. นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางและนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำตามลำดับ

อภิปรายผล

1. ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม ระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์กับผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง ไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมของความรู้พื้นฐานทาง

วิทยาศาสตร์และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 รูปแบบ กับ ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ ไม่ได้ส่งผลร่วมกันต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียน และแสดงว่าการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 รูปแบบเหมาะสมกับนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทั้ง 3 ระดับ ซึ่ง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ นิลอุบล ดาวเรือง (2535 : 89) ที่ได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนด้วยการฝึกแก้ปัญหาและการ อภิปรายปัญหาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ และสำเร็จ สมไทย (2536 : 43) ได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการคิดกับวิธีการ จัดการเรียนแบบรายบุคคลและเป็นกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการคิดกับวิธีสอนที่มีอิทธิพลต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ เพียงใจ สุภรัตน์วงศ์ (2539 : 62) ได้ศึกษา ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการควบคุมลำดับการเรียนรู้โดยผู้เรียนและควบคุมการเรียนรู้โดยโปรแกรมกับ ระดับความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าไม่มี ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความคิดสร้างสรรค์กับวิธีสอนที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ อภิปัญญา (LCMRA) มีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการ สะท้อนอภิปัญญา (LCMR) และวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐานข้อ 2 ข้อ 3 และ ข้อ 4

จากผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนรู้ ความสามารถในการ แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง ตามรูปแบบการ จัดการเรียนรู้ พบว่า

1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความ ตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา (LCMR) ด้วยขนาดอิทธิพล .20, .30 และ .32 ตามลำดับ

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความ ตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ

ความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ด้วยขนาดอิทธิพล .73, .66 และ .88 ตามลำดับ

3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ด้วยขนาดอิทธิพล .53, .36 และ .55 ตามลำดับ

การที่ผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนแตกต่างกันดังกล่าว เป็นเพราะกิจกรรมของแต่ละรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความแตกต่างกันในบางส่วน ดังนี้

ขั้นการสร้างความสนใจ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) จะถูกกระตุ้นให้ตั้งคำถามจากเหตุการณ์ หรือจากสิ่งที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนสนใจ แล้วครูกับนักเรียนร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของประเด็นที่ต้องการศึกษา

ขั้นการสำรวจและค้นหา นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) จะได้ร่วมกันวางแผนด้วยการอภิปราย กำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นหา คัดคะเนคำตอบ กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ออกแบบการทดลอง และลงมือปฏิบัติการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นหา ทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) จะได้นำข้อมูลที่ได้อจากการสำรวจตรวจสอบ ค้นหา มาอภิปรายร่วมกัน แล้ววิเคราะห์ แปลผลสรุปผลเป็นความรู้ และนำเสนอ

ขั้นการขยายความรู้ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) จะได้ร่วมกันนำความรู้ที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม เพื่อเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในองค์ความรู้ที่ได้ให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และนำสิ่งที่เชื่อมโยงแล้วไปอธิบายหรือยกตัวอย่างสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือนำไปใช้แก้ปัญหา หรือนำไปอธิบายการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งนำไปคิดทำโครงการงานวิทยาศาสตร์

ขั้นการประเมินผล นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) จะได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเองด้วยการวิเคราะห์วิจารณ์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

จากกิจกรรมตามขั้นทำตอนดังกล่าว นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นประสบการณ์ใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิม โดยมีการแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่นด้วย ทำให้นักเรียนสร้างความรู้โดยอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่และสร้างความรู้บางส่วนขึ้นมาใหม่ ส่วนนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) นอกจากจะได้ทำกิจกรรมดังกล่าวแล้ว ยังได้สะท้อนความคิดด้วยการตั้งคำถามและการตอบคำถามที่กระตุ้นการคิดระดับสูง

ได้กำหนดเป้าหมายที่ต้องการเรียนรู้ ได้พูดและบันทึกว่ารู้อะไรและต้องการรู้อะไร ได้บันทึกความคิด ได้อธิบายความคิดว่าทำอะไร ทำไม่จึงทำ ทำอย่างไร และปรับปรุงอย่างไร ได้เชื่อมโยงความคิดหลักและการสร้างความคิดหลัก ได้อธิบายความคิดของตนเองให้ผู้อื่นรับทราบใช้ประโยชน์จากการเรียนรู้ ได้ประเมินจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่น่าสนใจของสถานการณ์หรือสิ่งที่ได้เรียนรู้ ได้ตรวจสอบสิ่งที่ได้เรียนรู้กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ ทำให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ เข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้ ทำให้นักเรียนสร้างความรู้โดยอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่และสร้างความรู้บางส่วนขึ้นมาใหม่ได้ดีกว่า และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMRA) นอกจากจะได้ทำกิจกรรมเหมือนนักเรียน 2 กลุ่มแรกดังกล่าวแล้ว ยังได้สะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์ และความสำคัญของการสะท้อนความคิดอีกด้วย ทำให้เกิดความตระหนักรู้ เข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้ดีกว่านักเรียน 2 กลุ่มแรก ทำให้นักเรียนสร้างความรู้โดยอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับ ประสบการณ์ใหม่และสร้างความรู้บางส่วนขึ้นมาใหม่ได้ดีกว่า 2 กลุ่มแรก จึงส่งผลให้ผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างกันดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การจัดการเรียนรู้ด้วยการสะท้อนอภิปรายของฟอร์กาตี (Forgaty. 2000 : 1 - 28) ที่อธิบายว่าเมื่อให้นักเรียนอธิบายให้ผู้อื่นรับรู้ถึงเป้าหมายและการใช้ประโยชน์จากการเรียนรู้ ให้กำกับติดตามตนเองอย่างอิสระ ให้ประเมินผลตนเอง และให้เชื่อมโยงความคิดหลักและสร้างความคิดหลักด้วยตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนจะสูงขึ้น และสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าอภิปรายใช้ได้ดีกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยจะส่งผลให้นักเรียนมีความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นและเร็วขึ้น (Holden. 1997 : 1580A ; Cozza. 1997 : 4266A ; Blank. 1998 : 3069A ; Donnelly. 1998 : 2512A ; Kenton. 2002 : 2083A) และอภิปรายยังส่งผลให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น (Fiero. 1994 : 4401A ; Tein. 1999 : 2915A ; Howie. 1997 : 30) ด้านจิตวิทยาศาสตร์ก็มีผู้ศึกษาพบว่าอภิปรายช่วย ส่งเสริมการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ได้ดี (Tein. 1999 : 2915A ; Pearsall. 1999 : 160B) นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาพบว่า อภิปรายช่วยให้นักเรียนสามารถค้นพบรูปแบบการเรียนรู้และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ดี (Tsai. 1997 : 2955A ; Keller. 1993 : 3787A) ด้านการประเมินการรู้คิดของตนเอง แชลเพลย์ (Shapley. 1994 : 4349A) ได้ศึกษาพบว่าเมื่อให้นักเรียนกำกับตนเองแล้วสัมภาษณ์กลวิธี นักเรียนจะมีความสามารถด้านการประเมินตนเองมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้กำกับตนเอง ส่วนที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักรู้ปัญญานั้น สมจิตร์ ทรัพย์อัประโมย (2540 : 158-160) ได้ศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มที่ฝึกด้วยรูปแบบเพื่อพัฒนาปัญญาแล้วมีการทบทวนความตระหนักในกลวิธี มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทบทวนความตระหนักในกลวิธี

2. การที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเองสูงกว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ด้วยขนาดอิทธิพล .73, .66 และ .88 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าอิทธิพลค่อนข้างมาก เป็นเพราะนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) ได้รับการฝึกการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญาในแต่ละขั้นตอนการสอนในขณะที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย วัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ไม่ได้รับการฝึกดังกล่าว จึงส่งผลให้ร้อยละ 76 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) ได้คะแนนผลการเรียนรู้สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ร้อยละ 73 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) และร้อยละ 82 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา (LCMRA) ได้คะแนนความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC)

3. การที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย วัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ด้วยขนาดอิทธิพล .53, .36 และ .55 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าอิทธิพลขนาดปานกลาง เป็นเพราะความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้กระบวนการคิดที่มีความซับซ้อนและหลายขั้นตอนในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์และการทำโครงงาน จึงส่งผลให้ร้อยละ 69 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) ได้คะแนนผลการเรียนรู้สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย วัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ส่วนผลการเรียนรู้ใช้กระบวนการคิดที่มีความซับซ้อนและขั้นตอนน้อยกว่า จึงส่งผลให้ร้อยละ 63 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากการฝึกการสะท้อนอภิปรายในขณะที่อีกกลุ่มหนึ่งไม่ได้รับการฝึกจึงส่งผลให้ร้อยละ 70 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) ได้คะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC)

สรุปได้ว่ากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในกระบวนการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ เข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง จนสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้ ซึ่งจะส่งผลให้ผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองแตกต่างกัน

3. นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง มีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงที่สุด รองลงมาคือ นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง และนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 5

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเรียนรู้ตามความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ พบว่า

1) นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางด้วยขนาดอิทธิพล .26, .40 และ .51 ซึ่งเป็นค่าอิทธิพลขนาดค่อนข้างน้อย ขนาดปานกลาง และขนาดปานกลาง ตามลำดับ

2) นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียน

ที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำด้วยขนาดอิทธิพล .92, .89 และ .90 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าอิทธิพลขนาดสูงทุกค่า

3) นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางมีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำด้วยขนาด อิทธิพล .65, .37 และ .49 ซึ่งเป็นค่าอิทธิพลขนาดค่อนข้างสูง ขนาดค่อนข้างน้อย และขนาดปานกลางตามลำดับ

การที่ผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่างกัน แตกต่างกัน เป็นเพราะนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีบทบาทและมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มากกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางและนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำตามลำดับ ดังนี้

ขั้นการสร้างความสนใจ นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงจะเป็นผู้นำในการตั้งคำถามจากเหตุการณ์ หรือจากสิ่งที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ตนเองสนใจ แล้วร่วมกับครูกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของประเด็นที่ต้องการศึกษา เป็นผู้นำในการกำหนดเป้าหมายที่ต้องการเรียนรู้ และมักจะเป็นตัวแทนกลุ่มในการสะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์ และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

ขั้นการสำรวจและค้นหา นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง จะเป็นผู้นำในการร่วมกันวางแผนด้วยการอภิปราย กำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นหา คัดค้านคำตอบ กำหนดทางเลือก ออกแบบการทดลอง และเป็นผู้นำในการลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบค้นหาทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นผู้นำในการสะท้อนความคิดและมักจะเป็นตัวแทนกลุ่มในการสะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์ และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง จะเป็นผู้นำในการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ค้นหา หรือ ทดลองมาอภิปรายร่วมกัน แล้ววิเคราะห์ แปลผล สรุปผลเป็นความรู้ และนำเสนอ มักจะเป็นตัวแทนกลุ่มในการสะท้อนความคิดด้วยการพูดหรือบันทึกความคิด วิพากษ์วิจารณ์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น อธิบายความคิด และมักจะเป็นผู้สะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์ และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

ขั้นการขยายความรู้ นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงจะเป็นผู้นำในการร่วมกันนำความรู้ที่สร้างขึ้นใหม่ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และนำสิ่งที่เชื่อมโยงแล้วไปอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือนำไปใช้แก้ปัญหา หรือนำไปอธิบายการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งนำไปคิดทำโครงการวิทยาศาสตร์ มักจะเป็นตัวแทนกลุ่มในการเชื่อมโยงและสร้างความคิดหลัก และมักจะเป็นผู้สะท้อนความตระหนักรู้ด้านกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

ขั้นการประเมินผล นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงจะเป็นผู้นำในการประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเองด้วยการวิเคราะห์วิจารณ์ แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน มักจะเป็นตัวแทนกลุ่มในการสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการตรวจสอบผลลัพธ์และการตรวจสอบสิ่งที่ได้เรียนรู้กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ และมักจะเป็นผู้สะท้อนความตระหนักรู้ด้าน กลวิธี ประโยชน์ และความสำคัญของการสะท้อนความคิด

ส่วนนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางและนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมดังกล่าวน้อยกว่า ทำให้ความตระหนักรู้ความเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และความสามารถในการติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองเกิดขึ้นน้อยกว่า และส่งผลให้ผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองต่ำกว่าตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทองหล่อ วงศ์อินทร์ (2536 : 140-146) ที่ศึกษาพบว่าความรู้ในอภิปัญญาด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาสูง จะสูงกว่าผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาลดลง และยังมีผู้ศึกษาพบว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานเดิมสูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสพผลสำเร็จทางวิชาการสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานเดิมต่ำ (Shapley. 1994 : 4349A, Doljanac. 1995 : 142A, Maslin. 1997 : 1558A, Plants. 2000 : 70A, Seyedmonir. 2000 : 203A) นอกจากนี้ ศุภลักษณ์ สินธนา (2545 : 142) ยังศึกษาพบว่าอภิปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เมื่อพิจารณาจากขนาดอิทธิพล

1) นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางด้วยขนาดอิทธิพล .26, .51 และ .40 ตามลำดับ เป็นเพราะความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองต้องใช้กระบวนการคิดที่ซับซ้อนและหลายขั้นตอนกว่าผลการเรียนรู้ นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงสามารถพัฒนาความสามารถดังกล่าวได้ดีกว่าแต่ไม่มากนัก จึงส่งผลให้ร้อยละ 69 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้คะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง และร้อยละ 65 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้คะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง

2) การที่นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำด้วยขนาด อิทธิพล .92, .89 และ .90

ตามลำดับ เป็นเพราะผลการเรียนรู้เป็นความสามารถในการใช้กระบวนการคิดที่มีความซับซ้อนและขั้นตอนน้อยกว่า พัฒนาได้ง่าย จึงส่งผลให้ร้อยละ 83 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้คะแนนผลการเรียนรู้สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ ส่วนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองถึงแม้จะต้องใช้กระบวนการคิดที่ซับซ้อนหลายขั้นตอน แต่นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงก็สามารถพัฒนาความสามารถได้ดีกว่ามาก จึงส่งผลให้ร้อยละ 82 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ และร้อยละ 82 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้คะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

3) การที่นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางมีผลการเรียนรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำด้วยขนาดอิทธิพล .65, .37 และ .49 ตามลำดับ เป็นเพราะผลการเรียนรู้เป็นความสามารถในการใช้กระบวนการคิดที่มีความซับซ้อนและขั้นตอนน้อยกว่า พัฒนาได้ง่าย จึงส่งผลให้ร้อยละ 73 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง ได้คะแนนผลการเรียนรู้สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ ส่วนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองต้องใช้กระบวนการคิดที่ซับซ้อนหลายขั้นตอน พัฒนายากกว่า จึงส่งผลให้ร้อยละ 64 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ และร้อยละ 64 ของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

สรุปได้ว่านักเรียนที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนของวัฏจักรการเรียนรู้และกระบวนการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหาอย่างมากกว่า จะทำให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ เข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง จนสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้มากกว่า และจะส่งผลให้ผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าไปด้วย

เมื่อพิจารณาจากร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนผลการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง ที่ได้คะแนนร้อยละ 70-79 ซึ่งสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดอุดรธานี เขต 1 กำหนดให้เป็นเกณฑ์ “ค่อนข้างดี” ดังที่แสดงในภาคผนวก จ พบว่า

1) นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้คะแนนผลการเรียนรู้ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด นักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางได้คะแนนผลการเรียนรู้ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด และคะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 5 และนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำได้คะแนนผลการเรียนรู้ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และคะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด

2) นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) ทุกระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ได้คะแนนผลการเรียนรู้ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด

3) นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ อภิปราย (LCMRA) ที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงและในระดับปานกลางได้คะแนนผลการเรียนรู้ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด และนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำได้คะแนนผลการเรียนรู้ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 10 และคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเองสูงกว่าเกณฑ์ทั้งหมด

จะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาในภาพรวมพร้อมกันทุกตัวแปรตาม รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ อภิปราย (LCMRA) เหมาะสมกับนักเรียนทุกระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อพิจารณาทีละตัวแปรพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ อภิปราย (LCMRA) เหมาะสมกับนักเรียนที่มีระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงและในระดับปานกลางมากกว่านักเรียนที่มีระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การเลือกกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนประจำอำเภอ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่อุตรดิตถ์เขต 1 จำนวน 3 โรงเรียน เพราะไม่สามารถหากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มจาก โรงเรียนสหศึกษาที่มีลักษณะตามที่ต้องการได้ แต่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มก็มีลักษณะใกล้เคียงกันมากทางวิชาการ รวมทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพและทางสังคมก็ใกล้เคียงกัน

2. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองสอน เป็นเนื้อหากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์พื้นฐานสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ซึ่งเอื้อต่อการออกแบบปฏิบัติการทดลองมาก ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายวิชาไม่เน้นเนื้อหาที่ลึกซึ้ง เหมาะกับการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ในงานวิจัยครั้งนี้

3. ด้านความเที่ยงตรงภายในของการวิจัย (Internal Validity) ผู้วิจัยได้พยายามควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน ได้แก่ การสอนโดยผู้วิจัยเอง การจัดตารางเรียนที่ใช้ช่วงเวลาค่้ายคลึงกัน การสอนให้ครบถ้วนตามเวลาในแผนการจัดการเรียนรู้เหมือนกัน การจัดสภาพห้องเรียนให้มีบรรยากาศคล้ายคลึงกัน และการจัดสอนซ่อมเสริมให้นักเรียนที่ขาดเรียนทุกคนเหมือนกันทุกกลุ่ม

4. ด้านความเที่ยงตรงภายนอกของการวิจัย (External Validity) ผลวิจัยนี้สามารถนำไปใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือระดับชั้นที่ใกล้เคียงกัน และสามารถนำไปใช้ได้กับโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาทั่วไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

สำหรับครูผู้สอน

1. การสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้ปัญญา สามารถใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี ครูผู้สอนที่ใช้วัฏจักรการเรียนรู้อยู่แล้ว จึงควรนำการสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้ปัญญามาใช้ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ได้ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

2. การสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้ปัญญา ใช้ได้ดีกับนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในทุกระดับ ครูผู้สอนจึงควรนำการสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้ปัญญาไปใช้กับนักเรียนทั่วไปในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

3. การนำการสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้ปัญญามาใช้ในช่วงแรกจะใช้เวลามากกว่าปกติ เมื่อนักเรียนสามารถกำกับติดตามการรู้คิดและประเมินการรู้คิดของตนเองได้คล่องแคล่วแล้วจะใช้เวลาน้อยกว่าปกติ ดังนั้นในระยะยาวจึงใช้เวลาใกล้เคียงกัน แต่การนำการสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้ปัญญาไปใช้จะส่งผลดีมากกว่า ครูผู้สอนจึงต้องวางแผนด้านการใช้เวลาในช่วงแรกให้เหมาะสม

4. สำหรับนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ ครูผู้สอนควรให้สะท้อนและตระหนักรู้ปัญญาให้ทั่วถึงและบ่อยครั้งกว่านักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลางและนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง

5. การวัดความสามารถในการประเมินการรู้คิดใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูผู้สอนจึงต้องวางแผนการใช้เวลาให้เหมาะสม

6. ครูควรเตรียมการในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน ตามรายละเอียดดังนี้

การจัดการเรียนรู้	การเตรียมการของครู		
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2
สร้าง ความสนใจ	-สถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่ประเด็นที่จะเรียนรู้ -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันกำหนดขอบเขตของประเด็นที่จะเรียนรู้	-วิธีกระตุ้นให้นักเรียนพูดและบันทึกสิ่งที่รู้อยู่แล้ว (KWL) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่ประเด็นที่จะเรียนรู้ -สถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ (KWL) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดเป้าหมายสิ่งที่จะเรียนรู้ (กำหนดเป้าหมาย)	-วิธีกระตุ้นให้นักเรียนพูดและบันทึกสิ่งที่รู้อยู่แล้ว (KWL) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่ประเด็นที่จะเรียนรู้ -สถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ (KWL) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดเป้าหมายสิ่งที่จะเรียนรู้ (กำหนดเป้าหมาย) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนพูดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของกลวิธีที่ใช้
สำรวจ และค้นหา	-สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้	-คำพูดกระตุ้นให้ต้องการสืบค้นข้อมูล (นำทางความคิด) -สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ -คำถามให้นักเรียนอธิบายความคิด (คิดออกเสียง)	-คำพูดกระตุ้นให้ต้องการสืบค้นข้อมูล (นำทางความคิด) -สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ -คำถามให้นักเรียนอธิบายความคิด (คิดออกเสียง) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนพูดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของกลวิธีที่ใช้

การจัดการ เรียนรู้	การเตรียมการของครู		
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2
อธิบาย และลง ข้อสรุป	-คำถามเพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น -วิธีให้นักเรียนอภิปรายและนำเสนอเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป	-คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (คำถามระดับสูงและ พุดสื่อสารสองทาง) -วิธีให้นักเรียนอภิปรายและนำเสนอเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป (พุดถ่ายทอด) -คำถามนำทางไปสู่การสรุปเป็นความรู้ (สร้างความคิดหลัก)	-คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (คำถามระดับสูงและ พุดสื่อสารสองทาง) -วิธีให้นักเรียนอภิปรายและนำเสนอเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป (พุดถ่ายทอด) -คำถามนำทางไปสู่การสรุปเป็นความรู้ (สร้างความคิดหลัก) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนพุดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของกลวิธีที่ใช้
ขยาย ความรู้	- เตรียมคำถามนำสู่การสังเคราะห์และการประยุกต์ใช้ความรู้และการออกแบบผลิตภัณฑ์	-คำถามนำสู่การสังเคราะห์และการประยุกต์ใช้ความรู้ -ข้อแนะนำในการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมโดยการสร้างแผนที่ความคิด (เชื่อมโยงความคิดหลัก) -ข้อแนะนำการประยุกต์ใช้โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์แล้วอธิบายให้ผู้ฟัง (พุดถ่ายทอด)	-คำถามนำสู่การสังเคราะห์และการประยุกต์ใช้ความรู้ -ข้อแนะนำในการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมโดยการสร้างแผนที่ความคิด (เชื่อมโยงความคิดหลัก) -ข้อแนะนำการประยุกต์ใช้โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์แล้วอธิบายให้ผู้ฟัง (พุดถ่ายทอด) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนพุดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของกลวิธีที่ใช้

ขั้นตอน การจัดการ เรียนรู้	การเตรียมการของครู		
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2
ประเมินผล	-เตรียมคำถามด้านการประเมินผลตนเอง -เตรียมแบบวัดต่าง ๆ และเกณฑ์การให้คะแนน -ขอแนะนำให้นักเรียนบันทึกพัฒนาการของตนเองหลังเรียนด้านความรู้ ด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจิตวิทยาาสตร์ และด้านอื่น ๆ -เตรียมสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจศึกษาเนื้อหาที่ต่อเนื่องจากเรื่องนี้ -แบบบันทึกพัฒนาการของนักเรียนด้านต่าง ๆ หลังสอน	-คำถามให้นักเรียนประเมินจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่น่าสนใจ (PMI) -คำถามด้านการประเมินผลตนเอง (คำถามประเมินผล) -แบบวัดต่าง ๆ และเกณฑ์การให้คะแนน -ขอแนะนำให้นักเรียนประเมินความรู้จากคำถามและเป้าหมายในชั้นสร้างความสนใจ (KWL) -ขอแนะนำให้นักเรียนบันทึกพัฒนาการของตนเองหลังเรียนด้านความรู้ ด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจิตวิทยาาสตร์ และด้านอื่น ๆ -สถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจศึกษาเนื้อหาที่ต่อเนื่องจากเรื่องนี้	-คำถามให้นักเรียนประเมินจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่น่าสนใจ (PMI) -คำถามด้านการประเมินผลตนเอง (คำถามประเมินผล) -วิธีกระตุ้นให้นักเรียนพูดและบันทึกกลวิธี ประโยชน์และความสำคัญของกลวิธีที่ใช้ในชั้นตอนนี้ -แบบวัดต่าง ๆ และเกณฑ์การให้คะแนน -ขอแนะนำให้นักเรียนประเมินความรู้จากคำถามและเป้าหมายในชั้นสร้างความสนใจ (KWL) -ขอแนะนำให้นักเรียนบันทึกพัฒนาการของตนเองหลังเรียนด้านความรู้ ด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจิตวิทยาาสตร์ และด้านอื่น ๆ -แบบบันทึกพัฒนาการของนักเรียนด้านต่าง ๆ หลังสอน

สำหรับผู้บริหาร

1. ควรนำการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการการเรียนรู้มาขยายผลโดยการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหรือจัดสัมมนาให้กับครูวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งควรติดตามประเมินผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วย
 วัฏจักรการเรียนรู้ แล้วจึงขยายผลไปสู่การจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร
 การเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการ
 สะท้อนความตระหนักรู้ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาว่าการสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้
 เหมาะสำหรับแบบการเรียนรู้ใดบ้าง

2. ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาว่าการสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้
 ส่งผลดีต่อความสามารถในการคิดระดับสูงด้านการคิดสร้างสรรค์ การคิดประเมินผล การคิดตัดสินใจ
 และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หรือไม่

3. ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาว่าการสะท้อนอภิปัญญาและความตระหนักรู้
 เหมาะสมกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระใดบ้าง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิตติชัย สุทธาสโนบล. (2541). ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. ปรินญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- จันทร์พร พรหมมาศ. (2537). ผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิ์ผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2534). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- เชิดศักดิ์ โฉวสินธุ์. (2540, เมษายน). "การพัฒนาคุณภาพการคิด". การวัดผลการศึกษา. 18 (54) : 1-20.
- ดารุณี เชื้อเจ็ดตน. (2540). ความสามารถในการสื่อความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นยุทธวิธีวงจรการเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. (หลักสูตรและการสอน). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและพัฒนาอุปกรณ์การสอน วิทยาศาสตร์ ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.
- ทองหล่อ วงศ์อินทร์. (2537). การวิเคราะห์ความรู้เฉพาะด้าน กระบวนการในการคิดแก้ปัญหา และเมตาคอกนิชัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาผู้ชำนาญและไม่ชำนาญในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ทีจันท์ เฟื่องฟู. (2542). การจัดการเรียนการสอนแบบรวมชั้นในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5-6 โรงเรียนสุเหร่า คลองสิบ สำนักงานเขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร. ปรินทิพนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การประถมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทิศนา แหมณี และคณะ. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป.
- (2545). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิลอุบล ดาวเรือง. (2535). การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับวิธีสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. ปรินทิพนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การประถมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. (2543, พฤษภาคม-สิงหาคม). เกณฑ์การประเมิน (Rubric Asseccment).

วารสารศึกษาศาสตร์ปริทรรศน์. 15 (2) : 75-84.

ประกาศิต จันทศ. (2537). ผลการสอนวิชาเคมี เรื่อง ตารางธาตุ ด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้
ประยุกต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. (ศึกษาศาสตร์-การสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

เปรมจิตร บุญสาย. (2541). การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสาร
เหลือทิ้ง. ปรินูญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ผจงจิต อินทสุวรรณ. (2545). การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร. กรุงเทพฯ:
พ.ศ.พัฒนา.

พิมพร วัฒนานนท์. (2539). การปรับแผนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เนื้อหา
วิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์
ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. (หลักสูตรและการสอน). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

เพ็ญพิไล ฤทธาณานนท์. (2536). พัฒนาการทางพุทธิปัญญา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

เพ็ญใจ ศุภรัตนวงศ์. (2539). การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการควบคุมลำดับการเรียนรู้กับ
ระดับความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อผลการเรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (เทคโนโลยีการศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2535). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 5.
กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ไพโรจน์ ผลชู. (2529). การเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์โดยกำหนดและหมุนเวียนหน้าที่
ของสมาชิกในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และความสนใจ
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคมที่มีความรู้พื้น
ฐานทางวิทยาศาสตร์ต่างกัน. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การประถมศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

มณีรัตน์ เกตุไสว. (2540). ผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

ฟิลิกส์ด้านมนุษยศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินทิพนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิต

วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

มังกร ทองสุตดี. (2521). โครงสร้างของการศึกษาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

ยุพา วีระไวทยะ. (2540). สอนวิทยาศาสตร์แบบมีอาชีพ. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

วริญญา จิระพลสุวรรณ. (2544, พฤษภาคม-มิถุนายน). การสอนวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนสร้าง

ความรู้ด้วยตนเอง. วารสารวิทยาการ 55(3) : 162-169.

วิวัฒนาพร กระจับทุกข์. (2536). การเปรียบเทียบประสิทธิผลของรูปแบบการฝึกยุทธศาสตร์การ

เรียนรู้เมตาคognition ในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจสำหรับนักเรียนระดับมัธยม

ศึกษาตอนปลายแบบโดยตรงกับแบบสอดแทรกในเนื้อหาการสอน. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์

ดุสิตบัณฑิต. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถ่ายเอกสาร.

วิชาญ เลิศลพ. (2543). การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยวิธีจัดการเรียนการสอนตาม

รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ รูปแบบ สสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวัฏจักรการ

เรียนรู้กับ สสวท. ปรินทิพนิพนธ์การศึกษาดุสิตบัณฑิต. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ:

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วิโรจน์ เฉลยสุข. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี

ที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองและแบบปกติ. ปรินทิพนิพนธ์การศึกษา

มหาบัณฑิต. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ถ่ายเอกสาร.

ศุภลักษณ์ สินธนา. (2545). การศึกษาการคิดอภิमानโดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์โครง

สร้างเชิงเส้น : การวิเคราะห์กลุ่มพหุ. ปรินทิพนิพนธ์การศึกษาดุสิตบัณฑิต (การทดสอบและ

วัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2536). แนวการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

ว 012 วิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหา. พิมพ์ครั้งที่ 4.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2540). การสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด

คอนสตรัคติวิซึม. (มกราคม-มีนาคม). วารสาร สสวท. 25(96) : 11-15.

----- (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

----- (2546). เอกสารประกอบการอบรมครูโครงการขยายผลการศึกษารูปแบบการเรียนการสอน

ที่พัฒนาความคิดระดับสูงวิชาชีพวิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ม.ป.พ.

----- (2546). รายงานการศึกษาค้นคว้ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาความคิดระดับสูง

- วิชาชีพวิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ระยะที่ 1). ม.ป.พ.
- (2546). *เครื่องมือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: อรุณสภาคณพรว.
- *เจตคติทางวิทยาศาสตร์*. ม.ป.พ.
- สุวิทย์ หิรัญยกานต์ และคณะ. (2540). *พจนานุกรมศัพท์การศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไอคิว บุกเซนเตอร์.
- สมจิตร ทรัพย์อัประโม. (2540). *ผลของการใช้รูปแบบเพื่อพัฒนาเมตาคognition ที่มีต่อเมตาคognition และสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์ดุขฎิบัณฑิต. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สมนึก ภัททิยชนี. (ม.ป.พ). *การวัดผลการศึกษา*. มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนา การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุนัย เหมะประสิทธิ์ (2537). *เอกสารประกอบการสอนวิชา ปถ.511 การพัฒนาหลักสูตรและการสอนในระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- (2541). *การเสริมสร้างศักยภาพนักเรียนกรุงเทพมหานครด้านวิทยาศาสตร์และมิติสัมพันธ์*. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ: เอสอาร์ปริ้นต์ลิมิตพาร์ทเนอร์ชิป.
- (2544, มกราคม). “วัฏจักรการเรียนรู้”. *สารานุกรมศึกษาศาสตร์*. ฉบับที่ 22. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คเซนเตอร์.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดารรรณ. (2544). *การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง*. กรุงเทพฯ: เดอะโนว์เลจเซนเตอร์.
- สมหวัง พิทยานุวัฒน์. (2544). *วิธีวิทยาการประเมิน ศาสตร์แห่งคุณค่า*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไสว พักขาว. (2542). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏจันทรเกษม.
- สุรางค์ ไคว้ตระกูล. (2544). *จิตวิทยาการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- (2544). *รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.

- (2545). การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิดและวิธีการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. (2544). ปฏิรูปการศึกษาไทยในมุมประชาชน. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.
- (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542. แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545
กรุงเทพฯ: อรุณลาดพร้าว.
- สำเร็จ สมไทย. (2536). การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการคิดกับวิธีจัดการเรียน 2 แบบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรียญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อรพินทร์ ชูชม. (2537, พฤษภาคม-สิงหาคม). “ความเที่ยงตรงของการสรุปผลทางสถิติสำหรับการวิจัยเชิงทดลอง”. วารสารการวัดผลการศึกษา 16(46) : 8-21.
- (2545). เอกสารประกอบการสอน วป.502 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือทางพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อารี พันธุ์ณี (2534). จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.
- อุษา จินเจนกิจ. (2544). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาวิศวกรรมเคมีชั้นปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ. ปรียญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อวยพร เรืองศรี. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอภิमानกับการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรียญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อัมพร ม้าคะนอง. (2543, กรกฎาคม-ตุลาคม). “การสอนตามแนวคิดทฤษฎี Constructivist ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์”. วารสารครุศาสตร์ 29(1) : 74-80.

Alongso, E. (1999). *A Meta-Analysis of The Metacognition of Gifted Children*. DAI. 60/04 : 81B.

Anderson H.O. (2003). *Teaching Science as Inquiry*. Indiana: Indiana University.

Backe, R.K. (1993). *The Effect of Field-Testing A New Constructivist-Based Science/Technology/Society Middle School Science Curriculum on Seventh-Grade Student Attitudes Toward Science in A Rural Setting (Science Attitudes, Rural*

- Schools, Technology*). DAI. 54/08 : 199A.
- Barbara, Y.W. and John, R.F. (1998). Inquiry Modeling and Metacognition : Making Science Accessible to All Student. *Cognition and Instruction*. 16(1) : 1-120.
- Barman, C.R. and Kotar M. (1989, April). The Learning Cycle. *Science and Children*. 26(7) : 30-32.
- Barry, J.W. (1975). *Piajet' theory of cognitive development*. 6th ed. New York: David Mckay.
- Billings, R.L. (2001). *Assessment of The Learning Cycle and Inquiry-Based Learning in High School Physics Education*. DAI. 40/04 : 89A.
- Blake, R.W. (1996). *An Enactment of Science : A Balance Among Teacher Belief, Curriculum, and Context*. DAI. 56/12 : 4713A.
- Blank, L.M. (1998). *Metacognition and the Facilitation Conceptual and Status Change in Student' Concepts of Ecology (Learning Middle School Students)*. DAI. 58/08 : 3069A.
- Bloom, S.B. (1976). *Human characteristics and School Learning*. New York: McCraw-Hill Book.
- Bohlin, S.L. (2000). Effectiveness of Instruction in Rubric Use in Improving Fourth-Grade Students' Science Open-Response Outcomes. DAI. 61/11 : 209A.
- Bradley, K.P. (1992). *A Comparison of Three Adult Age Groups with Regard to Metacognition, Traditional and Practical Problem-Solving Ability and The Need for Cognition*. DAI. 52/10 : 3511A.
- Branford, D.J. (2000). *How People Learn Brain, Mind, Experience and School*. 4th ed. Washington D.C.
- Bratton, J. and Frances, M. (1998). *An Information Processing Model as a Metacognitive Strategy : Its Effects on Performance in a Military Computer-Based Training Environment*. DAI. 58/10 : 3896A.
- Brown, A.L. and Campione, J.C. (1996). *Psychological learning theory and the design of innovative environments : On procedures, principles and systems*. In L. Shauble & R. Glaser (Eds.). Contributions of instructional innovation to Understanding learning. Hillsdale, NJ. Erlbaum.
- Brown, B.G. (1992). *Investigation of Learning Strategies that Promote Reading Performance and Transfer Learning to Biology*. DAI. 53/05 : 1460A.

- Chin, C.H. (1998). *Student Learning Approaches and Their Understanding of some Chemical Concepts in Eighth Grade Science*. DAI. 58/10 : 3878A.
- Cohen, S. and Horak. (1989). *The Teaching Science as Decision Making Process*. Kendal: Hunt.
- Costermans, J.L. and Ansay C. (1992). Confidence level and feeling of knowing in question answering : The weight of inferential process. *Journal of Experimental Psychology : Learning memory and Cognition*. 18(1) : 142-150.
- Cozza, B. (1977). *Concept Mapping Through Logs and Metacognitive Reflection During Third Grades' Scientific Problem-Solving*. DAI. 57/10 : 4266A.
- Cumo, J.M. (1992). *Effect of Learning Cycle Instructional Method on Cognitive Development, Science Process, and Attitude toward Science in Seventh – Graders*. DAI. 53 : 387A.
- David R. C. (1988). Developmental and Instructional Analysis of Children' s Metacognition and Reading Comprehension. *Journal of Educational Psychology*. 80(2) : 131-142.
- Davison, E.D. and Sternberg, R.J. (1994). *The Role of Metacognition in Problem Solving*. California: Brooks/Cole.
- Dawn, R. and Angelica, M. (2000). *The role of Metacognition in Learning Chemistry*. *Journal of Chemical Education*. 77(7) : 915–919.
- Doljanac, R.F. (1995). *Using Motivational Factors and Learning Strategies to Predict Academic Success*. DAI. 56/01 : 142A.
- Donnelly, A.E. (1998). *The Effect of Metacognitive Skills Training on Hands-On Learning from Science Objects(Museums)*. DAI. 58/07 : 2512A.
- Fiero, A.P. (1994). *The Role of The Metacognitive Skills of awareness and Regulation in Enhancing Scientific Problem-Solving in Middle School Students*. DAI. 54/12 : 4401A.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring : A new Area of Cognitive Development Inquiry. *American Psychologist*. 34(10) : 906-911.
- (1985). *Cognitive Development*. Englewood Cliffs. second edition. Newjersey ;

Prentice-Hall.

- Forawi, S.A. (1996). *The Effects of The Interaction of Teachers' Understanding of The Nature of Science, Instructional Strategy, and Textbook on Students' Understanding of The Nature of Science*. DAI. 57/03 : 1082A.
- Fogarty, R. (1994). *The Mindful School: How to Teach for Metacognitive Reflection*. United States of America. IRI/Skylight Training and Publishing.
- Freitag, P.K. (1991). *Learning in the Middle School Earth Science Classroom : Students Conceptually Integrate new Knowledge Using Intelligent Laserdiscs (Cooperative Learning, Laser Discs, Hypercard)*. DAI. 52/03 : 790A.
- Garison, S.J. (1997). *Influence of Metacognitive Prompting on Learning within Computer Mediated Problem Sets*. DAI. 57/08 : 3390A.
- Garofalo, and Lester. (1985). *Metacognition, Cognitive Monitoring and Mathematical Performance*. *Journal of Research in Mathematics Education*. 16(3) : 163-176.
- Geringer, P.S. (1990). *Development of Children's Metacognition Through Parent Involvement in Higher level Thinking Activities*. DAI. 50/11 : 3462A.
- Garner, R.M. (1988). *Verbal Report Data on Cognitive and Metacognitive Strategies. In Learning and Study : Issue in Assessment, Instruction and Evaluation*. Newyork: Academic.
- Hackney, M.W. (1999). *High School Biology Students' Participation in a Year-Long Sequence of Analogical Activities : The Relationship of Development of Analogical Thought to Student Learning and Classroom Interactions*. DAI. 60/04 : 422A.
- Hall, D.A. (1989). *A Comparison of A Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) Laboratory and A Traditional Laboratory on Student Achievement at Two Private Liberal Arts Colleges*. DAI. 49/10 : 2985A.
- Harrington, N. (1993). *A Survey of Teaching Strategies Used in California Community Colledge Nursing Programs to Foster Critical Thinking*. DAI. 54/03 : 1333B.
- Hart, J.T. (1965). *Memory and The Feeling-of-Knowing Experience*. *Journal of Educatinal Psychology*. 56(2) : 208-216.
- Hickman, J.B. (1999). *Analysis of Electronic Learning Logs Pencil-and-Paper Journals : Construting Understanding in A Unit on Magnetism (Constructivism, Ninth-Grade)*.

DAI. 60/04 : 173A.

- Hill, J. (2000). *Chemical, the Environment, and You : Explorations in Science and Human Health. Grades 7-8 NIH Curriculum Supplement Series.* <http://thailis.uni.net.Th/eric/detail.nsp>.
- Hogan, K. (1998). *Thinking Aloud Together : A Test of an Intervention to Foster Middle School Student' Collaborative Scientific Reasoning.* DAI. 58/07 : 2530A.
- Holden, T.G. (1997). *Relationships Among Learning Styles, Metacognition, Prior Knowledge, Attitude, and Science Achievement of Grade 6 and 7 Students in Guided Inquiry Explicit Strategy Instruction Context.* DAI. 58/05 : 1580A.
- Howie, D.E. (1997). *Shaping Expertise Through Ecological Interface Design : Strategies, Metacognition, and Individual Differences.* DAI. 35/01 : 30.
- Huber, F.E. (2001). *Effects of Concept Mapping on Learning Anatomy and Transfer of anatomy Knowledge to Kinesiology in Health Sciences Students.* DAI. 63/04 : 220A.
- Ikerd, R. (1996). *A Comparison of An Integrated, Project-Based Unit and A Traditional Teaching Unit in Content Acquisition and Attitudinal Changes.* DAI. 34/04 : 1361A.
- John, E.L. (1986). *Longitudinal Study of the Effects of Specific Instruction on an Classroom Test of Formal Reasoning, Correlations among Cognitive Development, Intelligence, and achievement.* DAI. 46/07 : 2178A.
- John, M., Michael S., Denis M. and Lars J. (2000). *Self-evaluation in European Schools.* Routledge Falmer Talor and Francis Group London and New York.
- Karplus, R. (1977). Science Teaching and the Development of Resoning. *Journal of Research in Science Teaching.* 14(1) : 169–175.
- Keller, J.L. (1993). *Conversational Implicature and Higher-Order Thinking in Instructional Conversations.* DAI. 53/11 : 3787A.
- Kenton, J.M. (2002). *Metacognition and meteorology : Using Reflective Thinking Strategies to Help Novice Weather Forecasters adopt Effective Forecasting Strategies.* DAI. 63/04 : 2083B.
- Kirk, R.E. (1985). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences.* California: Brooks/Cole.
- Lawson, A.E. (1984). *Module 5 Self – Regulation and the Learning Cycle.* Indiana :

- Department of Biological Science, Purdue University. (mimeographed).
- Lee, C.A. (1998). *A Qualitative Characterization of An Introductory College Nonmajors Biology Laboratory*. DAI. 58/08 : 3072A.
- Lee, P.H. (1998). *Integrating Concept Mapping and Metacognitive Methods in a Hypermedia Environment for Learning Dcience*. DAI. 58/09 : 3405A.
- Legare, G. (2002). *An Investigation of The Effect of task Design on The Development of Critical Thinking Skills by Engineering Students*. DAI. 63/05 : 1740A.
- Leonesio, R.J. and Nelson, T.O. (1990). Do Different Metamemory Judgments Tap The Same Underlying Aspects of Memory?. *Journal of Experimental Psychology: Learning memory, and Cognition* 16(3) : 464-470.
- Lester, Frank J.R. *Research on Mathematical Problem Solving*. Newyork : Doubleday.
- Lieberman, D.A. (1993). *Learning : Beheavior and Cognition*. California : Wadsworth.
- Lin Hsiao, J.W. (1998). *The Impact of Facilitation on Middle School Student' Self-Regulated Learning and Their Academic Achievement in A Computer-Supported Collaborative Learning Environment*. DAI. 59/06 : 1890A.
- Lin, X.D. and Lehman, J. (1999). Supporting Learning of Variable Control in a Computer-Based Biology Environment : Effects of Prompting College Students to Reflect on Their Own Thinking. *Journal of research in Science Teaching*. 36(7) : 1-22.
- Lodico, M. G. (1983). The Effects of Strategies-Monitoring Training on Children' s Selection of Effective Memory Strategies. *Journal of Experimental Child Psychology*. 35(2) : 263-277.
- Lomangino, A.G. (2000). *Emergent Self-Regulatory Activity Among Young Children During Scientific Inquiry : An Analysis of six Kindergarten Children*. DAI. 61/07 : 357A.
- Longo, P.Ji. (2001). *Visual Thinking Networking Promote Long-term Meaningful Learning and Achievement for 9th Grade Earth Science Students*. DAI. 61/12 : 386A.
- Lorrie, A. S. (2000). *The Role of Classroom Assessment in Teaching and Learning*. CRESST/University of ColoRado at Boulder.
- Maslin, L.Y. (1997). *Self-Regulated Learning and Science Achivement in a Community Colledge*. DAI. 58/05 : 1558A.
- Materna, L.E. (2000). *Impack of Concept-Mapping upon Meaningful Learning and Metacognition Among Foundation-Level Associate-Degree Nursing Students*. DAI.

61/10 : 102A.

McCoy, B.L. (2001). *Web-Supported Sustained Inquiry within A Science Learning Cycle in A Middle School Classroom*. DAI. 6/02 : 218A.

Meichtry, Y.J. (1991). *The Effect of The First-Year Field Test BSCS Middle School Science Program on Student Understanding of The Nature of Science (Scientific Knowledge)*. DAI. 52/08 : 211A.

Merkel, J.B. (1998). *Inquiry-Oriented Science Program : New Views on The Implementation Process*. DAI. 59/05 : 1448A.

Myers, N.A. (1999). *A Study of Learning Strategies of Metacognition, Metamotivation, Metamemory, Critical Thinking, and Resource Management of Nursing Students on A Regional Campus of A large Midwestern University*. DAI. 60/03 : 125B.

Nasseri, A.S. (1986). *An Introductory Chemistry Laboratory Model Incorporating Learning Cycle Strategies for Irainian High School*. DAI. 46 : 1894A.

Neto, A. and Valente M.O. (1997). *Problem Solving in Physics : Towards a Metacognitively Developed Approach*. thailis.uni.net.th/eric/detail.nsp.

Nickelson, D.D. (1996). *Portfolio Assessment in High School Physics*. DAI. 57/02 : 630A.

O' Phelan, M.E.H. (1994). *The Effect of Incorporating Personal Style Information within Strategy Training on Strategy Choice, Retention and Transfer of Learning*. DAI. 55/05 1227A.

Osborne, J.W. (1998). *Measuring Metacognition : Validation of the Assessment of Cognition Monitoring Effectiveness*. DAI. 59/05 : 1459A.

Osman M.E. and Hannafin, M.J. (1992). *Metacognition Research and Theory: Analysis and Implications for Instructional Design*. *Educational Technology Research and Development*. 40(2): 83-89.

Parker, M.J. (1999). *The Effects of a Shared, Internet Science Learning Environment on the Academic Behaviors of Problem-Solving and Metacognitive Reflection*. DAI. 59/11 : 4046A.

Paris, S. F. (1983). *Becoming a Strategic Reader*. *Contemporary Educational Psychology*. 8(2) : 293-316.

Pearsall, S.H. (1999). *Effect of Metacognitive Exercise on The Development of Scientific*

- Reasoning (Fifth Graders, Sixth Graders)*. DAI. 60/05 : 160B.
- Plants, R.T. (2000). *The Relationship of Motivation and Metacognition to Academic Performance in Graduate Medical Education*. DAI. 61/03 : 70A.
- Polya, G. (1957). *How to Solve It*. Newyork : Doubleday.
- Rahikainen, R.L. (2002). *Learning Through Cognitive and Collaborative Problem-Solving Process in Technological Product Development*. DAI. 63/03 : 355C.
- Relan, A. (1992). *Effects of Two Levels of Strategy Training and Learner Control on Performance and Chioce Behavior in a Computer-Based, Concept-Classification Task*. DAI. 52/11 : 3895A.
- Rewey, K.L. (1991). *Using Derived Schemas and Scripts : Impact on Recall, Metacognition, and Consumer' Satisfication*. DAI. 51/09 : 3021A.
- Roces, M.C. (1997). *Learning Strategies and Motivation in the University*. DAI. 58/02 : 329C.
- Schiering, M.S. (1999). *The Effect of Learning-Style Instructional Resources on Fifth-Grade Suburban-Students' Metacognition, Achivement, Attitudes, and Ability to teach Themselves*. DAI. 60/10 : 190A.
- Schwartz, D., Lin, X.D., Brophy, S., and Branford, J.D. (1999). *Toward the Development of Flexibly Adaptive Instructional Designs*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Senneca, F. (1998). *Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Science and Science Instruction During A Method Course Using The Learning Cycle*. DAI. 58/10 : 3895A.
- Seyedmonir, M. (2000). *The Development and Validation of Science Learning Inventory (SLI) : A Conceptual Change Framework*. DAI. 63/01 : 203A.
- Shadburn, R.G. (1990). *An Evaluation of a Learning Cycle Intervention Method in Introductory Physical Science Laboratories in order to Promote Formal Operational Though Process*. DAI. 51 : 1894A.
- Shapley, K. S. (1994). *Metacognition, motivation, and learning: A Study of sixth-grade middle school student' use development of self-regulated learning strategies*. Docteral dissertation, University of North Texas. DAI. 54/12 : 4349A.

- Simon, P.R-J. (1989). Modifying the regulation process of learning: Two exploratory studies. *Canadian Journal for Educational Communication*. 18(1) : 29-48.
- (1994). Metacognitive strategies, teaching and testing for The International Encyclopedia of Education. 7 : 3788-3792.
- Sipe, B.B. (1990). *An Investigation into The Relationships Between Teaching Strategies of High School Biological Teachers, Student Myers-Nridge Psychological Type, The Development of Science-Related Attitudes, and Science-Related Career Choices*. DAI. 50/07 : 2006A.
- Stancel, J.E. (1987). *A Comparison of a Piajetian Based Learning Cycle with a Traditional – Didactic Teaching of Anatomy and Physiology in a Community College*. DAI. 1987(48) : 546–547A.
- Swanson, H.L. (1990). Influence of Metacognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of Educational Psychology*. 82(2) : 306-314.
- Tabach, B.G. (1996). *Using Multivariage Statistics*. California State University. Harper Colledge Publisher.
- Thorley, N.R. (1991). *The Role of Conceptual Change Model in the Interpretation of Classroom Interactions (Status-Related Interactions)*. DAI. 58/09 : 3405A.
- Tien, L.T. (1999). *Fostering Expert Inquiry Skills Beliefs about Chemistry Through the more Labolatory Experience*. DAI. 58/09 : 2915A.
- Tomkiewicz, W.C. (1988). *The Functional Paradigms of High School Biology Teachers*. DAI. 48/07 : 1724A.
- Trowbridge, J.E. (1996). *Guff Literacy : A marine Science-Based Model of Scientific Literacy (Gulf of Mexico)*. DAI. 57/02 : 631A.
- Tsai, C.C. (1997). *The Interrelationships Between Junior High School Students' Scientific Epstemological Beliefs, Learning Environment Preferences and Their Cognitive Structure Outcomes*. DAI. 57/07 : 2955A.
- Vermont, D.F. (1985). *Comparative Effectiveness of Instructional Strategies on Developing the Chemical Mole Concept*. DAI. 45 : 2473A.
- Walker, D. and Lambert, L. (1995). *The Constructivist Leader*. Newyork Teacher College

Press.

Waters, H. S. (1982). Memory Development in Adolescence: Relationships between Metamemory, Strategies Use and Performance. *Journal of Experimental Child Psychology*. 33(1) : 183-195.

Weir, J.J. (1974, April). Problem Solving in Everybody' Problem. *Science Teacher*. 16-17.

Xiaodong, L. (2001). Educational and Tecnology Research Development. *Educational and Technology Research Development*. 49(2) : 23-40.

Yu, S.L. (1997). *Cognitive Strategy Use and Motivation in Underachiving Students*. DAI. 57/11 : 4652A.

Zaltas, F.D. (1999). *Reflections and Arguments in The Construction of Shared Knowledge About The Bioethical Issues of Genetic Engineering (Seventh-Grade)*. DAI. 60/02 : 225A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1. รศ.สมจิต สวชนไพบูลย์ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. รศ.ดร.สุภาลักษณ์ ปรรัชญาสิทธิกุล | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. ผศ.ดร.ติลก ติลกานนท์ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 4. ดร.ราชันทร์ บุญธิมา | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 5. ผศ.ยอดกมล เทพรานนท์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 6. อาจารย์บุญช่วย พิชญวิวัฒน์ | โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี |
| 7. อาจารย์ภิญญาลักษณ์ ชีววิทยา | โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี |
| 8. อาจารย์สุนีต ฤทธิ์ประเสริฐ | โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี |
| 9. อาจารย์นิตยา อินทชัยศรี | โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี |
| 10. อาจารย์ศศิธร สีอ่อน | โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี |
| 11. อาจารย์จิรวรรณ เม่นลากเหมาะ | โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี |
| 12. อาจารย์เด่นดวง สุขพัฒน์ | โรงเรียนอุดรดิตถ์ดรุณี |
| 13. อาจารย์ดวงฤทัย ปันนาวัน | โรงเรียนตรอนตรีสินธุ์ |
| 14. อาจารย์พรธนา จักรน้ำอ่าง | โรงเรียนลับแลศรีวิทยา |

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (กลุ่มควบคุม)

รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร
เรื่อง น้ำมันและไขมัน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เวลา 4 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีความสามารถดังนี้

1. บอกองค์ประกอบของไขมันและน้ำมันได้
2. ระบุความสำคัญของไขมันและน้ำมันต่อร่างกายได้
3. อธิบายสาเหตุและหลักการที่ทำให้ไขมันกับน้ำมันแตกต่างกันได้
4. บอกความหมายของกรดไขมันจำเป็นและระบุแหล่งของกรดไขมันจำเป็นได้
5. อธิบายสาเหตุที่ทำให้ไขมันมีกลิ่นหืนได้
6. นำความรู้เกี่ยวกับไขมันและน้ำมันไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
7. อธิบายเทคโนโลยีเกี่ยวกับไขมันและน้ำมันได้
8. เสนอแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไขมันและน้ำมันในห้องถิ่นได้
9. เลือกใช้น้ำมัน รวมทั้งเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากไขมันและน้ำมันได้
10. มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

11. มีจิตวิทยาศาสตร์ ด้านความสนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

แนวความคิดหลัก

ไขมันและน้ำมันมีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก มีอยู่ในเนื้อสัตว์และเมล็ดพืช มีบทบาทสำคัญต่อร่างกาย ไขมันกับน้ำมันมีสถานะต่างกันที่อุณหภูมิห้อง กรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีโครงสร้างต่างกันที่การมีพันธะเดี่ยวหรือคู่ ในน้ำมันแต่ละชนิดประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณต่างกัน กรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิ่มตัวได้เรียกว่าปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันใช้เป็นหลักการผลิตเนยเทียมและครีมเทียม กรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้เรียกว่ากรดไขมันจำเป็น เมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเกิดกลิ่นเหม็นหืน เมื่อไขมันรวมตัวกับคอเลสเตอรอลในเลือดและเกาะที่ผนังหลอดเลือดจะทำให้เกิดโรคหัวใจขาดเลือดและสมองขาดเลือด ไขมันและน้ำมันรวมตัวกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดสบู่เรียกว่าปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน

เนื้อหาสาระ

ไขมันและน้ำมันมีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก เป็นสารชีวโมเลกุลที่

จำเป็นต่อร่างกาย มีอยู่ในเนื้อสัตว์และเมล็ดพืช บทบาทสำคัญคือป้องกันการกระแทก ป้องกันการสูญเสียความร้อน ช่วยให้ร่างกายอบอุ่น ป้องกันการสูญเสียน้ำ ช่วยให้ผิวหนังชุ่มชื้น ช่วยให้ผมและเล็บสุขภาพดี ช่วยละลายวิตามินเอ อี ดี และ เค และให้พลังงาน เมื่อกลีเซอรอล (glycerol) รวมตัวกับกรดไขมัน(fatty acid) เกิดเป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ถ้าเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องเรียกไขมัน เป็นของเหลวเรียกน้ำมัน กรดไขมันที่มีโครงสร้างเป็นคาร์บอนที่ต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมดและส่วนท้ายเป็นหมู่คาร์บอกซิล(carboxyl) เป็นกรดไขมันอิ่มตัว(saturated fatty acid) ถ้ามีพันธะคู่แทรกอยู่เรียกกรดไขมันไม่อิ่มตัว(unsaturated fatty acid) ในน้ำมันสัตว์มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อยกว่าน้ำมันพืช กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิ่มตัวได้เรียกว่าปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation) ใช้เป็นหลักการผลิตเนยเทียมและครีมเทียม กรดไขมันส่วนใหญ่ร่างกายสังเคราะห์ได้เอง กรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้เรียกว่ากรดไขมันจำเป็น ซึ่งมีมากในเมล็ดพืช น้ำมันที่ได้รับความร้อนสูงจะสลายตัวเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล เมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สลายออกมาทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะเกิดกลิ่นเหม็นหืน ในน้ำมันพืชมีวิตามินอีช่วยชะลอปฏิกิริยานี้ได้ ในอุตสาหกรรมใช้วิธีเติมวิตามินอีลงไป คอเลสเตอรอล (cholesterol) เป็นสารที่พบในเลือดและส่วนประกอบต่าง ๆ ของร่างกาย มีหน้าที่ช่วยสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศ สร้างน้ำดี สร้างสารสเตอรอล(sterol) ใต้ผิวหนังเพื่อให้แสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นวิตามินดี และเป็นฉนวนของเส้นประสาท คอเลสเตอรอลมีมากในไข่แดง เครื่องในสัตว์ และอาหารทะเล ถ้าร่างกายมีคอเลสเตอรอลมาก ไขมันบางส่วนจะรวมตัวกับคอเลสเตอรอลในเลือดและเกาะที่ผนังหลอดเลือดทำให้เกิดอุดตัน เกิดโรคหัวใจขาดเลือดและสมองขาดเลือด ไขมันและน้ำมันรวมตัวกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดสบู่เรียกว่าปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (saponification) ประโยชน์อื่น ๆ ของไขมันคือเคลือบผิวผลไม้ ใบไม้และก้าน ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำและป้องกันการทำลายจากเชื้อราและศัตรูพืชขนาดเล็ก ไขมันที่ขนสัตว์ช่วยป้องกันการเปียกน้ำ ไขมันจากรังผึ้งหรือขี้ผึ้งและไขมันจากต้นปาล์มใช้เคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ รถยนต์และพื้น ไขมันจากเมล็ดโจโจบาใช้ทำเทียนไขและเป็นส่วนประกอบของลิปสติก ไชลาโนลินจากขนสัตว์ใช้ผสมสบู่และครีมทาผิว

แหล่งอ้างอิง : 1. หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 4 ว033 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) กระทรวงศึกษาธิการ

2. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน สารและสมบัติของสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

.

.

.

.

.

.

.

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (กลุ่มควบคุม)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (15 นาที)

1.1 ครูนำสถิติการเสียชีวิตของประชาชนในท้องถิ่นมาให้แก่นักเรียนดู แล้วมุ่งศึกษาเฉพาะการเสียชีวิตที่เกิดจากการได้รับสารอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งในปริมาณที่ไม่พอเหมาะ โดยเฉพาะไขมันและน้ำมัน

1.2 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันยกตัวอย่างอาหารต่าง ๆ ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบมาก ๆ อภิปรายถึงการกินอาหารของคนในท้องถิ่น ส่วนประกอบ สถานะ กระบวนการผลิตสารเหล่านี้ สาเหตุของโรคอ้วนและผลจากโรคอ้วน รวมทั้งคุณภาพชีวิตด้านอาหารและด้านสุขภาพของคนในท้องถิ่น

1.3 นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ แล้วบันทึกเป็นขอบเขตและเป้าหมายที่ต้องการเรียนรู้ในใบงาน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (60 นาที)

2.1 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 4 คน

2.2 ครูตั้งคำถามว่า หากร่างกายขาดไขมันแล้วจะดำรงชีวิตอยู่ได้หรือไม่

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นบทบาทสำคัญของไขมันต่อร่างกาย

2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายถึงบทบาทของไขมันต่อร่างกาย ร่วมกันสรุปทั้งชั้นเรียนแล้วบันทึกในใบงาน

2.5 ครูถามว่า วัยรุ่นบางคนที่ต้องการรักษาหุ่นให้ผอมบาง มีโอกาสขาดวิตามินหรือไม่ เพราะเหตุใด ให้นักเรียนตอบในใบงาน

2.6 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงโครงสร้างของไขมันและกรดไขมันจากสมการการเกิดไขมันและน้ำมันที่ครูนำเสนอบนกระดานดำ โดยให้สังเกตความแตกต่างของโครงสร้างกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว บันทึกไว้ในใบงาน

2.7 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการทดลองเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์จากการใช้ทิงเจอร์ไอโอดีน โดยกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ลงมือทดลอง บันทึกข้อมูลในใบงาน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (45 นาที)

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง

3.2 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันเรียงลำดับน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด บันทึกในใบงาน

3.3 ครูตั้งคำถามว่า ผลการตรวจสอบเปรียบเทียบน้ำมันแต่ละชนิด ต่างกันอย่างไร

3.4 ครูตั้งคำถามว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

เพราะเหตุใด

3.5 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปผลจากการทดลอง บันทึกในใบงาน

3.6 ครูตั้งคำถามว่า เราจะกำหนดเกณฑ์ในการเลือกซื้อไขมันและน้ำมันในท้องตลาดมาบริโภคอย่างไร

3.7 นักเรียนแต่ละกลุ่มสำรวจส่วนประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมันในท้องตลาดเพื่อกำหนดเกณฑ์ในการเลือกซื้อมาบริโภคเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี

3.8 นักเรียนแต่ละคนศึกษาข้อมูลจากตารางแสดงปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันบางชนิด แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3.9 ครูตั้งคำถามว่า

3.9.1 เมื่อนำน้ำมันชนิดต่าง ๆ ไปแช่ในตู้เย็น ชนิดใดจะแข็งตัวเป็นไข เพราะเหตุใด
ตอบในใบงาน

3.9.2 จากตาราง กรดไขมันชนิดใดมีพันธะคู่มากที่สุด และชนิดใดมีพันธะคู่ที่น้อยที่สุดเพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

3.9.3 จากตาราง น้ำมันชนิดใด เหมาะแก่การบริโภคมากที่สุด เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

4. ขั้นขยายความรู้ (90 นาที)

4.1 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันอภิปรายจากสมการของปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันที่ครูนำเสนอ

4.2 ครูตั้งคำถามว่า เมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนแล้วจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เรียกชื่อปฏิกิริยานี้ว่าอย่างไร และนำหลักการนี้ไปใช้ประโยชน์อย่างไร ตอบลงในใบงาน

4.3 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงความหมายและแหล่งของกรดไขมันจำเป็น ตอบในใบงาน

4.4 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้น้ำมันมีกลิ่นเหม็นหืน

4.5 ครูตั้งคำถามว่า

4.5.1 น้ำมันพืชกับน้ำมันสัตว์ ชนิดใดเหม็นหืนง่ายกว่ากัน เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

4.5.2 มีวิธีการใดบ้างที่จะลดการเหม็นหืนของน้ำมัน ตอบในใบงาน

4.5.3 เหตุใดจึงไม่ควรรับประทานอาหารทอดที่ใช้ไขมันเก่าทอดซ้ำๆ ตอบในใบงาน

4.6 ให้นักเรียนแต่ละคนยกตัวอย่างและอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไขมันและน้ำมัน หรือการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ตอบในใบงาน

4.7 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงความหมายของคอเลสเตอรอลและแหล่งอาหารที่มีคอเลสเตอรอลมาก และสาเหตุของโรคหลอดเลือดหัวใจขาดเลือด ตอบในใบงาน

4.8 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทดลองใช้ไขมันทำปฏิกิริยากับเบสแก่เพื่อให้เกิดสบู่ โดยออกแบบสร้างสรรค์เอง แล้วนำเสนอเปรียบเทียบกัน พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดและกระบวนการผลิตบันทึกในใบงาน

4.9 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงเทคโนโลยีที่นำไขมันและน้ำมันไปเป็นสารตั้งต้นผลิตสิ่ง

ต่าง ๆ

4.10 นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอกระบวนการแก้ปัญหา เมื่อต้องเลือกซื้อปาต่องโก๋มา
รับประทาน

4.11 นักเรียนแต่ละคนเสนอแนวคิดในการออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากไขมันและ
น้ำมันในท้องถิ่น บันทึกในใบงาน

4.12 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน

5. ชั้นประเมินผล (30 นาที)

5.1 ให้นักเรียนแต่ละคนย้อนกลับไปอ่านขอบเขตและเป้าหมายในการเรียนรู้ แล้วตรวจสอบว่าตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่มได้เรียนรู้ตามที่ตั้งเป้าหมายครบถ้วนหรือไม่เพียงใด ถ้ายังไม่ครบถ้วนจะอย่างไรต่อไป (อาจสอบถามให้ครูอธิบายเพิ่มเติม สอบถามให้เพื่อนอธิบาย หรือวางแผนสืบค้นเพิ่มเติม)

5.2 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย

5.3 ให้นักเรียนบันทึกหลังเรียน

5.4 ครูให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ จาก
เกณฑ์การให้คะแนน สมุดบันทึก รายงานการทดลอง และผลงาน หากข้อมูลไม่เพียงพอสัมภาษณ์
เพิ่มเติม

วัสดุ อุปกรณ์

1. น้ำมันพืชบรรจุขวดชนิดต่าง ๆ
 2. น้ำมันหมู
 3. น้ำมันมะพร้าว
 4. ทิงเจอร์ไอโอดีน
 5. น้ำกลั่น
 6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
 7. ปีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 และ 250 cm^3
 8. ตะเกียงแอลกอฮอล์ พร้อมที่กั้นลม ตะแกรงลวด ไม้ขีดไฟ และปากคีบไม้
 9. หลอดหยด
 10. แท่งแก้วคนสาร
 11. หลอดทดลองขนาดกลาง
 12. ขวดน้ำมันพืช หนึ่งโก๋ทอด กล่องกะทิ ปาท่องโก๋ เนย ขนมหั้ว เมล็ดพืช กุ้ง หอยนางรม
- ปู ขวดน้ำมันพืช หนึ่งโก๋ทอด กล่องกะทิ ปาท่องโก๋ เนย ขนมหั้ว เมล็ดพืช

ปลาหมึก เนยเทียม สบู่ และลิปสติก

สื่อ และแหล่งการเรียนรู้

1. รูปภาพอาหาร การประกวดเทพธิดาช้าง คนเป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด
2. แผนภูมิแสดงสมการการเกิดไขมัน และโครงสร้างของไขมัน
3. ตารางแสดงปริมาณไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันบางชนิด
4. ตารางและรูปภาพแสดงปริมาณคอเลสเตอรอล
5. รูปภาพแสดงคอเลสเตอรอลและไขมันในเส้นเลือด
6. ห้องสมุด
7. ชุมชน
8. ฐานข้อมูล Internet

http://www.bangkokhealth.com/heart_htdoe/heart_heart_detail.asp?Number=9149

Web.ku.ac.th/schoolnet/snet5/topic8/fathhtml

ใบงานที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ชื่อ..... เลขที่

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ชื่อเรื่อง

1. ขอบเขตและเป้าหมายของประเด็นที่จะเรียนรู้ที่ครูและนักเรียนทั้งหมดกำหนดร่วมกัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. บทบาทของไขมันต่อร่างกายมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

3. วิจัยบางคนที่ต้องการรักษาหุ่นให้ผอมบาง มีโอกาสขาดวิตามินหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

4. น้ำมันกับไขมันต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

5. ไขมันและน้ำมันเกิดจากการรวมตัวของสารประกอบใดบ้าง

.....

.....

6. โครงสร้างกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร และมีผลต่อปฏิกิริยาอย่างไร

.....

.....

7. บันทึกผลการทดลองเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์จากการใช้ทิงเจอร์ไอโอดีน

ปัญหา

สมมติฐาน

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

8. จงเรียงลำดับน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

.....

9. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

10. เมื่อนำน้ำมันชนิดต่าง ๆ ไปแช่ในตู้เย็น น้ำมันชนิดใดจะแข็งตัวเป็นไข เพราะเหตุใด

.....

.....

11. จากตาราง กรดไขมันชนิดใดมีพันธะคู่มากที่สุด และชนิดใดมีพันธะคู่่น้อยที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

12. จากตาราง น้ำมันชนิดใด เหมาะแก่การบริโภคมากที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

13. เมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนแล้วจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เรียกชื่อปฏิกิริยานี้ว่าอย่างไร และนำหลักการนี้ไปใช้ประโยชน์อย่างไร

.....

.....

.....

14. จงบอกความหมายและแหล่งของกรดไขมันจำเป็น

.....

15. การเหม็นหืนของน้ำมันเกิดได้อย่างไร และน้ำมันพืชกับน้ำมันสัตว์ ชนิดใดเหม็นหืนง่ายกว่ากัน เพราะเหตุใด

.....

.....

16. มีวิธีการใดบ้างที่ชะลอการเหม็นหืนของน้ำมัน

.....

17. เหตุใดจึงไม่ควรรับประทานอาหารทอดที่ใช้ไขมันเก่าทอดซ้ำๆ

.....

18. ให้นักเรียนยกตัวอย่างและอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไขมันและน้ำมัน หรือการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

19. โรคหลอดเลือดหัวใจขาดเลือดมีสาเหตุมาจากอะไร

.....

.....

20. แนวคิด ชื่อปฏิกิริยาเคมี และกระบวนการผลิตของกลุ่มในการใช้ไขมันทำปฏิกิริยากับเบสแก่เพื่อให้เกิดสบู่

.....

.....

.....

.....

22. กระบวนการแก้ปัญหาเมื่อต้องเลือกซื้อปาต่องโก๋จาก 3 ร้าน มารับประทานอย่างปลอดภัยจากโรคหัวใจขาดเลือด เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัว

ปัญหา

สาเหตุของปัญหา

ปัญหาที่จะนำไปสู่การตรวจสอบปาต่องโก๋

สมมติฐาน

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

การทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหา

.....

.....

ข้อสรุปที่คาดว่าจะได้

เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจะอย่างไรต่อไป

.....

.....

.....

23. แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไขมันและน้ำมันในท้องถิ่น

.....

.....

.....

.....

24. สรุปเนื้อหาเกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน

.....

.....

.....

.....

25. บันทึกหลังเรียน

ด้านความรู้

.....

.....

.....

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ด้านอื่น ๆ

.....

.....

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (กลุ่มทดลองที่ 1)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (15 นาที)

1.1 ครูนำสถิติการเสียชีวิตของประชาชนในท้องถิ่นมาให้นักเรียนดู แล้วมุ่งศึกษาเฉพาะการเสียชีวิตที่เกิดจากการได้รับสารอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งในปริมาณที่ไม่พอเหมาะ โดยเฉพาะไขมันและน้ำมัน

1.2 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันยกตัวอย่างอาหารต่าง ๆ ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบมาก ๆ อภิปรายถึงการกินอาหารของคนในท้องถิ่น ส่วนประกอบ สถานะ กระบวนการผลิตสารเหล่านี้ สาเหตุของโรคอ้วนและผลจากโรคอ้วน รวมทั้งคุณภาพชีวิตด้านอาหารและด้านสุขภาพของคนในท้องถิ่น

1.3 ให้นักเรียนร่วมกันบอกประสบการณ์เดิม และร่วมกันตั้งคำถามสิ่งที่ต้องการรู้ จากเนื้อหาที่เกี่ยวกับเรื่องไขมันและน้ำมัน แล้วบันทึกในใบงาน (KWL) (กำหนดเป้าหมาย)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (60 นาที)

2.1 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 4 คน

2.2 ครูพุดนำทางว่า ไขมันมีบทบาทสำคัญต่อร่างกายหลายประการ โดยเฉพาะวัยรุ่น ไขมันมีส่วนเกี่ยวข้องกับสัดส่วนของร่างกายมาก และหากร่างกายขาดไขมันแล้ว จะดำรงชีวิตอยู่ได้หรือไม่ อย่างไร ให้สืบค้นดู (นำทางด้วยความคิด)

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นบทบาทของไขมันต่อร่างกาย

2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันถึงบทบาทของไขมันต่อร่างกาย บันทึกในใบงาน

2.5 ครูถามว่า วัยรุ่นบางคนที่ต้องการรักษาหุ่นให้ผอมบาง มีโอกาสขาดวิตามินหรือไม่ เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน (คำถามระดับสูง)

2.6 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงโครงสร้างของไขมันและกรดไขมันจากสมการการเกิดไขมันและน้ำมันที่ครูนำเสนอบนกระดานดำ โดยให้สังเกตความแตกต่างของโครงสร้างกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว บันทึกในใบงาน (คิดออกเสียง) (พุดสื่อสารสองทาง)

2.7 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการทดลองเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์จากการใช้ทิงเจอร์ไอโอดีน โดยกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ลงมือทดลอง บันทึกข้อมูลในใบงาน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (45 นาที)

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง (พุดถ่ายทอด)

3.2 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันเรียงลำดับน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด บันทึกในใบงาน

3.3 ครูถามว่าผลการตรวจสอบเปรียบเทียบน้ำมันแต่ละชนิด ต่างกันอย่างไร

3.4 ครูถามว่านักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

3.5 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปผลจากการทดลอง บันทึกในใบงาน

3.6 ครูพุดนำทางว่า น้ำมันในท้องตลาดประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณต่างกัน เนื่องจากโครงสร้างต่างกัน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีเราจะใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการเลือกซื้อ มาบริโภค ให้สำรวจดู (นำทางความคิด)

3.7 ให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาข้อมูลจากตารางแสดงปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมัน บางชนิด แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3.8 ครูถามว่า

3.8.1 เมื่อนำน้ำมันชนิดต่าง ๆ ไปแช่ในตู้เย็น น้ำมันชนิดใดจะแข็งตัวเป็นไข เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

3.8.2 จากตาราง กรดไขมันชนิดใดมีพันธะคู่มากที่สุด และชนิดใดมีพันธะคู่ น้อยที่สุด เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

3.8.3 จากตาราง น้ำมันชนิดใด เหมาะแก่การบริโภคมากที่สุด เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

4. ขั้นขยายความรู้ (90 นาที)

4.1 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันอภิปรายจากสมการของปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันที่ครูนำเสนอ

4.2 ครูถามว่า เมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนแล้วจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เรียกชื่อปฏิกิริยานี้ว่าอย่างไร และนำหลักการนี้ไปใช้ประโยชน์อย่างไร ตอบในใบงาน

4.3 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงความหมายและแหล่งของกรดไขมันจำเป็น ตอบในใบงาน

4.4 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ไขมันมีกลิ่นเหม็นหืน

4.5 ครูถามว่า น้ำมันพืชกับน้ำมันสัตว์ ชนิดใดเหม็นหืนง่ายกว่ากัน เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

4.6 มีวิธีการใดบ้างที่จะลดการเหม็นหืนของไขมัน ตอบในใบงาน

4.7 เหตุใดจึงไม่ควรรับประทานอาหารทอดที่ใช้ไขมันเก่าทอดซ้ำๆ ตอบในใบงาน

4.8 ให้นักเรียนแต่ละคนยกตัวอย่างและอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไขมันและน้ำมัน หรือการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ตอบในใบงาน

4.9 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงความหมายของคอเลสเตอรอลและแหล่งอาหารที่มีคอเลสเตอรอลมาก และสาเหตุของโรคหลอดเลือดหัวใจขาดเลือด ตอบในใบงาน

4.10 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทดลองใช้ไขมันทำปฏิกิริยากับเบสแก่เพื่อให้เกิดสบู่ โดยออกแบบสร้างสรรค์เอง แล้วนำเสนอเปรียบเทียบกัน พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดและกระบวนการผลิตบันทึกในใบงาน

4.12 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงเทคโนโลยีที่นำไขมันและน้ำมันไปเป็นสารตั้งต้นผลิตสิ่งต่าง ๆ

4.13 นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอกระบวนการแก้ปัญหา จากการเลือกซื้อปาตองโกมา

รับประทานอย่างปลอดภัย

4.14 นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอแนวคิดในการออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากไขมันและน้ำมันในห้องถิ่น บันทึกในใบงาน (คิดออกเสียง) (พูดถ่ายทอด)

4.15 นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดเกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน (เชื่อมโยงความคิดหลัก)

5. ขั้นประเมินผล (30 นาที)

5.1 ให้นักเรียนแต่ละคนย้อนกลับไปอ่านบันทึกประสบการณ์เดิม สิ่งที่ต้องการรู้ และขอบเขตเป้าหมาย แล้วพูดและบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ และตรวจสอบว่าตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่มได้เรียนรู้ตามที่ตั้งเป้าหมายครบถ้วนหรือไม่เพียงใด ถ้ายังไม่ครบถ้วนจะอย่างไรต่อไป (อาจสอบถามให้ครูอธิบายเพิ่มเติม สอบถามให้เพื่อนอธิบาย หรือวางแผนสืบค้นเพิ่มเติม) (คำถามประเมินผล) (KWL)

5.2 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย

5.3 ให้นักเรียนบันทึกหลังเรียน

5.4 ครูให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ จากเกณฑ์การให้คะแนน สมุดบันทึก รายงานการทดลอง และผลงาน หากข้อมูลไม่เพียงพอใช้วิธีสัมภาษณ์เพิ่มเติม

ใบงานที่ 1 (กลุ่มทดลองที่ 1) ชื่อ..... เลขที่

ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ชื่อเรื่อง

1. ประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน	สิ่งที่ต้องการรู้เกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน

2. บทบาทของไขมันต่อร่างกายมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

3. วิจัยรุ่นบางคนที่ต้องการรักษาหุ่นให้ผอมบาง มีโอกาสขาดวิตามินหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

4. น้ำมันกับไขมันต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

5. ไขมันและน้ำมันเกิดจากการรวมตัวของสารประกอบใดบ้าง

.....

6. โครงสร้างกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร และมีผลต่อปฏิกิริยาอย่างไร

.....

.....

7. บันทึกผลการทดลองเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์จากการใช้ทิงเจอร์ไอโอดีน

ปัญหา

สมมติฐาน

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

8. จงเรียงลำดับน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

.....

9. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

10. เมื่อนำน้ำมันชนิดต่างๆ ไปแช่ในตู้เย็น น้ำมันชนิดใดจะแข็งตัวเป็นไข เพราะเหตุใด

.....

.....

11. จากตาราง กรดไขมันชนิดใดมีพันธะคู่มากที่สุด และชนิดใดมีพันธะคู่่น้อยที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

12. จากตาราง น้ำมันชนิดใด เหมาะแก่การบริโภคมากที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

13. เมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนแล้วจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เรียกชื่อปฏิกิริยานี้ว่าอย่างไร และนำหลักการนี้ไปใช้ประโยชน์อย่างไร

.....

14. จงบอกความหมายและแหล่งของกรดไขมันจำเป็น

15. การเหม็นหืนของน้ำมันเกิดได้อย่างไร และน้ำมันพืชกับน้ำมันสัตว์ ชนิดใดเหม็นหืนง่ายกว่ากันเพราะเหตุใด

16. มีวิธีการใดบ้างที่ชะลอการเหม็นหืนของน้ำมัน

17. เหตุใดจึงไม่ควรรับประทานอาหารทอดที่ใช้ไขมันเก่าทอดซ้ำๆ

18. ให้นักเรียนยกตัวอย่างและอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไขมันและน้ำมัน หรือการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

19. โรคหลอดเลือดหัวใจขาดเลือดมีสาเหตุมาจากอะไร

20. แนวคิด ชื่อปฏิกิริยาเคมี และกระบวนการผลิตของกลุ่มในการใช้ไขมันทำปฏิกิริยากับเบสแก่เพื่อให้เกิดสบู่

21. กระบวนการแก้ปัญหาเมื่อต้องเลือกซื้อปาต่องโก๋จาก 3 ร้าน มารับประทานอย่างปลอดภัยจากโรคหัวใจขาดเลือด เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัว

ปัญหา

สาเหตุของปัญหา

ปัญหาที่จะนำไปสู่การตรวจสอบปาต่องโก๋

สมมติฐาน

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

การทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหา

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ด้านอื่น ๆ

.....

.....

.....

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (กลุ่มทดลองที่ 2)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (15 นาที)

1.1 ครูนำสถิติการเสียชีวิตของประชาชนในท้องถิ่นมาให้นักเรียนดู แล้วมุ่งศึกษาเฉพาะการเสียชีวิตที่เกิดจากการได้รับสารอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งในปริมาณที่ไม่พอเหมาะ โดยเฉพาะไขมันและน้ำมัน

1.2 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันยกตัวอย่างอาหารต่าง ๆ ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบมาก ๆ อภิปรายถึงการกินอาหารของคนในท้องถิ่น ส่วนประกอบ สถานะ กระบวนการผลิตสารเหล่านี้ สาเหตุของโรคอ้วนและผลจากโรคอ้วน รวมทั้งคุณภาพชีวิตด้านอาหารและด้านสุขภาพของคนในท้องถิ่น

1.3 ครูถามว่า ก่อนเรียนเรื่องไขมันและน้ำมันเราจะประเมินความรู้เดิมของตนเองอย่างไร เพราะเหตุใด (ความตระหนักรู้เกี่ยวกับปัญหา)

1.4 ให้นักเรียนร่วมกันบอกประสบการณ์เดิม และตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการรู้ จากเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องไขมันและน้ำมัน แล้วบันทึกในใบงาน (KWL) (กำหนดเป้าหมาย)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (60 นาที)

2.1 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มละ 4 คน

2.2 ครูพุดนำทางว่า ไขมันมีบทบาทสำคัญต่อร่างกายหลายประการ โดยเฉพาะวิตามินไขมันมีผลต่อสัดส่วนของร่างกายมาก และหากร่างกายขาดไขมันแล้วจะดำรงชีวิตอยู่ได้หรือไม่ อย่างไร ให้สืบค้นดู (นำทางความคิด)

2.3 ครูถามว่า การคิดตามที่ครูพุดนำทางก่อนสืบค้นมีประโยชน์ต่อการสืบค้นอย่างไร ตอบในใบงาน (ความตระหนักรู้เกี่ยวกับปัญหา)

2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นบทบาทของไขมันต่อร่างกาย

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันถึงบทบาทของไขมันต่อร่างกาย บันทึกในใบงาน

2.6 ครูถามว่า วิตามินบางคนที่ต้องการรักษาหุ่นให้ผอมบาง มีโอกาสขาดวิตามินหรือไม่ เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

2.7 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงโครงสร้างของไขมันและกรดไขมันจากสมการการเกิดไขมันและน้ำมันที่ครูนำเสนอบนกระดานดำ โดยให้สังเกตความแตกต่างของโครงสร้างกรดไขมันไม่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว บันทึกในใบงาน (คิดออกเสียง) (พูดสื่อสารสองทาง)

2.8 ครูถามว่า การวางแผนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ ทำอย่างไร เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน (ความตระหนักรู้เกี่ยวกับปัญหา)

2.9 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการทดลองเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์จากการใช้ทิงเจอร์ไอโอดีน โดยกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ลงมือทดลอง บันทึกข้อมูลในใบงาน

3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (60 นาที)

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง แล้วนักเรียนทั้งหมดร่วมกันเรียงลำดับน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ตอบในใบงาน (พูดถ่ายทอด)

3.2 ครูถามว่า การนำเสนอผลการทดลองที่ดีทำอย่างไรและมีประโยชน์อย่างไร (ความตระหนักภูมิปัญญา)

3.3 ครูถามว่า ผลการตรวจสอบเปรียบเทียบน้ำมันแต่ละชนิด ต่างกันอย่างไร

3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ผลเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

3.5 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันสรุปผลจากการทดลอง บันทึกในใบงาน

3.6 ครูพุดนำทางว่า น้ำมันในท้องตลาดประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณต่างกัน เนื่องจากโครงสร้างต่างกัน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีเราจะใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการเลือกซื้อสบู่มาบริโภค ให้สำรวจดู (นำทางความคิด)

3.7 ครูถามว่า การคิดตามที่ครูพุดนำทางมีประโยชน์ต่อการสืบค้นอย่างไร (ความตระหนักภูมิปัญญา)

3.8 ให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาข้อมูลจากตารางแสดงปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันบางชนิด แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3.9 ครูถามว่า

3.9.1 เมื่อนำน้ำมันชนิดต่าง ๆ ไปแช่ในตู้เย็น น้ำมันชนิดใดจะแข็งตัวเป็นไข เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

3.9.2 จากตาราง กรดไขมันชนิดใดมีพันธะคู่มากที่สุด และชนิดใดมีพันธะคู่ที่น้อยที่สุดเพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

3.9.3 จากตาราง น้ำมันชนิดใด เหมาะแก่การบริโภคมากที่สุด เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

4. ชั้นขยายความรู้ (90 นาที)

4.1 นักเรียนทั้งหมดร่วมกันอภิปรายจากสมการของปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันที่ครูนำเสนอ

4.2 ครูถามว่า เมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนแล้วจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เรียกชื่อปฏิกิริยานี้ว่าอย่างไร และนำหลักการนี้ไปใช้ประโยชน์อย่างไร ตอบในใบงาน

4.3 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงความหมายและแหล่งของกรดไขมันจำเป็น ตอบในใบงาน

4.4 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ไขมันมีกลิ่นเหม็นหืน

4.5 ครูถามว่า

4.5.1 น้ำมันพืชกับน้ำมันสัตว์ ชนิดใดเหม็นหืนง่ายกว่ากัน เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน

4.5.2 มีวิธีการใดบ้างที่จะลดการเหม็นหืนของน้ำมัน ตอบในใบงาน

4.5.3 เหตุใดจึงไม่ควรรับประทานอาหารทอดที่ใช้ไขมันเก่าทอดซ้ำๆ ตอบในใบงาน

4.6 ให้นักเรียนแต่ละคนยกตัวอย่างและอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไขมันและน้ำมัน หรือการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ตอบในใบงาน

4.7 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงความหมายของคอเลสเตอรอลและแหล่งอาหารที่มีคอเลสเตอรอลมาก และสาเหตุของโรคหลอดเลือดหัวใจขาดเลือด ตอบในใบงาน

4.8 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทดลองใช้ไขมันทำปฏิกิริยากับเบสแก่เพื่อให้เกิดสบู่ โดยออกแบบสร้างสรรค์เอง แล้วนำเสนอเปรียบเทียบกัน พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดและกระบวนการผลิตบันทึกในใบงาน

4.9 นักเรียนทั้งหมดอภิปรายถึงเทคโนโลยีที่นำไขมันและน้ำมันไปเป็นสารตั้งต้นผลิตสิ่งต่าง ๆ

4.10 นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอกระบวนการแก้ปัญหา เมื่อต้องซื้อปาตองโกมารับประทานอย่างปลอดภัย

4.11 นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอแนวคิดในการออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากไขมันและน้ำมันในห้องถิ่น บันทึกในใบงาน (คิดออกเสียง) (พูดถ่ายทอด)

4.12 ครูถามว่า การเสนอแนวคิดออกแบบผลิตภัณฑ์มีประโยชน์อย่างไร

4.13 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปเชื่อมโยงความคิดเกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน (เชื่อมโยงความคิดหลัก)

4.14 ครูถามว่า การสรุปเชื่อมโยงความคิดทำอย่างไร และมีประโยชน์อย่างไร (ความตระหนักรู้แก้ปัญหา)

5. ชั้นประเมินผล (30 นาที)

5.1 ครูถามว่า เราจะประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองอย่างไร เพราะเหตุใด ตอบในใบงาน (ความตระหนักรู้แก้ปัญหา)

5.2 ให้นักเรียนแต่ละคนย้อนกลับไปอ่านบันทึกประสบการณ์เดิม สิ่งที่ต้องการรู้ และขอบเขตเป้าหมาย แล้วพูดและบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ และตรวจสอบว่าได้เรียนรู้ตามที่ตั้งเป้าหมายครบถ้วนหรือไม่เพียงใด ถ้ายังไม่ครบถ้วนจะอย่างไรต่อไป (อาจสอบถามให้ครูอธิบายเพิ่มเติม สอบถามให้เพื่อนอธิบาย หรือวางแผนสืบค้นเพิ่มเติม) (คำถามประเมินผล) (KWL)

5.3 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย

5.4 ให้นักเรียนบันทึกหลังเรียน

5.5 ครูให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนจิตวิทยาศาสตร์ จากเกณฑ์การให้คะแนน สมุดบันทึก รายงานการทดลอง และผลงาน หากข้อมูลไม่เพียงพอใช้วิธีสัมภาษณ์เพิ่มเติม

ใบงานที่ 1 (กลุ่มทดลองที่ 2) ชื่อ.....เลขที่

ชื่อหน่วยการเรียนรู้..... ชื่อเรื่อง

1. ก่อนเรียนเรื่องไขมันและน้ำมันเราจะประเมินความรู้เดิมของตนเองอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

2. ประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน	สิ่งที่ต้องการรู้เกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน

3. การคิดตามที่ครูพุดนำทางก่อนสืบค้นมีประโยชน์ต่อการสืบค้นอย่างไร

.....

.....

.....

4. บทบาทของไขมันต่อร่างกายมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

5. วิจัยบางคนที่ต้องการรักษาหุ่นให้ผอมบาง มีโอกาสขาดวิตามินหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

6. น้ำมันกับไขมันต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

7. ไขมันและน้ำมันเกิดจากการรวมตัวของสารประกอบใดบ้าง

.....

8. โครงสร้างกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร และมีผลต่อปฏิกิริยาอย่างไร

.....

.....

9. การวางแผนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ ทำอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

10. บันทึกผลการทดลองเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์จากการใช้ทิงเจอร์ไอโอดีน

ปัญหา

สมมติฐาน

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

11. จงเรียงลำดับน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

.....

.....

12. การนำเสนอที่ดีทำอย่างไร และมีประโยชน์อย่างไร

.....

.....

13. สรุปผลการทดลอง

.....

14. เมื่อนำน้ำมันชนิดต่าง ๆ ไปแช่ในตู้เย็น น้ำมันชนิดใดจะแข็งตัวเป็นไข เพราะเหตุใด

.....

.....

15. จากตาราง กรดไขมันชนิดใดมีพันธะคู่มากที่สุด และชนิดใดมีพันธะคู่ น้อยที่สุด เพราะเหตุใด

.....

.....

16. จากตาราง น้ำมันชนิดใด เหมาะแก่การบริโภคมากที่สุด เพราะเหตุใด

.....

17. เมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนแล้วจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เรียกชื่อปฏิกิริยานี้ว่าอย่างไร และนำหลักการนี้ไปใช้ประโยชน์อย่างไร

.....

.....

18. จงบอกความหมายและแหล่งของกรดไขมันจำเป็น

.....

.....

19. การเหม็นหืนของน้ำมันเกิดได้อย่างไร และน้ำมันพืชกับน้ำมันสัตว์ ชนิดใดเหม็นหืนง่ายกว่ากันเพราะเหตุใด

.....

.....

20. มีวิธีการใดบ้างที่ชะลอการเหม็นหืนของน้ำมัน

.....

21. เหตุใดจึงไม่ควรรับประทานอาหารทอดที่ใช้ไขมันเก่าทอดซ้ำๆ

.....

22. ให้นักเรียนยกตัวอย่างและอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไขมันและน้ำมัน หรือการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

23. โรคหลอดเลือดหัวใจขาดเลือดมาสาเหตุมาจากอะไร

.....

.....

24. แนวคิด ชื่อปฏิกิริยาเคมี และกระบวนการผลิตของกลุ่ม ในการใช้ไขมันทำปฏิกิริยากับเบส
แก้มให้เกิดสบู่

25. กระบวนการแก้ปัญหาเมื่อต้องเลือกซื้อปาห้องโก้จาก 3 ร้าน มารับประทานอย่างปลอดภัย
จากโรคหัวใจขาดเลือด เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัว

ปัญหา

สาเหตุของปัญหา

ปัญหาที่จะนำไปสู่การตรวจสอบปาห้องโก้

สมมติฐาน

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

การทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหา

.....

.....

ข้อสรุปที่คาดว่าจะได้

เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจะอย่างไรต่อไป

26. แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากไขมันและน้ำมันในท้องถิ่น

.....

.....

.....

.....

.....

27. การนำเสนอแนวคิดออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์อย่างไร

.....

.....

28. เราจะประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

29. สรุปและเชื่อมโยงความคิดเกี่ยวกับไขมันและน้ำมัน

30. การสรุปและเชื่อมโยงความคิดเกี่ยวกับไขมันและน้ำมันทำอะไร และมีประโยชน์อย่างไร

.....

.....

31. สิ่งที่ได้เรียนรู้

--

32. บันทึกหลังเรียน

ด้านความรู้

.....

.....

.....

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ด้านจิตวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

ด้านอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบวัดความรู้วิทยาศาสตร์ (ปรนัย)

1. ไขมันและน้ำมันเกิดจากการรวมตัวของสารใดบ้าง
 - ก. กลีเซอรอลกับไตรกลีเซอไรด์
 - ข. กลีเซอรอลกับกรดไขมัน
 - ค. กรดไขมันกับไตรกลีเซอไรด์
 - ง. กลีเซอรอลกับกรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์
2. ข้อใดไม่ใช่บทบาทของไขมันและน้ำมันที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย
 - ก. ป้องกันการสูญเสียน้ำ
 - ข. ช่วยละลายวิตามิน
 - ค. ช่วยย่อยโปรตีน
 - ง. ป้องกันการกระแทก
3. ข้อใดเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น
 - ก. เมล็ดพืช
 - ข. ใบพืช
 - ค. ผลไม้
 - ง. ทุกส่วนของพืช
4. น้ำมันที่ได้รับความร้อนสูงจะสลายตัวเป็นองค์ประกอบย่อยเหมือนก่อนการรวมตัว ข้อใดอธิบายสาเหตุที่ทำให้เกิดสารใหม่ที่มีกลิ่นเหม็นหืนได้ถูกต้องมากที่สุด
 - ก. กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดสารใหม่
 - ข. กรดไขมันอิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดสารใหม่
 - ค. ไตรกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดสารใหม่
 - ง. กลีเซอรอลจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดสารใหม่
5. เหตุใดจึงผสมโซลานอลีนจากขนสัตว์ลงในสบู่และครีมทาผิว
 - ก. โซลานอลีนป้องกันไม่ให้ผิวแห้งเปื่อยน้ำ
 - ข. โซลานอลีนป้องกันการสูญเสียน้ำของผิวแห้ง
 - ค. โซลานอลีนทำให้ผิวแห้งอ่อนนุ่ม
 - ง. โซลานอลีนป้องกันไม่ให้ผิวแห้งขึ้นมากเกินไป
6. องค์ประกอบของกรดอะมิโนที่เป็นหน่วยย่อยของโปรตีนคือข้อใด
 - ก. หมู่อะมิโนกับกรดไขมัน
 - ข. หมู่อะมิโนกับกลีเซอรอล
 - ค. หมู่อะมิโนกับหมู่คาร์บอกซิล
 - ง. หมู่อะมิโนกับหมู่คาร์บอนิล

7. ข้อใดไม่ใช่บทบาทของโปรตีนที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย
 - ก. รักษาสมดุลของน้ำและสมดุลกรด-เบส
 - ข. ช่วยให้ผิวหนังชุ่มชื้นไม่หยابกร้าน
 - ค. เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์และฮอร์โมน
 - ง. เป็นส่วนประกอบสำคัญของเลือด
8. โครงสร้างของโปรตีนเป็นอย่างไร
 - ก. การเชื่อมต่อของกรดอะมิโนด้วยพันธะเพปไทด์
 - ข. การเชื่อมต่อของกรดอะมิโนกับฮีโมโกลบิน
 - ค. การเชื่อมต่อของกรดอะมิโนกับเคราติน
 - ง. การเชื่อมต่อของกรดอะมิโนกับหมู่คาร์บอกซิล
9. ข้อใดเป็นกรดอะมิโนจำเป็น
 - ก. กรดอะมิโนที่ร่างกายจำเป็นต้องสังเคราะห์ขึ้นมา
 - ข. กรดอะมิโนที่มีโครงสร้างเป็นก้อน
 - ค. กรดอะมิโนที่มีโครงสร้างเป็นเกลียว
 - ง. กรดอะมิโนที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้ ต้องได้จากอาหาร
10. ข้อใดไม่ใช่องค์ประกอบของน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม
 - ก. ไรโบส
 - ข. ฟรักโทส
 - ค. กาแลคโตส
 - ง. กลูโคส
11. ข้อใดเป็นบทบาทของคาร์โบไฮเดรต ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย
 - ก. ซ่อมแซมเนื้อเยื่อ
 - ข. เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์
 - ค. สร้างภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย
 - ง. ช่วยรักษาสมดุลของน้ำและสมดุลกรด-เบส
12. การทดสอบกลูโคสทำได้โดยให้กลูโคสทำปฏิกิริยากับสารใด แล้วจึงไปอุ่นในน้ำร้อน
 - ก. กรดไฮโดรคลอริก
 - ข. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์
 - ค. ทิงเจอร์ไอโอดีน
 - ง. สารละลายเบเนดิกต์

13. นิวคลีโอไทด์ ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของ DNA และ RNA ประกอบด้วยหน่วยย่อยอะไรบ้าง
- น้ำตาลกลูโคส ไนโตรจีนัสเบส และหมู่อะมิโน
 - น้ำตาลไรโบส ไนโตรจีนัสเบส และหมู่อะมิโน
 - น้ำตาลกลูโคส ไนโตรจีนัสเบส และหมู่ฟอสเฟต
 - น้ำตาลไรโบส ไนโตรจีนัสเบส และหมู่ฟอสเฟต
14. ข้อใดถูกต้อง
- DNA เป็นสารพันธุกรรม ส่วน RNA ช่วยสังเคราะห์โปรตีน
 - RNA เป็นสารพันธุกรรม ส่วน DNA ช่วยสังเคราะห์โปรตีน
 - ทั้ง DNA และ RNA เป็นทั้งสารพันธุกรรมและช่วยสังเคราะห์โปรตีน
 - DNA กับ RNA สลับกันทำหน้าที่เป็นทั้งสารพันธุกรรมและช่วยสังเคราะห์โปรตีน
15. ข้อใดไม่ใช่ ผลจากการที่ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และการดิวคัลลิก ในร่างกายขาดความสมดุล
- เกิดการเจ็บป่วย
 - เจริญเติบโตผิดปกติ
 - ถ่ายทอดพันธุกรรมผิดปกติ
 - ฮอร์โมนเพศผิดปกติ
16. ข้อใดกล่าวถึงการเกิดปิโตรเลียมใต้เปลือกโลกได้ถูกต้อง
- คาร์บอนกับไฮโดรเจนถูกกดทับด้วยความดันสูง อุณหภูมิสูง
 - คาร์บอนกับออกซิเจนถูกกดทับด้วยความดันสูง อุณหภูมิสูง
 - คาร์บอนกับไนโตรเจนถูกกดทับด้วยความดันสูง อุณหภูมิสูง
 - คาร์บอนถูกกดทับด้วยความดันสูง อุณหภูมิสูง
17. ข้อใดเป็นการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมในเบื้องต้น
- ศึกษาแหล่งหินที่ผิวโลก
 - ศึกษาแหล่งหินใต้ผิวโลก
 - ศึกษาแหล่งน้ำที่ผิวโลก
 - ศึกษาแหล่งน้ำใต้ผิวโลก
18. ถ้าน้ำมันดิบรั่วไหลจากท่อขนส่งในทะเลหรือเรือขนส่งทางทะเล จะเกิดผลอย่างไร
- ทำปฏิกิริยากับน้ำทะเล ทำให้ น้ำทะเลเน่าเสีย
 - จมลงใต้พื้นทะเล ทำให้พืชใต้ทะเลตาย
 - ลอยบนผิวน้ำทะเล ทำให้แสงแดดส่องลงใต้น้ำทะเลได้ น้อยลง
 - ระเหยขึ้นสู่อากาศ ทำให้เกิดก๊าซพิษ

19. สารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำปฏิกิริยากับสารใด ได้ผลิตภัณฑ์อะไร จึงเรียกว่า ปฏิกิริยาเผาไหม้
- ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน
 - ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ออกซิเจน น้ำ และพลังงาน
 - ทำปฏิกิริยากับน้ำ ได้ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และพลังงาน
 - ทำปฏิกิริยากับพลังงาน ได้ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ
20. การสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ ทำได้อย่างไร
- ให้ความร้อนสูง ความดันสูง เป็นเวลานานมากพอ
 - ให้ความร้อนสูง ความดันสูง ในพื้นที่จำกัด
 - ให้ความร้อนสูง ความดันสูง มีตัวเร่งที่เหมาะสม
 - ให้ความร้อนสูง ความดันสูง ในสภาพที่เป็นเบส
21. ข้อใดไม่ใช่สมบัติพิเศษของพลาสติก
- น้ำหนักเบา
 - เป็นฉนวนไฟฟ้าและฉนวนความร้อน
 - ขึ้นรูปเป็นทรงต่าง ๆ ได้ง่าย
 - ติดไฟยาก
22. พลาสติกชนิดใดสามารถหลอมซ้ำได้หลายครั้ง
- พอลิเอทิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์
 - พอลิสไตรีน อีพอกซี
 - อีพอกซี พอลิเอสเทอร์
 - พอลิเอสเทอร์ ในลอน
23. ข้อใดเป็นเทคโนโลยีเกี่ยวกับพลาสติก
- การนำพลาสติกมาละลายเป็นกาว
 - การผลิตพลาสติกที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้
 - การทำลายพลาสติกโดยการเผา
 - การหลอมพลาสติกแล้วขึ้นรูปใหม่
24. ยางสังเคราะห์ต่างจากยางธรรมชาติอย่างไร
- ทนต่อความร้อนและทนต่อตัวทำละลายอินทรีย์ดีกว่า
 - ทนต่อน้ำมันเบนซินและทนต่อตัวทำละลายอินทรีย์ดีกว่า
 - ยืดหยุ่นและต้านทานแรงดึงดีกว่า
 - เป็นฉนวนไฟฟ้าและฉนวนความร้อนที่ดีกว่า

25. ข้อใดเป็นกระบวนการทำเส้นใยสังเคราะห์จากปฏิกาย
- ละลายในสารละลายกรดซัลฟิวริก แล้วฉีดลงในสารละลายแอมโมเนีย
 - ละลายในสารละลายกรดซัลฟิวริก แล้วฉีดลงในน้ำกลั่น
 - ละลายในสารละลายแอมโมเนีย แล้วฉีดลงในน้ำกลั่น
 - ละลายในสารละลายแอมโมเนีย แล้วฉีดลงในสารละลายกรดซัลฟิวริก
26. ปรากฏการณ์ใดที่อาจสังเกตได้เด่นชัด ขณะเกิดปฏิกิริยาเคมี
- ฟองแก๊ส ตะกอน ความร้อน สี
 - ตะกอน ความร้อน สี เสียง
 - ความร้อน สี เสียง ฟองแก๊ส
 - สี เสียง ฟองแก๊ส ตะกอน
27. นำสาร A ไปหยดใส่บีกเกอร์ที่มีสาร B แล้วใช้มือแตะบีกเกอร์รู้สึกร้อน เป็นปฏิกิริยาชนิดใด
- ดูดความร้อน
 - คายความร้อน
 - ทั้งดูดความร้อน และคายความร้อน
 - ข้อมูลไม่พอ สรุปไม่ได้
28. ข้อใดไม่ใช่ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
 - $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$
 - $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{NaCl} + \text{KNO}_3 \longrightarrow \text{NaNO}_3 + \text{KCl}$
29. การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทำได้อย่างไร
- วัดปริมาณสารเริ่มต้นที่ลดลงในหนึ่งหน่วยเวลา
 - วัดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ลดลงในหนึ่งหน่วยเวลา
 - วัดปริมาณสารเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา
 - วัดทั้งปริมาณสารเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้นและผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา
30. ข้อใดไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์
 - พื้นที่ผิวของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา
 - อุณหภูมิ
 - ตัวเร่งปฏิกิริยา

31. $^{22}_{11}\text{Na}$ มีจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน เท่าใดตามลำดับ
- 10 12 22
 - 10 10 12
 - 10 12 10
 - 12 10 10
32. ให้แบบจำลองอะตอม A เป็นแบบทรงกลม B เป็นแบบวงกลมหลายวงเรียงซ้อนกัน C เป็นแบบกลุ่มหมอก จงเรียงลำดับแบบจำลองอะตอมที่ค้นพบตามช่วงเวลาจากเก่าไปใหม่
- C B A
 - A B C
 - B A C
 - A C B
33. $^{12}_6\text{C}$ $^{13}_6\text{C}$ $^{14}_6\text{C}$ เป็น 3 ไอโซโทปของคาร์บอน ข้อใดอธิบายไอโซโทปทั้ง 3 ได้ถูกต้อง
- โปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน แต่นิวตรอนไม่เท่ากัน
 - นิวตรอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน แต่โปรตอนไม่เท่ากัน
 - โปรตอนและนิวตรอนเท่ากัน แต่อิเล็กตรอนไม่เท่ากัน
 - ทั้งโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน ไม่เท่ากัน
34. แรงยึดเหนี่ยวในอะตอมเกิดได้อย่างไร
- แรงดึงดูดของอิเล็กตรอนกับนิวตรอน
 - แรงดึงดูดของนิวตรอนกับโปรตอน
 - แรงดึงดูดของโปรตอนกับนิวเคลียส
 - แรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับนิวเคลียส
35. การบรรจุธาตุลงในตารางธาตุปัจจุบัน มีการจัดเรียงอย่างไร
- เรียงตามเลขอะตอม โดยใช้สมบัติทางไฟฟ้าประกอบ
 - เรียงตามมวลอะตอม โดยใช้สมบัติทางไฟฟ้าประกอบ
 - เรียงตามเลขอะตอม โดยใช้สมบัติทางกายภาพและทางเคมีประกอบ
 - เรียงตามมวลอะตอม โดยใช้สมบัติทางกายภาพและทางเคมีประกอบ
36. $^{23}_{11}\text{Na}$ มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนอย่างไร
- 2 9
 - 2 8 1
 - 2 8 2
 - 2 8 8 5

37.

สาร A		สาร B		สาร C	
จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)
-101	-35	-7	59	114	184

จากสมบัติของธาตุ 3 สถานะในตาราง ธาตุไอโอดีน โบรมีน และคลอรีน ตามลำดับคือข้อใด

ก. C B A

ข. C A B

ค. B C A

ง. A B C

38. พันธะเคมีหมายถึงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสิ่งใดกับสิ่งใด

ก. อิเลคตรอนกับโปรตอนในอะตอมเดียวกัน

ข. อะตอมหนึ่งกับอีกอะตอมหนึ่ง

ค. นิวเคลียสกับนิวตรอนในอะตอมเดียวกัน

ง. อิเลคตรอนของอะตอมหนึ่งกับอิเลคตรอนของอีกอะตอมหนึ่ง

39. สารประกอบไอออนิกเกิดได้อย่างไร

ก. ธาตุเสียอิเล็กตรอน

ข. ธาตุรับอิเล็กตรอน

ค. ไอออนบวกยึดเหนี่ยวกับไอออนลบ

ง. ไอออนบวกแลกเปลี่ยนพลังงานกับไอออนลบ

40. ธาตุใดมีความไวต่อปฏิกิริยามากที่สุด

ก. Li

ข. Be

ค. F

ง. He

.

.

.

.

.

.

.

.

.

แบบวัดความรู้วิทยาศาสตร์ (อัตรัย) และเกณฑ์การให้คะแนน

1. จงจัดรายการอาหารมื้อเย็น 1 มื้อ ที่ส่งเสริมคุณภาพชีวิตและไม่ทำให้เป็นโรคอ้วน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

คำตอบ : ข้าวสวย กับข้าว เครื่องดื่ม และผลไม้ ที่มีสารอาหารครบ 5 หมู่ และมีไขมันน้อย

คะแนน	คำตอบ
4	รายการอาหารมีสารอาหารครบ 5 หมู่ มีไขมันน้อย และอธิบายเหตุผลที่ส่งเสริมคุณภาพชีวิตได้ชัดเจน
3	รายการอาหารมีสารอาหารครบ 5 หมู่ มีไขมันน้อย แต่อธิบายเหตุผลที่ส่งเสริมคุณภาพชีวิตไม่ชัดเจน
2	รายการอาหารมีสารอาหารไม่ครบ 5 หมู่ หรือมีไขมันน้อย
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. จงออกแบบผลิตภัณฑ์จากไขมันและน้ำมันมา 1 ชนิด พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดและวิธีการผลิตโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และข้อดีหรือจุดเด่นของผลิตภัณฑ์

คำตอบ : เนยเทียม ครีมเทียม สบู่ ซีฟู้ด เทียนไข เครื่องสำอาง วัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ หรืออื่น ๆ

- เนยเทียมและครีมเทียม ได้จากการนำน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนที่ความดันสูง โดยมีแพลททินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นของแข็งมากขึ้น เรียกว่าปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันหรือปฏิกิริยาเติมไฮโดรเจน

- ครีมเทียม ได้จากการนำเมล็ดปาล์มมาสกัดเอาน้ำมันแล้วระเหยจนแห้งเป็นผง

- สบู่ได้จากการนำน้ำมันมะพร้าวหรือน้ำมันสัตว์มาทำปฏิกิริยาเคมีกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(โซดาไฟ) เรียกว่าปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน แล้วผสมโซลानอลินจากขนสัตว์เพื่อช่วยให้ผิวหนังนุ่ม แล้วผสมสารกลิ่นหอมหรือสารกำจัดแบคทีเรีย

- ซีฟู้ด ได้จากรังผึ้ง

- เทียนไข และลิปสติก ได้จากการสกัดเมล็ดโจโจบา

- วัสดุเคลือบผิวเฟอร์นิเจอร์ ได้จาก การสกัดไขหนูบาร์จากต้นปาล์มบราซิล

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และข้อดีหรือจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องชัดเจน
3	ระบุผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้อง แต่อธิบายแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และข้อดีหรือจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ อย่างใดอย่างหนึ่งไม่ชัดเจน
2	ระบุผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้อง แต่อธิบายแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และข้อดีหรือจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ไม่ถูกต้องหรือไม่ชัดเจน
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

3. ถ้าเราประกอบอาหารประจำวัน จงระบุเกณฑ์ในการเลือกซื้อน้ำมัน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

คำตอบ : 1. มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว เพราะกรดไขมันอิ่มตัวจะรวมตัวกับคอเลสเตอรอลมาอุดตันเส้นเลือด

2. สะอาด หรือสีไม่ขุ่น เพราะถ้าสีขุ่นอาจมีสารพิษเจือปน

3. ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน เพราะอาจมีสารก่อมะเร็ง

4. ไม่มีตะกอน เพราะอาจมีสารพิษเจือปน

5. บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปลอดภัย เพราะสารพิษในภาชนะบางชนิดละลายในน้ำมันได้

6. ราคาไม่แพงเกินไป เพราะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้อง 4 เกณฑ์ขึ้นไป พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบถูกต้อง
3	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้อง 3 เกณฑ์ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบถูกต้อง
2	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้อง 2 เกณฑ์ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบถูกต้อง
1	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้อง 1 เกณฑ์ หรือ ไม่อธิบายเหตุผลประกอบ หรืออธิบายไม่ถูกต้อง

4. จงอธิบายกระบวนการทางเทคโนโลยีเก็บรักษาโปรตีนให้อยู่ได้นาน

คำตอบ : เป็นเทคโนโลยีที่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม เช่น ใช้สารฆ่าแบคทีเรีย ใช้ความร้อน ใช้ความเย็น ใช้การบรรจุกระป๋อง หรือวิธีการถนอมอาหารอื่น ๆ

คะแนน	คำตอบ
4	ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม พร้อมทั้งอธิบายกระบวนการอย่างชัดเจน
3	ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม แต่อธิบายกระบวนการไม่ค่อยชัดเจน
2	ใช้เทคโนโลยีที่ไม่ค่อยเหมาะสม หรืออธิบายกระบวนการไม่ชัดเจน
1	ใช้เทคโนโลยีที่ไม่เหมาะสม หรือไม่อธิบายกระบวนการ

5. จงจัดรายการอาหารมื้อเย็น 1 มื้อ สำหรับคนในครอบครัว ที่อุดมไปด้วยโปรตีน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

คำตอบ : ข้าวสวย กับข้าวที่มีโปรตีนสูง เครื่องดื่ม และผลไม้

คะแนน	คำตอบ
4	รายการอาหารมีคุณค่าทางโปรตีนสูง และอธิบายเหตุผลประกอบอย่างชัดเจน
3	รายการอาหารมีคุณค่าทางโปรตีนสูง แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ค่อยชัดเจน
2	รายการอาหารมีคุณค่าทางโปรตีนไม่สูง หรืออธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
1	รายการอาหารมีคุณค่าทางโปรตีนต่ำ หรือไม่อธิบายเหตุผลประกอบ

6. จงระบุเกณฑ์ในการเลือกกินอาหารโปรตีน ที่ส่งเสริมคุณภาพชีวิต พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

- คำตอบ : 1. สดใหม่ เพราะอาหารสดใหม่จะปลอดภัย
 2. สะอาด เพราะจะได้ไม่มีสารอื่นเจือปน
 3. ไม่มีสารพิษเจือปน เพราะสารพิษจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย
 4. มีกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณมาก เพราะร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้
 5. มีคุณค่าทางชีววิทยาหรือมีปริมาณโปรตีนสูง เพราะโปรตีนเป็นสิ่งที่ร่างกายต้องการ
 6. ปรุงสุกแล้ว เพราะอาหารดิบอาจเป็นพิษ
 7. ราคาไม่แพงมาก เพราะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้อง 4 เกณฑ์ขึ้นไปพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ
3	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้อง 3 เกณฑ์ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ
2	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้อง 2 เกณฑ์ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ
1	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้อง 1 เกณฑ์ หรือไม่อธิบายเหตุผลประกอบ

7. เหตุใดน้ำตาลโรโบส ฟรักโทส กาแลกโทส และกลูโคส จึงมีความหวานแตกต่างกัน

คำตอบ : จำนวนอะตอมของคาร์บอนไม่เท่ากัน จำนวนหมู่ฟังก์ชันไม่เท่ากัน ตำแหน่งของแต่ละฟังก์ชันต่างกัน ทำให้โครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้มีสมบัติต่างกัน

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุถูกต้อง 4 สาเหตุ
3	ระบุถูกต้อง 3 สาเหตุ
2	ระบุถูกต้อง 2 สาเหตุ
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

8. จงอธิบายกระบวนการทางเคมี ในการทำสุราแช่พื้นบ้าน

คำตอบ : เริ่มจากกระบวนการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล โดยเอนไซม์อะไมเลสที่อยู่ในลูกแป้งย่อยแป้งในข้าวหรือน้ำผลไม้เป็นมอลโทส แล้วเอนไซม์มอลเทสย่อยมอลโทสเป็นกลูโคส จากนั้นเป็นกระบวนการหมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ โดยยีสต์ในลูกแป้งหรือส่าเหล้าย่อยกลูโคสเป็นเอทิลแอลกอฮอล์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นจึงนำมากลั่นลำดับส่วนจนได้สุราแช่พื้นบ้าน

คะแนน	คำตอบ
4	อธิบายกระบวนการทางเคมีได้อย่างถูกต้องชัดเจนทั้ง 2 กระบวนการ
3	อธิบายกระบวนการทางเคมีได้อย่างถูกต้องชัดเจนกระบวนการเดียว
2	อธิบายกระบวนการทางเคมีทั้ง 2 กระบวนการไม่ค่อยชัดเจน
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

9. เมื่ออดนอนมาก ร่างกายอ่อนเพลีย นักเรียนจะกินอาหารอะไรจึงจะหายอ่อนเพลียได้เร็ว

เพราะเหตุใด

คำตอบ : น้ำตาลกลูโคส เพราะร่างกายนำไปใช้เป็นพลังงานได้ทันทีโดยไม่ต้องย่อย

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุอาหารได้ถูกต้อง เหมาะสม และอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้องชัดเจน
3	ระบุอาหารได้ถูกต้อง แต่ไม่ค่อยเหมาะสม และอธิบายเหตุผลได้อย่างถูกต้องชัดเจน
2	ระบุอาหารได้ถูกต้อง แต่ไม่ค่อยเหมาะสม และอธิบายเหตุผลได้ไม่ชัดเจน
1	ระบุอาหารไม่ถูกต้อง หรือไม่เหมาะสม หรือไม่อธิบายเหตุผล

10. จงจัดรายการอาหาร 1 มื้อ สำหรับคนท้องผูก พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

คำตอบ : ข้าวสวย กับข้าวที่มีผัก และผลไม้หรืออาหารที่มีเส้นใยเซลลูโลสมาก ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการย่อยเป็นไปด้วยดี

คะแนน	คำตอบ
4	รายการอาหารมีผักและผลไม้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ
3	รายการอาหารมีผักและผลไม้ อย่างใดอย่างหนึ่ง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ
2	รายการอาหารมีผักและผลไม้ แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

11. จงยกตัวอย่างการนำสารที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์มา 3 ช่วงจุดเดือด

พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

1. ช่วงจุดเดื่อนน้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส ได้แก่ แก๊สหุงต้ม เพราะติดไฟง่าย ค่าความร้อนสูง ราคาถูก

2. ช่วงจุดเดื่อน 30-110 องศาเซลเซียส ได้แก่ ตัวทำละลายเคมี เพราะเป็นของเหลวที่ละลายสารต่าง ๆ ได้ดี

3. ช่วงจุดเดื่อน 65-170 องศาเซลเซียส ได้แก่ น้ำมันเบนซิน เพราะเป็นของเหลวที่ติดไฟง่าย ให้พลังงานสูง

4. ช่วงจุดเดื่อน 170-250 องศาเซลเซียส ได้แก่ น้ำมันก๊าด น้ำมันเครื่องบินไอพ่น เพราะเป็นของเหลวที่ติดไฟง่าย ให้พลังงานสูง

5. ช่วงจุดเดื่อน 250-340 องศาเซลเซียส ได้แก่ น้ำมันดีเซล เพราะเป็นของเหลวที่ติดไฟง่าย ให้พลังงานสูง ราคาถูก

6. ช่วงจุดเดื่อนมากกว่า 350 องศาเซลเซียส ได้แก่ น้ำมันหล่อลื่น เพราะช่วยหล่อลื่นเครื่องยนต์ได้ดี

7. ช่วงจุดเดื่อนมากกว่า 400 องศาเซลเซียส ได้แก่ น้ำมันเตา(ใช้ในโรงไฟฟ้า เพราะค่าความร้อนสูง ราคาถูก) เทียนไข จารบี และยางมะตอย เพราะมีความหนืดเหมาะสม

คะแนน	คำตอบ
4	ยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์ได้ถูกต้อง ครบ 3 ช่วงจุดเดือด พร้อมอธิบายเหตุผล
3	ยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์ได้ถูกต้อง 2 ช่วงจุดเดือด พร้อมอธิบายเหตุผล
2	ยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์ได้ถูกต้อง 1 ช่วงจุดเดือด พร้อมอธิบายเหตุผล
1	ยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์ไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบายเหตุผล

12. จงอธิบายการเกิด การนำไปใช้งาน ข้อดี และข้อเสีย ของแก๊สชีวภาพ

คำตอบ : เกิดจากการหมักสารอินทรีย์หรือมูลสัตว์ นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม ข้อดีคือ ต้นทุนต่ำ ทำง่าย ข้อเสียคือกลิ่น อันตรายจากอัคคีภัย

คะแนน	คำตอบ
4	อธิบายได้ถูกต้องครบ 4 ประเด็น
3	อธิบายได้ถูกต้อง 3 ประเด็น
2	อธิบายได้ถูกต้อง 2 ประเด็น
1	อธิบายได้ถูกต้อง 1 ประเด็น

13. จงเสนอแนวคิดในการพัฒนาพลังงานทดแทนปิโตรเลียม

คำตอบ : พลังงานจากน้ำ ลม คลื่นทะเล แสงอาทิตย์ ได้เปลือกโลก แก๊สโซฮอลล์ ขยะ เศษวัสดุ เศษชิ้นส่วนพืช น้ำมันพืช ขี้เลื่อย แกลบ ฟางข้าว หรืออื่น ๆ

คะแนน	คำตอบ
4	แนวคิดมีความเป็นไปได้ เหมาะสม และอธิบายแนวคิดอย่างชัดเจน
3	แนวคิดมีความเป็นไปได้ เหมาะสม แต่อธิบายแนวคิดไม่ค่อยชัดเจน
2	แนวคิดมีความเป็นไปได้น้อย หรือไม่ค่อยเหมาะสม และได้อธิบายแนวคิด
1	ไม่อธิบายแนวคิด

14. ถ้าต้องการใช้ภาชนะพลาสติกใส่อาหาร จงระบุเกณฑ์และคุณสมบัติของพลาสติกที่นักเรียน เลือกใช้ พร้อมทั้งให้เหตุผล

- คำตอบ : 1. สีไม่ขุ่น เพราะสีขุ่นอาจละลายง่าย
 2. ไม่เป็นพลาสติกกรีไซเคิล เพราะอาจละลายง่าย
 3. ทนความร้อน เพราะอาหารมักร้อน
 4. ไม่มีรอยขีดข่วน เพราะอาจอ่อนเกินไปสลายตัวในอาหารได้ง่าย

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเกณฑ์และคุณสมบัติที่ถูกต้องเหมาะสม 4 เกณฑ์ขึ้นไป พร้อมอธิบายเหตุผล
3	ระบุเกณฑ์และคุณสมบัติที่ถูกต้องเหมาะสม 3 เกณฑ์ พร้อมอธิบายเหตุผล
2	ระบุเกณฑ์และคุณสมบัติที่ถูกต้องเหมาะสม 2 เกณฑ์ พร้อมอธิบายเหตุผล
1	ระบุเกณฑ์และคุณสมบัติที่ถูกต้องเหมาะสม 1 เกณฑ์ หรือไม่อธิบายเหตุผล

15. จงออกแบบผลิตภัณฑ์จากพลาสติกชนิดต่าง ๆ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

คำตอบ : ออกแบบได้อย่างเหมาะสมกับสมบัติของพลาสติกชนิดนั้น ๆ และเหมาะกับการใช้งาน

คะแนน	คำตอบ
4	ออกแบบได้อย่างเหมาะสมกับสมบัติของพลาสติกชนิดนั้น ๆ เหมาะกับการใช้งาน และอธิบายเหตุผลประกอบอย่างชัดเจน
3	ออกแบบได้อย่างเหมาะสมกับสมบัติของพลาสติกชนิดนั้น ๆ เหมาะกับการใช้งาน แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ออกแบบไม่ค่อยเหมาะสมกับสมบัติของพลาสติกชนิดนั้น ๆ หรือไม่เหมาะกับการใช้งาน
1	ออกแบบไม่เหมาะสมกับสมบัติของพลาสติกชนิดนั้น ๆ หรือไม่เหมาะกับการใช้งาน หรือไม่อธิบายเหตุผลประกอบ

16. จงยกตัวอย่างการเลือกนำพลาสติกแต่ละชนิดมาใช้งานอย่างเหมาะสม 4 ตัวอย่าง พร้อมอธิบายเหตุผล

คำตอบ : 1. พอลิเอทิลีน ใช้ทำถุง พลาสติก ดอกไม้ ภาชนะ ของเล่น เพราะอ่อนตัว ดัดเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่าย

2. พอลิโพรพิลีน ใช้ทำโต๊ะ เก้าอี้ เชือก บรรจุภัณฑ์อาหาร พรม ชิ้นส่วนรถยนต์ เพราะมีความแข็งแรง ทนทานต่อแรงขีดข่วนและแรงกระแทก

3. พอลิสไตรีน ใช้ทำโฟม เลนส์ ของเล่น อุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์กีฬา เครื่องมือสื่อสาร เพราะมีความยืดหยุ่นพอเหมาะ

4. พอลิไวนิลคลอไรด์ ใช้ทำกระดาดติดผนัง ภาชนะบรรจุสารเคมี รองเท้า กระเบื้องปูพื้น ฉนวนหุ้มสายไฟ ท่อพีวีซี เพราะ ทนต่อสารเคมี

5. ไนลอน ใช้ทำเครื่องนุ่งห่ม ถูกรอง พรม อวน แห เพราะยืดหยุ่นได้

6. พอลิยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ใช้ทำเต้าเสียบไฟฟ้า วัสดุเชิงวิศวกรรม เพราะแข็งแรง ทนต่อแรงบีบอัด

7. อีพอกซี ใช้ทำกาว สี สารเคลือบผิวหน้าวัสดุ เพราะแห้งเร็วและทนต่อการขีดข่วน

8. พอลิเอสเทอร์ ใช้ทำตัวถังรถยนต์ ตัวถังเรือ ใ้บุภายในเครื่องบิน เพราะมีน้ำหนักเบาและแข็งแรง

คะแนน	คำตอบ
4	ยกตัวอย่างได้อย่างเหมาะสมครบ 4 อย่าง
3	ยกตัวอย่างได้อย่างเหมาะสม 3 อย่าง
2	ยกตัวอย่างได้อย่างเหมาะสม 2 อย่าง
1	ยกตัวอย่างได้อย่างเหมาะสม 1 อย่าง

17. นักเรียนมีเกณฑ์ในการเลือกเสื้อผ้าที่ใช้หน้าร้อนอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

- คำตอบ : 1. ทำจากวัสดุที่ไม่ดูดเก็บความร้อนมาก เพราะจะร้อนช้า
 2. สีอ่อน เพราะจะไม่ดูดความร้อนมาก
 3. บาง เพราะจะเบาสวมใส่สบาย
 4. ซับเหงื่อได้ดี เพราะจะไม่เหนียวตัว

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเกณฑ์ที่เหมาะสมถูกต้อง 4 เกณฑ์ขึ้นไป และอธิบายเหตุผลอย่างชัดเจน
3	ระบุเกณฑ์ที่เหมาะสมถูกต้อง 3 เกณฑ์ขึ้นไป และอธิบายเหตุผลอย่างชัดเจน
2	ระบุเกณฑ์ที่เหมาะสมถูกต้อง 2 เกณฑ์ และอธิบายเหตุผลอย่างชัดเจน
1	ระบุเกณฑ์ที่เหมาะสมถูกต้อง 1 เกณฑ์ หรือไม่อธิบายแนวคิด

18. จงออกแบบผลิตภัณฑ์จากยางสังเคราะห์หรือเส้นใยสังเคราะห์ พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดโดยอาศัยความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบ

คำตอบ : ผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดของนักเรียน

คะแนน	คำตอบ
4	มีความเป็นไปได้ เหมาะสม มีคุณค่าต่อชีวิต และอธิบายแนวคิดจากความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน
3	มีความเป็นไปได้ เหมาะสม มีคุณค่าต่อชีวิต แต่อธิบายแนวคิดจากความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่ค่อยชัดเจน
2	มีความเป็นไปได้บ้าง หรือไม่ค่อยเหมาะสม หรือมีคุณค่าต่อชีวิตน้อย
1	ไม่มีความเป็นไปได้ หรือไม่อธิบายแนวคิดจากความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์

19. นักเรียนมีเกณฑ์ในการเลือกใช้สังเคราะห์หรือเส้นใยสังเคราะห์อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

- คำตอบ : 1. ไม่ละลายง่าย เพราะจะได้ใช้งานในที่ร้อนได้
 2. ไม่มีกลิ่น เพราะทำละลายสุขภาพ
 3. รีไซเคิลได้ เพราะเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
 4. คงทน เพราะจะได้ใช้งาน ๑
 5. ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ เพราะจะได้ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้องเหมาะสม 4 เกณฑ์ขึ้นไป พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ
3	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้องเหมาะสม 3 เกณฑ์ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ
2	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้องเหมาะสม 2 เกณฑ์ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ
1	ระบุเกณฑ์ที่ถูกต้องเหมาะสม 1 เกณฑ์ หรือไม่อธิบายเหตุผลประกอบ

20. จงยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีไปใช้ในชีวิตประจำวันมา 1 ตัวอย่าง

- คำตอบ : 1. รักษาอาหารไม่ให้บูดเน่าโดยเก็บในตู้เย็น อุณหภูมิต่ำทำให้ปฏิกิริยาเคมีช้าลง
 2. ทาน้ำมันโลหะเพื่อกันสนิม น้ำมันจะกันไม่ให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยาเคมีกับเหล็ก
 3. กินยารักษาโรคต่าง ๆ ยาจะไปทำปฏิกิริยาเคมีกับสารในร่างกาย
 4. ใส่ผงฟูในขนม ผงฟูจะเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้

ขนมฟู

5. ใช้ยาสีฟันแปรงฟัน สารเคมีในยาสีฟันจะทำปฏิกิริยาเคมีกับหินปูนที่เกาะตามฟัน

จนหลุดออกจากฟัน

คะแนน	คำตอบ
4	ยกตัวอย่างได้ถูกต้อง 4 ตัวอย่าง พร้อมอธิบายเหตุผลถูกต้อง
3	ยกตัวอย่างได้ถูกต้อง 3 ตัวอย่าง พร้อมอธิบายเหตุผลถูกต้อง
2	ยกตัวอย่างได้ถูกต้อง 2 ตัวอย่าง พร้อมอธิบายเหตุผลถูกต้อง
1	ยกตัวอย่างได้ถูกต้อง 1 ตัวอย่าง หรือไม่อธิบายเหตุผล

เกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่ โดยการเรียงลำดับ แยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปแบบตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม กราฟ สมการ และการเขียนบรรยาย โดยบอกเหตุผลในการเลือกการนำเสนอได้

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
แหล่งข้อมูลที่น่ามา	นำข้อมูลมาจากหลายแหล่ง เช่น จากการสังเกต จากการวัด จากการทดลอง และอื่น ๆ และนำมาแหล่งละหลายรายการ	นำข้อมูลมาจากหลายแหล่ง เช่น จากการสังเกต จากการวัด จากการทดลอง และอื่น ๆ แต่นำมาแหล่งละน้อยรายการ	นำข้อมูลมาจากน้อยแหล่ง และนำมาแหล่งละหลายรายการ	นำข้อมูลมาจากน้อยแหล่ง และนำมาน้อยรายการ
การจัดกระทำข้อมูล	จัดกระทำข้อมูลใหม่โดยการเรียงลำดับ แยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ชัดเจน และตรงประเด็นทุกครั้ง	จัดกระทำข้อมูลใหม่โดยการเรียงลำดับ แยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ชัดเจน และตรงประเด็นบ่อยครั้ง	จัดกระทำข้อมูลใหม่โดยการเรียงลำดับ แยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ชัดเจน และตรงประเด็นบางครั้ง	จัดกระทำข้อมูลใหม่โดยการเรียงลำดับ แยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ไม่ชัดเจน และไม่ตรงประเด็น
การนำเสนอข้อมูล	อธิบายเหตุผลในการเลือกการนำเสนอได้อย่างชัดเจน และตรงประเด็นทุกครั้ง	อธิบายเหตุผลในการเลือกการนำเสนอได้อย่างชัดเจน และตรงประเด็นบ่อยครั้ง	อธิบายเหตุผลในการเลือกการนำเสนอได้อย่างชัดเจน และตรงประเด็นบางครั้ง	อธิบายเหตุผลในการเลือกการนำเสนอไม่ชัดเจน และไม่ตรงประเด็น

2. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

หมายถึง ความสามารถในการอธิบายหรือสรุปเกินข้อมูลที่ได้อาจจากการสังเกตโดยตรง โดยเพิ่มความความคิดเห็นด้วย

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
การอธิบาย	อธิบายผลและข้อมูลได้อย่างชัดเจน และตรงประเด็นทุกครั้ง	อธิบายผลและข้อมูลได้ค่อนข้างชัดเจน และตรงประเด็นบ่อยครั้ง	อธิบายผลและข้อมูลได้ค่อนข้างชัดเจน และตรงประเด็นบางครั้ง	อธิบายผลและข้อมูลได้ไม่ชัดเจน และไม่ตรงประเด็น
การเพิ่มความเห็น	เพิ่มความเห็นข้อมูลอย่างมีเหตุผลทุกครั้ง	เพิ่มความเห็นข้อมูลอย่างมีเหตุผลบ่อยครั้ง	เพิ่มความเห็นข้อมูลอย่างมีเหตุผลบางครั้ง	ไม่เพิ่มความเห็นข้อมูลหรือมักเพิ่มความเห็นข้อมูลอย่างไม่มีเหตุผล

3. ทักษะการตั้งสมมติฐาน

หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง ที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามซึ่งอาจได้มาจากการสังเกต ความรู้หรือประสบการณ์เดิม

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
การหาคำตอบล่วงหน้า	พูดหรือเขียนแสดงคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยความรู้เดิมจากการสังเกต ด้วยการใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นกับตัวแปรตามได้อย่างสมเหตุสมผลทุกครั้ง	พูดหรือเขียนแสดงคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยความรู้เดิมจากการสังเกต ด้วยการใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นกับตัวแปรตามได้สมเหตุสมผลบ่อยครั้ง	พูดหรือเขียนแสดงคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยความรู้เดิมจากการสังเกต การใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นตัวแปรตามได้อย่างสมเหตุสมผลบางครั้ง	พูดหรือเขียนแสดงคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยความรู้เดิมจากการสังเกต ด้วยการใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นกับตัวแปรตามอย่างไม่สมเหตุสมผล

4. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในสมมติฐาน รวมทั้งความสามารถในการควบคุมและการเปลี่ยนค่าตัวแปร

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
การกำหนดตัวแปร	บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม ได้ถูกต้องทุกครั้ง	บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม ได้ถูกต้องบ่อยครั้ง	บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม ได้ถูกต้องบางครั้ง	บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม ไม่ถูกต้อง
บอกวิธีควบคุมตัวแปรต้นและตัวแปรควบคุม	บอกวิธีควบคุมตัวแปรต้นและตัวแปรควบคุมได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ทุกครั้ง	บอกวิธีควบคุมตัวแปรต้นและตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องและเหมาะสม บ่อยครั้ง	บอกวิธีควบคุมตัวแปรต้นและตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องและเหมาะสม บางครั้ง	บอกวิธีควบคุมตัวแปรต้นและตัวแปรควบคุม ไม่ถูกต้อง
บอกได้ว่าผลเกิดจากตัวแปรใด	บอกได้ว่าผลเกิดจากตัวแปรใดบ้าง อย่างถูกต้องทุกครั้ง	บอกได้ว่าผลเกิดจากตัวแปรใดบ้างอย่างถูกต้องบ่อยครั้ง	บอกได้ว่าผลเกิดจากตัวแปรใดบ้างอย่างถูกต้องเป็นบางครั้ง	ไม่สามารถบอกได้ว่าผลเกิดจากตัวแปรใดบ้าง

5. ทักษะการทดลอง

หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลองรูปแบบต่าง ๆ

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
ความสามารถในการออกแบบ	กำหนดวิธีการ อุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้อง เหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีทุกครั้ง	กำหนดวิธีการ อุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้อง เหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีบ่อยครั้ง	กำหนดวิธีการ อุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้อง เหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีบางครั้ง	กำหนดวิธีการ อุปกรณ์ สารเคมี ไม่ถูกต้อง ไม่เหมาะสม และใช้อย่างไม่ถูกวิธี
การปฏิบัติการทดลอง	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา ใช้อุปกรณ์และสารเคมี อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว และเหมาะสม ทุกครั้ง	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา ใช้ อุปกรณ์และสารเคมี อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว และเหมาะสมบ่อยครั้ง	ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา ใช้ อุปกรณ์และสารเคมีอย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว และเหมาะสมบางครั้ง	การทดลองไม่เป็นไปตามขั้นตอน ไม่ทันเวลา ใช้ อุปกรณ์และสารเคมี ไม่ถูกต้อง ไม่คล่องและไม่เหมาะสม

การบันทึกผล	บันทึกผล คล่องแคล่ว ถูกต้อง และออกแบบตาราง บันทึกผลที่ เหมาะสมกับข้อมูล ทุกครั้ง	บันทึกผลคล่อง แคล่ว ถูกต้อง และ ออกแบบตารางบันทึก ผลที่เหมาะสมกับ ข้อมูลบ่อยครั้ง	บันทึกผลคล่อง แคล่ว ถูกต้อง และ ออกแบบตารางบันทึก ผลที่เหมาะสมกับ ข้อมูลเป็นบางครั้ง	บันทึกผลไม่ คล่องแคล่ว ไม่ค่อย ถูกต้อง และ ออกแบบตาราง บันทึกผลไม่ เหมาะสมกับข้อมูล
-------------	---	---	--	--

6. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูล
ของข้อมูลเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม และอธิบายความสัมพันธ์ปรตาม

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
การแปล ความหมายข้อมูล	การแปลความหมาย ข้อมูลได้อย่าง ถูกต้องเหมาะสมทุก ครั้ง	การแปลความหมาย ข้อมูลได้ถูกต้อง เหมาะสมบ่อยครั้ง	การแปลความหมาย ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมบางครั้ง	การแปลความหมาย ข้อมูลไม่ถูกต้อง และ ไม่เหมาะสม
การใช้ทักษะอื่น ในการ ตีความหมาย ข้อมูล	ใช้ทักษะอื่นในการ ตีความหมายข้อมูล ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมทุกครั้ง	ใช้ทักษะอื่นในการ ตีความหมายข้อมูล ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมบ่อยครั้ง	ใช้ทักษะอื่นในการ ตีความหมายข้อมูลได้ อย่างถูกต้อง เหมาะสมบางครั้ง	ไม่ใช้ทักษะอื่นในการ ตีความหมายข้อมูล
การบอก ความสัมพันธ์ ของข้อมูล	บอกความสัมพันธ์ ของข้อมูลได้อย่างมี เหตุผลและถูกต้อง ทุกครั้ง	บอกความสัมพันธ์ ของข้อมูลได้อย่างมี เหตุผลและถูกต้อง บ่อยครั้ง	บอกความสัมพันธ์ ของข้อมูลได้อย่างมี เหตุผลและถูกต้อง บางครั้ง	บอกความสัมพันธ์ ของข้อมูลอย่างไม่มี เหตุผล และไม่ถูกต้อง
การสรุป ความสัมพันธ์ ของข้อมูล	สรุปความสัมพันธ์ ของข้อมูลได้อย่าง ถูกต้องทุกครั้ง	สรุปความสัมพันธ์ ของข้อมูลได้อย่าง ถูกต้องบ่อยครั้ง	สรุปความสัมพันธ์ของ ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง บางครั้ง	สรุปความสัมพันธ์ของ ข้อมูลได้ไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การให้คะแนนจิตวิทยาาสตร์

1. ความสนใจใฝ่รู้

หมายถึง พฤติกรรมที่เชื่อว่าการทดลองและค้นคว้าจะทำให้ค้นพบวิธีแก้ปัญหาได้ มีความใฝ่ใจ และพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ ๆ อยู่เสมอ

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
ความใฝ่ใจ และพอใจใคร่สืบเสาะหาความรู้	สืบเสาะหาความรู้ อยู่เสมอ และมีความพอใจในการหาความรู้	สืบเสาะหาความรู้ บ่อยครั้ง และมีความพอใจในการหาความรู้	สืบเสาะหาความรู้บ้าง และมีความพอใจบ้าง	ไม่ชอบสืบเสาะหาความรู้
ความกระตือรือร้น	มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เสมอ	มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ บ่อยครั้ง	มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เป็นบางครั้ง	ไม่มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ
การสนทนาแลกเปลี่ยน ชักถาม ฟัง อ่าน และสืบค้น	ชอบสนทนาแลกเปลี่ยน ชักถาม ฟัง อ่าน และสืบค้น อยู่เสมอ	ชอบสนทนาแลกเปลี่ยน ชักถาม ฟัง อ่าน และสืบค้น บ่อยครั้ง	สนทนาแลกเปลี่ยน ชักถาม ฟัง อ่าน และสืบค้น บ้างเป็นบางครั้ง	ไม่ชอบสนทนาแลกเปลี่ยน ชักถาม ฟัง อ่าน และสืบค้น

2. ความรอบคอบ

หมายถึง พฤติกรรมที่ยอมรับว่าความรอบคอบมีประโยชน์ เห็นคุณค่าของความรอบคอบ นำหลายวิธีการมาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน วางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลอง และทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
การตรวจสอบผล	ตรวจสอบผลโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ ทุกครั้ง	ตรวจสอบผลโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ บ่อยครั้ง	ตรวจสอบผลโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ บ้างเป็นบางครั้ง	ตรวจสอบผลโดยไม่ได้ใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ เสมอ
การจัดระบบในการทำงาน	ทำงานอย่างเป็นระบบเสมอทำงาน	ทำงานอย่างเป็นระบบเป็นส่วนใหญ่	ทำงานอย่างเป็นระบบเป็นบางครั้ง	ไม่มีการจัดระบบในการทำงาน
ความเรียบร้อยในการทำงาน	ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือตรวจคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลองเสมอ	ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือตรวจคุณภาพของเครื่องมือก่อนทดลองเป็นส่วนใหญ่	ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือตรวจคุณภาพของเครื่องมือก่อนทดลองเป็นบางครั้ง	ไม่ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือไม่ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลอง

3. การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

หมายถึง พฤติกรรมที่กล้าแสดงความคิดเห็นของตน รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้ง หรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตน ยอมรับการเปลี่ยนแปลง รับฟังความคิดเห็นที่ตนเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ และยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้และพร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
ความกล้าแสดงความคิดเห็น	กล้าแสดงความคิดเห็นของตนทุกครั้ง	กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเป็นบ่อยครั้ง	กล้าแสดงความคิดเห็นของตนบางครั้ง	ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตน
การรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็น	รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลทุกครั้ง	รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลบ่อยครั้ง	รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลบางครั้ง	ไม่รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผล
การยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้	ยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ทุกครั้ง	ยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้บ่อยครั้ง	ยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้บ้างเป็นบางครั้ง	ไม่ยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

4. ความมีเหตุผล

หมายถึง พฤติกรรมที่ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่าง ๆ ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้แต่จะพยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผล อธิบายหรือแสดงความคิดอย่างมีเหตุมีผล หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เสาะแสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านคำอธิบาย และรวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอเสมอก่อนจะลงสรุปเรื่อง

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ควรปรับปรุง(1)
การเห็นคุณค่าในการใช้เหตุผล	ไม่เชื่อโซกลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้	เชื่อโซกลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ บางครั้ง	เชื่อโซกลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ บ่อยครั้ง	เชื่อโซกลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้
การอธิบายความคิด	พยายามอธิบายหรือแสดงความคิดต่อสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผล พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้นทุกครั้ง	พยายามอธิบายหรือแสดงความคิด ต่อสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผล พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น บ่อยครั้ง	พยายามอธิบายหรือแสดงความคิด ต่อสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผล พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น บางครั้ง	ไม่พยายามอธิบายหรือแสดงความคิดต่อสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผล และไม่สนใจ หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น
การหาหลักฐานสนับสนุน	ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้และพยายามแสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อนับสนุนหรือคิดค้นคำอธิบายทุกครั้ง	ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้และพยายามแสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อนับสนุนหรือคิดค้นคำอธิบาย บ่อยครั้ง	ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้และแสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อนับสนุนหรือคิดค้นคำอธิบายเป็นบางครั้ง	ไม่ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และไม่แสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อนับสนุนหรือคิดค้นคำอธิบาย
การรวบรวมข้อมูลก่อนสรุป	รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอทุกครั้งก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ	รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอ บ่อยครั้งก่อนจะลงสรุปเรื่องราวต่าง ๆ	รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอเป็นบางครั้ง ก่อนจะลงสรุปเรื่องราวต่าง ๆ	ไม่เคยรวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอ

5. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

หมายถึง พฤติกรรมที่มีส่วนร่วมในการตัดสินใจกำหนดเป้าหมาย กำหนดกลวิธีเพื่อไปสู่เป้าหมาย และการประเมินผลงาน พร้อมทั้งจะปรับตัวและเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานให้เข้ากันได้กับผู้อื่น และมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ควรปรับปรุง(1)
การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจกำหนดเป้าหมาย การกำหนดกลวิธี การปฏิบัติงานกลุ่ม และการประเมินผลงานกลุ่ม	มีส่วนร่วมในการตัดสินใจทุกครั้ง	มีส่วนร่วมในการตัดสินใจบ่อยครั้ง	มีส่วนร่วมในการตัดสินใจบางครั้ง	ไม่มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ
มนุษยสัมพันธ์	มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่นตลอดเวลา	มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่นเป็นส่วนใหญ่	มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่นบางเวลา	ไม่มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น

แบบวัดความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง และเกณฑ์ให้คะแนน

สถานการณ์ที่ 1 ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้คะแนนมาก นักเรียนจะคิดวางแผนและปฏิบัติอย่างไร จงอธิบายแนวคิดอย่างละเอียด

1. นักเรียนได้วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของครุวิทยาาสตร์ที่สอนวิชานี้ และเกณฑ์การให้คะแนน ที่ส่งผลต่อคะแนน หรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

ลักษณะเฉพาะของครูที่ส่งผลต่อคะแนน มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

เกณฑ์การให้คะแนนของครู มีอะไรบ้าง แต่ละเกณฑ์จะมีผลต่อคะแนนของนักเรียนอย่างไร

○ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ลักษณะเฉพาะของครูได้แก่ มักออกข้อสอบใกล้เคียงกับแบบฝึกหัด ให้คะแนนภาคปฏิบัติด้วย เมตตาค้นตั้งใจเรียน ตรวจงานอย่างละเอียดเพื่อให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนได้แก่ การทำแบบฝึกหัดหลังเรียน ทักษะปฏิบัติการทดลอง

จิตวิทยาาสตร์ การทำโครงการวิทยาศาสตร์ และการสอบปลายภาค

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุลักษณะเฉพาะพร้อมเหตุผล และระบุเกณฑ์พร้อมผลต่อคะแนน
3	ระบุลักษณะเฉพาะ และระบุเกณฑ์ แต่ไม่ระบุเหตุผลหรือผลต่อคะแนน
2	ระบุลักษณะเฉพาะพร้อมเหตุผล และระบุเกณฑ์และผลต่อคะแนน แต่ไม่ระบุเหตุผลและผลต่อคะแนน
1	ไม่ได้วิเคราะห์

2. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์คุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีของตนเอง ที่จะส่งผลต่อคะแนนหรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

คุณสมบัติที่ดีของตนเองที่ส่งผลต่อคะแนนมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดีของตนเองที่ส่งผลต่อคะแนนมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : คุณสมบัติที่ดีได้แก่ ความตั้งใจเรียน ความขยันทำงาน ความตรงต่อเวลา ความสนใจใฝ่รู้ ความชอบวิชานี้ ความรู้สึกที่ดีต่อครู ความละเอียดรอบคอบ ความเรียบร้อยในการทำงาน การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดี ตรงข้ามกับคุณสมบัติที่ดี

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีพร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

3. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ความยาก หรือความง่าย ของการปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอนที่ได้ตอบไปแล้วในหน้า 1 หรือไม่ อย่างไร

☐ ได้วิเคราะห์

ความยากของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

ความง่ายของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ความยากของการปฏิบัติได้แก่ เนื้อหายาก ขั้นตอนมากและซับซ้อน เอาชนะใจตนเอง ไม่ได้มักท้อถอย ยากต่อการทำให้สำเร็จ ขาดแรงจูงใจและเป้าหมาย

ความง่ายของการปฏิบัติ ตรงข้ามกับความยาก

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความยาก ความง่าย พร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุความยาก ความง่าย แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุความยาก ความง่าย แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

4. นักเรียนได้กำหนดเป้าหมายของคะแนนที่ต้องการหรือไม่ อย่างไร

☐ ได้กำหนด

กำหนดเป้าหมายเท่าไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้กำหนด

เหตุใดจึงไม่กำหนด

คำตอบ : เกเรด ... หรือร้อยละ ...

คะแนน	คำตอบ
4	กำหนดเป้าหมายที่เป็นไปได้ พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	กำหนดเป้าหมายที่เป็นไปได้ แต่เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	กำหนดเป้าหมายที่เป็นไปได้ แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้กำหนด

5. เพราะเหตุผลใดนักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการและขั้นตอน ตามที่นักเรียนได้ตอบไปแล้วในหน้า 1

คำตอบ : เป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่เป้าหมาย ซึ่งสามารถปฏิบัติได้จริง

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเหตุผลอย่างชัดเจน
3	ระบุเหตุผลไม่ค่อยชัดเจน
2	ระบุเหตุผลไม่ชัดเจน
1	ไม่ระบุเหตุผล

6. นักเรียนได้**ทบทวนความคิด**เกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอน**ก่อนเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบหรือไม่** ว่าเป็นวิธีการและขั้นตอนที่**เหมาะสมมากน้อยเพียงใด**

☐ ได้ทบทวน

เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้ทบทวน

เหตุใดจึงไม่ทบทวน

คำตอบ : ทบทวนความเหมาะสมทั้งก่อนเขียนคำตอบ และระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ทบทวน

7. ถ้านักเรียนได้**ทบทวนความคิด**เกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนดังกล่าว นักเรียนได้**ปรับปรุงแก้ไข**ขั้นตอนใดก่อนที่จะเขียนคำตอบหรือ**ระหว่างเขียนคำตอบบ้างหรือไม่ อย่างไร**

☐ ได้ปรับปรุงแก้ไข

ปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

เพราะเหตุใดจึงไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

คำตอบ : ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ก่อนเขียนคำตอบ หรือ ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

8. เมื่อนักเรียนทราบคะแนนจากการวัดผลแต่ละครั้งแล้ว นักเรียนจะตรวจสอบข้อผิดพลาดของตนเอง หรือไม่ ถ้าตรวจสอบทำไมจึงต้องตรวจสอบ จะตรวจสอบเมื่อใด และจะตรวจสอบอย่างไร

- ☐ ต้องตรวจสอบ
จะตรวจสอบอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ต้องตรวจสอบ
เหตุใดจึงไม่ตรวจสอบ

คำตอบ : ตรวจสอบหลังทราบคะแนน เพื่อหาข้อบกพร่อง และนำมาปรับปรุงแก้ไข

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุวิธีตรวจสอบ พร้อมเหตุผลชัดเจน
3	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่เหตุผลไม่ชัดเจน
2	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่ไม่มีเหตุผล
1	ไม่ตรวจสอบ

สถานการณ์ที่ 2 ถ้านักเรียนส่งโครงการวิทยาศาสตร์เข้าประกวด เพื่อให้ได้รางวัล นักเรียนจะวางแผนและปฏิบัติอย่างไร จงอธิบายแนวคิดอย่างละเอียด

1. นักเรียนได้วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของกรรมการตัดสินแต่ละคน และเกณฑ์การให้คะแนน ที่ส่งผลต่อคะแนนและรางวัล หรือไม่ อย่างไร

- ☐ ได้วิเคราะห์
ลักษณะเฉพาะของกรรมการตัดสินที่ส่งผลต่อคะแนน มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ
เกณฑ์การให้คะแนนของกรรมการ มีอะไรบ้าง แต่ละเกณฑ์จะส่งผลต่อคะแนนของนักเรียนอย่างไร

- ☐ ไม่ได้วิเคราะห์
เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ลักษณะเฉพาะของกรรมการได้แก่ มักให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หรือมักให้คะแนนลำเอียง

เกณฑ์การให้คะแนนได้แก่ ชื่อเรื่อง ความเป็นมา จุดประสงค์ วิธีดำเนินการทดลอง การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปผลและอภิปรายผล คุณภาพของชิ้นงาน ประโยชน์ของโครงการ การนำเสนอ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุลักษณะเฉพาะพร้อมเหตุผล และระบุเกณฑ์พร้อมผลต่อคะแนน
3	ระบุลักษณะเฉพาะ และระบุเกณฑ์ แต่ไม่ระบุเหตุผลหรือผลต่อคะแนน
2	ระบุลักษณะเฉพาะพร้อมเหตุผล และระบุเกณฑ์และผลต่อคะแนน แต่ไม่ระบุเหตุผลและผลต่อคะแนน
1	ไม่ได้วิเคราะห์

2. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์คุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีของตนเอง ที่จะส่งผลต่อคะแนนและรางวัลหรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

คุณสมบัติที่ดีของตนเองที่ส่งผลต่อคะแนนมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดีของตนเองที่ส่งผลต่อคะแนนมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : คุณสมบัติที่ดีได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความขยันทำงาน ความตรงต่อเวลา ความละเอียดรอบคอบ ความเรียบร้อยในการทำงาน การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

: คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดี ตรงข้ามกับคุณสมบัติที่ดี

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีพร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

3. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ความยาก หรือความง่าย ของการปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอนที่ได้ตอบไปแล้วในหน้า 1 หรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

ความยากของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

ความง่ายของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์ เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ความยากของการปฏิบัติได้แก่ ไม่เคยทำมาก่อน ขั้นตอนมากและซับซ้อน เอาชนะใจตนเองไม่ได้มักท้อถอย ยากต่อการทำให้สำเร็จ ขาดแรงจูงใจและเป้าหมาย ลงทุนสูง ครูไม่ค่อยมีเวลาให้คำปรึกษา เพื่อนในกลุ่มไม่ค่อยทุ่มเทเวลาและไม่ค่อยสามัคคี นำเสนอโดยการพูดไม่เป็น ไม่มีฝีมือทางศิลป์ในการนำเสนอเป็นนิทรรศการ ต้องใช้เวลานานมาก บริหารเวลาไม่เป็น เขียนรายงานไม่เก่ง

: ความง่ายของการปฏิบัติ ตรงข้ามกับความยากของการปฏิบัติ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความยาก ความง่าย พร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุความยาก ความง่าย แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุความยาก ความง่าย แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

4. นักเรียนได้กำหนดเป้าหมายของรางวัลที่ต้องการหรือไม่ อย่างไร

- ☐ ได้กำหนด
กำหนดรางวัลใด จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ได้กำหนด
เหตุใดจึงไม่กำหนด

คำตอบ : กำหนดรางวัลที่ ...

คะแนน	คำตอบ
4	กำหนดรางวัลที่เป็นไปได้ พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	กำหนดรางวัลที่เป็นไปได้ แต่เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	กำหนดรางวัลที่เป็นไปได้ แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้กำหนด

5. เพราะเหตุผลใดนักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการและขั้นตอน ตามที่นักเรียนตอบไปแล้วในหน้า 1

คำตอบ : เป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่เป้าหมาย ซึ่งสามารถปฏิบัติได้จริง

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเหตุผลอย่างชัดเจน
3	ระบุเหตุผลไม่ค่อยชัดเจน
2	ระบุเหตุผลไม่ชัดเจน
1	ไม่ระบุเหตุผล

6. นักเรียนได้ทบทวนความคิดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนก่อนเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบหรือไม่ ว่าเป็นวิธีการและขั้นตอนที่เหมาะสมมากน้อยเพียงใด

- ☐ ได้ทบทวน
เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ได้ทบทวน
เหตุใดจึงไม่ทบทวน

คำตอบ : ทบทวนความเหมาะสมทั้งก่อนเขียนคำตอบ และระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ทบทวน

7. ถ้านักเรียนได้ทบทวนความคิดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนดังกล่าว นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนใดก่อนที่จะเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบบ้างหรือไม่ อย่างไร

- ☐ ได้ปรับปรุงแก้ไข

ปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

- ☐ ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

เพราะเหตุใดจึงไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

คำตอบ : ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ก่อนเขียนคำตอบ หรือ ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

8. เมื่อนักเรียนทราบคะแนนและผลรางวัลแล้ว นักเรียนจะตรวจสอบข้อผิดพลาดของตนเองหรือไม่ ถ้าตรวจสอบทำไมจึงต้องตรวจสอบ จะตรวจสอบเมื่อใด และจะตรวจสอบอย่างไร

- ☐ ต้องตรวจสอบ

จะตรวจสอบอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

- ☐ ไม่ต้องตรวจสอบ

เหตุใดจึงไม่ตรวจสอบ

คำตอบ : ตรวจสอบหลังประกาศผล เพื่อหาข้อบกพร่อง และนำมาปรับปรุงแก้ไข

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุวิธีตรวจสอบ พร้อมเหตุผลชัดเจน
3	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่เหตุผลไม่ชัดเจน
2	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่ไม่มีเหตุผล
1	ไม่ตรวจสอบ

สถานการณ์ที่ 3 การกินอาหารเพื่อให้มีสุขภาพดีและเป็นไปอย่างประหยัด นักเรียนจะวางแผนและปฏิบัติอย่างไร จงอธิบายแนวคิดอย่างละเอียด

1. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์แหล่งของสารอาหารแต่ละประเภท ผลต่อสุขภาพและค่าใช้จ่าย หรือไม่อย่างไร

- ☐ ได้วิเคราะห์

จงระบุแหล่งของสารอาหารแต่ละประเภท ผลต่อสุขภาพและค่าใช้จ่าย พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

- ☐ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : แหล่งของสารอาหารได้แก่ ข้าว เนื้อสัตว์ นม ไข่ ผัก ผลไม้

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุแหล่ง ผลต่อสุขภาพ ค่าใช้จ่าย พร้อมเหตุผลประกอบ ครบ
3	ระบุแหล่ง ผลต่อสุขภาพ ค่าใช้จ่าย พร้อมเหตุผลประกอบ ไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง
2	ระบุแหล่ง ผลต่อสุขภาพ ค่าใช้จ่าย พร้อมเหตุผลประกอบ ไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป
1	ไม่ได้วิเคราะห์

2. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์คุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีของตนเอง ที่จะส่งผลต่อสุขภาพและค่าใช้จ่าย หรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

คุณสมบัติที่ดีของตนเองที่ส่งผลต่อสุขภาพและค่าใช้จ่ายมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดีของตนเองที่ส่งผลต่อสุขภาพและค่าใช้จ่ายมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : คุณสมบัติที่ดีได้แก่ การกินอาหารตามหลักวิชาการ การเอาชนะใจตนเอง ความประหยัด และการกินเป็นเวลา

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดีได้แก่ การกินอาหารตามใจตนเอง และที่ตรงข้ามกับคุณสมบัติที่ดี

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีพร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

3. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ความยาก หรือความง่าย ของการปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอนที่ได้ตอบไปแล้วในหน้า 1 หรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

ความยากของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

ความง่ายของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ความยากของการปฏิบัติได้แก่ รู้เกี่ยวกับปริมาณสารอาหารและคุณค่าไม่ละเอียดพอ มักไม่ชนะใจตนเอง อาหารดีมีราคาแพง ไม่มีโอกาสเลือกเอง

ความง่ายของการปฏิบัติ ตรงข้ามกับความง่ายของการปฏิบัติ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความยาก ความง่าย พร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุความยาก ความง่าย แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุความยาก ความง่าย แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

4. นักเรียนได้กำหนดเป้าหมายของสุขภาพและค่าใช้จ่าย หรือไม่ อย่างไร

☐ ได้กำหนด

สุขภาพอย่างไรที่นักเรียนต้องการ จงอธิบายเหตุผลประกอบ

กำหนดเป้าหมายค่าใช้จ่ายอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้กำหนด

เหตุใดจึงไม่กำหนด

คำตอบ : กำหนดเป้าหมายการอยู่ดีกินดีแต่ประหยัด

คะแนน	คำตอบ
4	กำหนดสุขภาพที่ต้องการ ค่าใช้จ่ายที่เป็นไปได้ พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	กำหนดสุขภาพที่ต้องการ ค่าใช้จ่ายที่เป็นไปได้ แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
2	ไม่ได้กำหนดสุขภาพที่ต้องการหรือค่าใช้จ่ายที่เป็นไปได้ อย่างใดอย่างหนึ่ง
1	ไม่ได้กำหนด

5. เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการและขั้นตอน ตามที่นักเรียนตอบไปแล้วในหน้าที่ 1

คำตอบ : เป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่เป้าหมาย ซึ่งสามารถปฏิบัติได้จริง

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเหตุผลอย่างชัดเจน
3	ระบุเหตุผลไม่ค่อยชัดเจน
2	ระบุเหตุผลไม่ชัดเจน
1	ไม่ระบุเหตุผล

6. นักเรียนได้ทบทวนความคิดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนก่อนเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียน

คำตอบหรือไม่ ว่าเป็นวิธีการและขั้นตอนที่เหมาะสมมากน้อยเพียงใด

☐ ได้ทบทวน

เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้ทบทวน

เหตุใดจึงไม่ทบทวน

คำตอบ : ทบทวนความเหมาะสมทั้งก่อนเขียนคำตอบ และระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ทบทวน

7. ถ้านักเรียนได้ทบทวนความคิดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนดังกล่าว นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนใดก่อนที่จะเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบบ้างหรือไม่ อย่างไร

- ☐ ได้ปรับปรุงแก้ไข
ปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข
เพราะเหตุใดจึงไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

คำตอบ : ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ก่อนเขียนคำตอบ หรือ ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

8. เมื่อนักเรียนทราบผลด้านสุขภาพและค่าใช้จ่ายแล้ว นักเรียนจะตรวจสอบผลหรือไม่ ถ้าตรวจสอบทำไมจึงต้องตรวจสอบ จะตรวจสอบเมื่อใด และจะตรวจสอบอย่างไร

- ☐ ต้องตรวจสอบ
ตรวจสอบเมื่อใด ตรวจสอบอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ต้องตรวจสอบ
เหตุใดจึงไม่ตรวจสอบ

คำตอบ : ตรวจสอบสุขภาพเป็นระยะ เพื่อหาวิธีปรับปรุงการปฏิบัติ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุวิธีตรวจสอบ พร้อมเหตุผลชัดเจน
3	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่เหตุผลไม่ชัดเจน
2	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่ไม่มีเหตุผล
1	ไม่ตรวจสอบ

สถานการณ์ที่ 4 ในการใช้เชื้อเพลิงประเภท แก๊สหุงต้ม น้ำมันรถยนต์ น้ำมันรถจักรยานยนต์ และเชื้อเพลิงอื่น ๆ ในชีวิตประจำวัน เพื่อความประหยัด มีสุขภาพดี และไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม นักเรียนจะวางแผนและปฏิบัติอย่างไร จงอธิบายแนวคิดอย่างละเอียด

1. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท ที่ส่งผลต่อสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย หรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

จะระบุลักษณะเฉพาะของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท ผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ลักษณะเฉพาะของเชื้อเพลิงได้แก่ เป็นของเหลวที่ระเหยง่าย ก๊าซพิษ ก่อให้เกิดมลภาวะ ราคาแพง

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุลักษณะเฉพาะ ผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย พร้อมเหตุผล
3	ไม่ระบุลักษณะเฉพาะ ผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม หรือค่าใช้จ่าย อย่างใดอย่างหนึ่ง
2	ไม่ระบุลักษณะเฉพาะ ผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม หรือค่าใช้จ่าย 2 อย่างขึ้นไป
1	ไม่ได้วิเคราะห์

2. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์คุณสมบัติและไม่ค่อยดีของตนเอง ที่จะส่งผลต่อสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย หรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

คุณสมบัติที่ดีของตนเองที่ส่งผลต่อสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดีของตนเองที่ส่งผลต่อสุขภาพ สิ่งแวดล้อมและค่าใช้จ่าย มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์ เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : คุณสมบัติที่ดีได้แก่ ประหยัด และคำนึงถึงมลภาวะ

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดี ตรงข้ามกับคุณสมบัติที่ดี

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีพร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

3. นักเรียนได้วิเคราะห์ความยาก หรือความง่าย ของการปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอนตามที่ได้ตอบไปแล้วในหน้า 1 หรือไม่ อย่างไร

☐ ได้วิเคราะห์

ความยากของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

ความง่ายของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ความยากได้แก่ ความรู้ด้านการใช้เชื้อเพลิงอย่างถูกวิธี มักไม่สนใจตนเอง ไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน

ความง่ายของการปฏิบัติ ตรงข้ามกับความยากของการปฏิบัติ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความยาก ความง่าย พร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุความยาก ความง่าย แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุความยาก ความง่าย แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

4. นักเรียนได้กำหนดเป้าหมายของสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง หรือไม่ อย่างไร

☐ ได้กำหนด

กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

กำหนดเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

กำหนดเป้าหมายด้านค่าใช้จ่าย อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้กำหนด

เหตุใดจึงไม่กำหนด

คำตอบ : กำหนดให้สุขภาพดี สิ่งแวดล้อมไม่เป็นพิษ และค่าใช้จ่ายต่ำ

คะแนน	คำตอบ
4	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านค่าใช้จ่าย พร้อมเหตุผลประกอบครบ
3	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านค่าใช้จ่าย ไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือให้เหตุผลประกอบไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง
2	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านค่าใช้จ่าย ไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป หรือให้เหตุผลประกอบไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป
1	ไม่ได้กำหนด

5. เพราะเหตุผลใดนักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการและขั้นตอน ตามที่นักเรียนตอบไปแล้วในหน้าที่ 1

คำตอบ : เป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่เป้าหมาย ซึ่งสามารถปฏิบัติได้จริง

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเหตุผลอย่างชัดเจน
3	ระบุเหตุผลไม่ค่อยชัดเจน
2	ระบุเหตุผลไม่ชัดเจน
1	ไม่ระบุเหตุผล

6. นักเรียนได้**ทบทวนความคิด**เกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอน**ก่อนเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบหรือไม่** ว่าเป็นวิธีการและขั้นตอนที่**เหมาะสมมากน้อยเพียงใด**

☐ ได้ทบทวน

เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

ไม่ได้ทบทวน

☐ เหตุใดจึงไม่ทบทวน

คำตอบ : ทบทวนความเหมาะสมทั้งก่อนเขียนคำตอบ และระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ทบทวน

7. ถ้านักเรียนได้**ทบทวนความคิด**เกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนดังกล่าว นักเรียนได้**ปรับปรุงแก้ไข**ขั้นตอนใดก่อนที่จะเขียนคำตอบหรือ**ระหว่างเขียนคำตอบบ้างหรือไม่ อย่างไร**

☐ ได้ปรับปรุงแก้ไข

ปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

เพราะเหตุใดจึงไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

คำตอบ : ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ก่อนเขียนคำตอบ หรือ ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

8. เมื่อนักเรียนทราบผลด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว และค่าใช้จ่ายแล้ว นักเรียนจะตรวจสอบ หาสาเหตุหรือไม่ ถ้าตรวจสอบทำไมจึงต้องตรวจสอบ จะตรวจสอบเมื่อใด และจะตรวจสอบอย่างไร

- ☐ ต้องตรวจสอบ
ตรวจสอบเมื่อใด ตรวจสอบอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ต้องตรวจสอบ
เหตุใดจึงไม่ตรวจสอบ

คำตอบ : ตรวจสอบสุขภาพ คุณภาพสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย เป็นระยะ เพื่อหาสาเหตุ และหาวิธีปรับปรุงให้ดีขึ้น

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเวลาและวิธีตรวจสอบ พร้อมเหตุผลชัดเจน
3	ไม่ระบุเวลาหรือวิธีตรวจสอบอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมีเหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุเวลาหรือวิธีตรวจสอบ แต่ไม่มีเหตุผล
1	ไม่ตรวจสอบ

สถานการณ์ที่ 5 การเลือกใช้เครื่องนุ่งห่มและสิ่งของเครื่องใช้ที่ทำจากเส้นใย เพื่อให้เป็นไปอย่างประหยัด มีสุขภาพดี และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม นักเรียนจะวางแผนและปฏิบัติอย่างไร จงอธิบายความคิดอย่างละเอียด

1. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์คุณสมบัติของเครื่องนุ่งห่มและสิ่งของเครื่องใช้ที่ทำจากเส้นใยแต่ละชนิด ผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย หรือไม่ อย่างไร

- ☐ ได้วิเคราะห์
จงระบุคุณสมบัติของเครื่องนุ่งห่มและสิ่งของเครื่องใช้ที่ทำจากเส้นใยแต่ละชนิด ผลต่อสุขภาพ และผลต่อสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ได้วิเคราะห์ เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : คุณสมบัติของเครื่องนุ่งห่มและสิ่งของเครื่องใช้ที่ทำจากเส้นใยได้แก่ ราคาถูก สวมใส่สบาย ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุคุณสมบัติ ผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่าย พร้อมเหตุผล
3	ระบุคุณสมบัติ ผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่าย ไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง หรืออธิบายเหตุผลไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง
2	ระบุคุณสมบัติ ผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่าย ไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป หรืออธิบายเหตุผลไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป
1	ไม่ได้วิเคราะห์

2. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์คุณสมบัติดีและไม่ดีของตนเอง ที่จะส่งผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย หรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

คุณสมบัติที่ดีของตนเองที่ส่งผลต่อสุขภาพ ต่อสิ่งแวดล้อม และต่อค่าใช้จ่าย มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดีของตนเองที่ส่งผลต่อสุขภาพ ต่อสิ่งแวดล้อม และต่อค่าใช้จ่าย มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : คุณสมบัติที่ดีได้แก่ ความประหยัด ความรู้จักเลือกใช้ตามฤดูกาลและกาลเทศะ ความมีจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม

คุณสมบัติที่ไม่ดี ตรงข้ามกับคุณสมบัติที่ดี

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีพร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

3. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ความยาก หรือความง่าย ของการปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอนที่ได้ตอบไปแล้วในหน้า 1 หรือไม่ อย่างไร

○ ได้วิเคราะห์

ความยากของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

ความง่ายของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ความยากได้แก่ มีความรู้ไม่มากพอ มักเอาชนะใจตนเองไม่ได้ ไม่มีค่าใช้จ่าย
ความง่าย ตรงข้ามกับความยาก

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความยาก ความง่าย พร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุความยาก ความง่าย แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุความยาก ความง่าย แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

4. นักเรียนได้กำหนดเป้าหมายของสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย ด้านเครื่องนุ่งห่มหรือไม่ อย่างไร

☐ ได้กำหนด

กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

กำหนดเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

กำหนดเป้าหมายด้านค่าใช้จ่าย อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้กำหนด

เหตุใดจึงไม่กำหนด

คำตอบ : กำหนดเป้าหมายสุขภาพดี ค่าใช้จ่ายถูก สิ่งแวดล้อมไม่เป็นพิษ

คะแนน	คำตอบ
4	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านค่าใช้จ่าย พร้อมเหตุผลประกอบ
3	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านค่าใช้จ่าย ไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเหตุผลประกอบไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง
2	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านค่าใช้จ่าย ไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป หรือเหตุผลประกอบไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป
1	ไม่ได้กำหนด

5. เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการและขั้นตอน ตามที่นักเรียนตอบไปแล้ว ในหน้าที่ 1

คำตอบ : เป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่เป้าหมาย ซึ่งสามารถปฏิบัติได้จริง

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเหตุผลอย่างชัดเจน
3	ระบุเหตุผลไม่ค่อยชัดเจน
2	ระบุเหตุผลไม่ชัดเจน
1	ไม่ระบุเหตุผล

6. นักเรียนได้ทบทวนความคิดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนก่อนเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบหรือไม่ ว่าเป็นวิธีการและขั้นตอนที่เหมาะสมมากน้อยเพียงใด

☐ ได้ทบทวน

เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้ทบทวน

เหตุใดจึงไม่ทบทวน

คำตอบ : ทบทวนความเหมาะสมทั้งก่อนเขียนคำตอบ และระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ทบทวน

7. ถ้านักเรียนได้ทบทวนความคิดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนดังกล่าว นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนใด ก่อนที่จะเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบบ้างหรือไม่ อย่างไร

- ☐ ได้ปรับปรุงแก้ไข
 - ปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข
 - เพราะเหตุใดจึงไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

คำตอบ : ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ก่อนเขียนคำตอบ หรือ ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

8. เมื่อนักเรียนทราบผลด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่ายแล้ว นักเรียนจะตรวจสอบหาสาเหตุ หรือไม่ ถ้าตรวจสอบทำไมจึงต้องตรวจสอบ จะตรวจสอบเมื่อใด และจะตรวจสอบอย่างไร

- ☐ ต้องตรวจสอบ
 - ตรวจสอบอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ต้องตรวจสอบ
 - เหตุใดจึงไม่ตรวจสอบ

คำตอบ : ตรวจสอบสุขภาพ คุณภาพสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่ายเป็นระยะ เพื่อหาสาเหตุ และปรับปรุงการปฏิบัติ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุวิธีตรวจสอบ พร้อมเหตุผลชัดเจน
3	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่เหตุผลไม่ชัดเจน
2	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่ไม่มีเหตุผล
1	ไม่ตรวจสอบ

สถานการณ์ที่ 6 ในการเลือกใช้ภาชนะและสิ่งของที่มาจากโลหะ จากพลาสติก จากไม้ และจากวัสดุอื่น ๆ เพื่อให้มีสุขภาพดี ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นไปอย่างประหยัด นักเรียนจะวางแผนและปฏิบัติอย่างไร จงอธิบายแนวคิดอย่างละเอียด

1. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด ที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิต สิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย หรือไม่ อย่างไร

☐ ได้วิเคราะห์

จะระบุคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด รวมทั้งผลต่อสุขภาพ ผลต่อสิ่งแวดล้อม และผลต่อค่าใช้จ่าย พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : คุณสมบัติของวัสดุได้แก่ ราคาถูก สมบัติตรงกับการใช้งาน ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุลักษณะเฉพาะพร้อมเหตุผล และระบุเกณฑ์พร้อมผลต่อคะแนน
3	ระบุลักษณะเฉพาะ และระบุเกณฑ์ แต่ไม่ระบุเหตุผลหรือผลต่อคะแนน
2	ระบุลักษณะเฉพาะพร้อมเหตุผล และระบุเกณฑ์และผลต่อคะแนน แต่ไม่ระบุเหตุผลและผลต่อคะแนน
1	ไม่ได้วิเคราะห์

2. นักเรียนได้คิดวิเคราะห์คุณสมบัติดีและไม่ดีของตนเอง ที่จะส่งผลต่อสุขภาพ ต่อสิ่งแวดล้อม และต่อค่าใช้จ่าย หรือไม่ อย่างไร

☐ ได้วิเคราะห์

คุณสมบัติที่ดีของตนเองที่ส่งผลต่อสุขภาพ ต่อสิ่งแวดล้อม และต่อค่าใช้จ่าย มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดีของตนเองที่ส่งผลต่อสุขภาพ ต่อสิ่งแวดล้อม และต่อค่าใช้จ่าย มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้วิเคราะห์ เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : คุณสมบัติที่ดีได้แก่ การรู้จักเลือกใช้วัสดุ ความประหยัด จิตสำนึกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

คุณสมบัติที่ไม่ค่อยดี ตรงข้ามกับคุณสมบัติที่ดี

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดีพร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุคุณสมบัติที่ดีและไม่ค่อยดี แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

3. นักเรียนได้วิเคราะห์ความยาก หรือความง่าย ของการปฏิบัติตามวิธีการและขั้นตอนที่ได้ตอบไปแล้วในหน้า 1 หรือไม่ อย่างไร

☐ ได้วิเคราะห์

ความยากของการปฏิบัติมีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

ความง่ายของการปฏิบัติ มีอะไรบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้วิเคราะห์

เหตุใดจึงไม่วิเคราะห์

คำตอบ : ความยากได้แก่ ความรู้ไม่มากพอ มักเอาชนะใจตนเองไม่ได้ ขาดจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม
ความง่าย ตรงข้ามกับความยาก

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความยาก ความง่าย พร้อมเหตุผลประกอบ
3	ระบุความยาก ความง่าย แต่เหตุผลประกอบไม่ครบ
2	ระบุความยาก ความง่าย แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้วิเคราะห์

4. นักเรียนได้กำหนดเป้าหมายของสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย ด้านภาระและสิ่งของเครื่องใช้ หรือไม่ อย่างไร

☐ ได้กำหนด

กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

กำหนดเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

กำหนดเป้าหมายด้านค่าใช้จ่าย อย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

☐ ไม่ได้กำหนด

เหตุใดจึงไม่กำหนด

คำตอบ : กำหนดเป้าหมายสุขภาพดี สิ่งแวดล้อมดี ค่าใช้จ่ายต่ำ

คะแนน	คำตอบ
4	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย พร้อมเหตุผลประกอบ
3	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย ไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเหตุผลประกอบไม่ครบอย่างใดอย่างหนึ่ง
2	กำหนดเป้าหมายด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย ไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป หรือเหตุผลประกอบไม่ครบ 2 อย่างขึ้นไป
1	ไม่ได้กำหนด

5. เพราะเหตุผลใดนักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการและขั้นตอน ตามที่นักเรียนตอบไปแล้ว ในหน้าที่ 1

คำตอบ : เป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่เป้าหมาย ซึ่งสามารถปฏิบัติได้จริง

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุเหตุผลอย่างชัดเจน
3	ระบุเหตุผลไม่ค่อยชัดเจน
2	ระบุเหตุผลไม่ชัดเจน
1	ไม่ระบุเหตุผล

6. นักเรียนได้ทบทวนความคิดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนก่อนเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบหรือไม่ ว่าเป็นวิธีการและขั้นตอนที่เหมาะสมมากน้อยเพียงใด

- ☐ ได้ทบทวน
เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ได้ทบทวน
เหตุใดจึงไม่ทบทวน

คำตอบ : ทบทวนความเหมาะสมทั้งก่อนเขียนคำตอบ และระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม พร้อมเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่เหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุความเหมาะสมและไม่เหมาะสม แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ทบทวน

7. ถ้านักเรียนได้ทบทวนความคิดเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนดังกล่าว นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไข ขั้นตอนใดก่อนที่จะเขียนคำตอบหรือระหว่างเขียนคำตอบบ้างหรือไม่ อย่างไร

- ☐ ได้ปรับปรุงแก้ไข
ปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ
- ☐ ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข
เพราะเหตุใดจึงไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

คำตอบ : ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ก่อนเขียนคำตอบ หรือ ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนที่ ... ระหว่างเขียนคำตอบ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุการปรับปรุงแก้ไข พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบชัดเจน
3	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่อธิบายเหตุผลประกอบไม่ชัดเจน
2	ระบุการปรับปรุงแก้ไข แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
1	ไม่ได้ปรับปรุงแก้ไข

8. เมื่อนักเรียนทราบผลด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว และด้านค่าใช้จ่ายแล้ว นักเรียนจะตรวจสอบหาสาเหตุหรือไม่ ถ้าตรวจสอบทำไมจึงต้องตรวจสอบ จะตรวจสอบเมื่อใด และจะตรวจสอบอย่างไร

☐

ต้องตรวจสอบ

ตรวจสอบอย่างไร จงอธิบายเหตุผลประกอบ

○ ไม่ต้องตรวจสอบ

เหตุใดจึงไม่ตรวจสอบ

คำตอบ : ตรวจสอบสุขภาพ คุณภาพสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย เป็นระยะ เพื่อหาสาเหตุ และปรับปรุงการปฏิบัติ

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุวิธีตรวจสอบ พร้อมเหตุผลชัดเจน
3	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่เหตุผลไม่ชัดเจน
2	ระบุวิธีตรวจสอบ แต่ไม่มีเหตุผล
1	ไม่ตรวจสอบ

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์ให้คะแนน

สถานการณ์ที่ 1 เมื่อวานนี้ลุงอ้วนไปพบแพทย์ เช้าวันนี้แพทย์แจ้งว่าลุงอ้วนเป็นโรคความดันโลหิตสูง กับโรคสมองและหัวใจขาดเลือด เพราะมีไขมันเกาะตามผนังหลอดเลือดมาก แพทย์ให้ยามาจำนวนหนึ่ง พร้อมแนะนำให้เลี่ยงอาหารมัน ๆ และให้ใช้น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อยปรุงอาหาร ลุงอ้วนจึงไปซื้อน้ำมันพืชมา 2 ชนิดคือน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันรำข้าว แต่ลุงอ้วนไม่ทราบว่าน้ำมันชนิดใดเป็นน้ำมันที่มีคุณสมบัติตามที่แพทย์บอก จึงคิดหาวิธีตรวจสอบ

1. ปัญหาด้านสุขภาพของลุงอ้วนคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : เป็นโรคความดันโลหิตสูง กับโรคสมองและหัวใจขาดเลือด

คะแนน	คำตอบ
4	เป็นโรคความดันโลหิตสูง กับโรคสมองและหัวใจขาดเลือด
3	เป็นโรคความดันโลหิตสูง หรือโรคสมองและหัวใจขาดเลือด อย่างใดอย่างหนึ่ง
2	มีไขมันเกาะตามผนังหลอดเลือดมาก
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : มีไขมันเกาะตามผนังหลอดเลือดมาก เนื่องจากกินอาหารมัน ๆ ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวมาก

คะแนน	คำตอบ
4	มีไขมันเกาะตามผนังหลอดเลือดมาก
3	กินอาหารมัน ๆ
2	กินกรดไขมันอิ่มตัวมาก
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

3. ปัญหาที่จะนำไปสู่การตรวจสอบน้ำมันพืชคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันรำข้าว น้ำมันชนิดใดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อยกว่า

คะแนน	คำตอบ
4	น้ำมันชนิดใดมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า
3	น้ำมัน 2 ชนิด มีกรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
2	น้ำมันชนิดใดมีคุณสมบัติเหมาะสมตามที่แพทย์บอก
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

4. สมมติฐานของปัญหาดังกล่าวตามข้อ 3 คืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า หรือน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า

คะแนน	คำตอบ
4	น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า หรือน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า อย่างใดอย่างหนึ่ง
3	น้ำมัน 2 ชนิด มีกรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างกัน
2	น้ำมันรำข้าวหรือน้ำมันมะพร้าวมีสมบัติเหมาะสมตามที่แพทย์บอก อย่างใดอย่างหนึ่ง
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

5. ลุงอ้วนจะออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหานี้อย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : นำน้ำมันรำข้าวกับน้ำมันมะพร้าวมาอุ่น แล้วหยดสารละลายไอโอดีน ใช้แท่งแก้ว คน นับจำนวนหยดที่สามารถเปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีน จำนวนหยดมากแสดงว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก มีกรดไขมันอิ่มตัวน้อย

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมากที่สุด
3	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมาก
2	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อย
1	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อยที่สุด

6. การทดลองนี้จะได้ข้อสรุปอย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า หรือน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า

คะแนน	คำตอบ
4	น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า หรือน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า
3	น้ำมัน 2 ชนิด มีกรดไขมันอิ่มตัวแตกต่างกัน
2	น้ำมันชนิดใดชนิดหนึ่งมีสมบัติเหมาะสมตามที่แพทย์บอก
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

7. เมื่อได้ข้อสรุปแล้วลุงอ้วนจะทำอย่างไรต่อไป

คำตอบที่ถูกต้อง : นำน้ำมันรำข้าวมาใช้ในการปรุงอาหาร หรือนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในการปรุงอาหาร

คะแนน	คำตอบ
4	นำน้ำมันรำข้าวมาใช้ในการปรุงอาหาร หรือนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในการปรุงอาหาร อย่างไม่อย่างหนึ่ง
3	นำน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวน้อยมาปรุงอาหาร
2	เลือกซื้อแต่น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวน้อย
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

สถานการณ์ที่ 2 ดรุณีได้รับมอบหมายจากกลุ่มให้จัดเตรียมเชื้อเพลิงใช้ในการอยู่ค่ายพักแรม 3 วัน ดรุณีลองใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในบ้านใส่ตะเกียงปรากฏว่าสิ้นเปลืองมาก เมื่อไปปรึกษาครูวิชาได้รับคำแนะนำว่า ที่น้ำมันเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองมากเพราะเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดเดือดสูง ดรุณีจึงไปหาสอบถามจากร้านค้า ผู้ขายบอกว่ามีน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ 3 ชนิด และยินยอมให้ตรวจสอบจุดเดือดก่อนแล้วจึงซื้อ

1. ปัญหาการใช้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ปัจจุบันของดรุณีคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : น้ำมันเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองมาก

คะแนน	คำตอบ
4	น้ำมันเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองมาก
3	น้ำมันเชื้อเพลิงมีจุดเดือดสูง
2	ไม่ทราบว่าใช้เชื้อเพลิงชนิดใด
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : น้ำมันเชื้อเพลิงมีจุดเดือดสูง

คะแนน	คำตอบ
4	น้ำมันเชื้อเพลิงมีจุดเดือดสูง
3	ไม่ทราบว่าใช้เชื้อเพลิงชนิดใด
2	น้ำมันเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองมาก
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

3. ปัญหาที่จะนำไปสู่การตรวจสอบน้ำมันเชื้อเพลิงคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : น้ำมันชนิดใดมีจุดเดือดต่ำหรือสูง

คะแนน	คำตอบ
4	น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดมีจุดเดือดต่ำที่สุด
3	จุดเดือดของน้ำมันทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
2	น้ำมันชนิดใดเหมาะสมเป็นเชื้อเพลิง
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

4. สมมติฐานของปัญหาตามข้อ 3 คืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมีจุดเดือดต่ำสุด

คะแนน	คำตอบ
4	น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมีจุดเดือดต่ำสุด
3	จุดเดือดของน้ำมันทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกัน
2	น้ำมันชนิดใดชนิดหนึ่งเหมาะสมเป็นเชื้อเพลิง
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

5. ครูจะออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหานี้อย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : นำน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ปริมาณเท่ากัน ไปหาจุดเดือด

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมากที่สุด
3	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมาก
2	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อย
1	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อยที่สุด

6. การทดลองนี้จะได้ข้อสรุปอย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมีจุดเดือดต่ำสุด

คะแนน	คำตอบ
4	น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมีจุดเดือดต่ำสุด
3	น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมีจุดเดือดต่ำสุด
2	น้ำมันชนิดใดชนิดหนึ่งมีความเหมาะสมเป็นเชื้อเพลิงมากที่สุด
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

7. เมื่อได้ข้อสรุปแล้วครูจะทำอย่างไรต่อไป

คำตอบที่ถูกต้อง : ชื้อน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดเดือดต่ำไปใช้

คะแนน	คำตอบ
4	ชื้อน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดเดือดต่ำไปใช้
3	ไม่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดเดือดสูง
2	ชื้อน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสมบัติเหมาะสมไปใช้
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

สถานการณ์ที่ 3 สร้อยทองเป็นเจ้าของไร่อ้อย เขาสังเกตเห็นว่าขวดน้ำดื่มที่ซื้อมาให้คนงานตัดอ้อยดื่มเป็นพลาสติกที่ย่อยสลายไม่ได้แม้ฝังดินไว้เป็นเดือน ขยะพลาสติกจึงสะสมมากขึ้นทุกวัน จึงไปติดต่อหาขวดน้ำดื่มที่มีตรารีไซเคิล แต่ไม่กล้าซื้อมาจำนวนมากเพราะเกรงว่าจะย่อยสลายในดินไม่ได้จริง

1. ปัญหาด้านขยะของสร้อยทองคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ขยะพลาสติกมาก

คะแนน	คำตอบ
4	ขยะพลาสติกมาก
3	ขยะพลาสติกย่อยสลายในดินไม่ได้
2	ขวดน้ำดื่มคุณสมบัติไม่เหมาะสม
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ขวดน้ำดื่มพลาสติกย่อยสลายไม่ได้

คะแนน	คำตอบ
4	ขวดน้ำดื่มพลาสติกย่อยสลายไม่ได้
3	ขวดน้ำดื่มคุณสมบัติไม่เหมาะสม
2	มีขยะพลาสติกมาก
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

3. ปัญหาที่จะนำไปสู่การตรวจสอบการย่อยสลายของขวดพลาสติกคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ขวดน้ำดื่มรีไซเคิลย่อยสลายในดินได้หรือไม่

คะแนน	คำตอบ
4	ขวดน้ำดื่มรีไซเคิลย่อยสลายในดินได้หรือไม่
3	ขวดน้ำดื่มรีไซเคิลย่อยสลายได้หรือไม่
2	ขวดน้ำดื่มรีไซเคิลมีคุณสมบัติเหมาะสมหรือไม่
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

4. สมมติฐานของปัญหาตามข้อ 3 คืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ขวดน้ำดื่มรีไซเคิลย่อยสลายในดินได้

คะแนน	คำตอบ
4	ขวดน้ำดื่มรีไซเคิลย่อยสลายในดินได้
3	ขวดน้ำดื่มรีไซเคิลย่อยสลายได้
2	ขวดน้ำดื่มรีไซเคิลมีคุณสมบัติเหมาะสม
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

5. สร้อยทองจะออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหานี้อย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : นำขวดน้ำดื่มรีไซเคิลมา 3 ใบ ฝังดินลึก 0.5 เมตร เป็นเวลา 30 วัน แล้วตรวจสอบการสลายตัว

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมากที่สุด
3	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมาก
2	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อย
1	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อยที่สุด

6. การทดลองนี้จะได้อะไรสรุปอย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ขวดน้ำดื่มพลาสติกกรีไซเคิลย่อยสลายในดินได้ หรือย่อยสลายในดินไม่ได้

คะแนน	คำตอบ
4	ขวดน้ำดื่มพลาสติกกรีไซเคิลย่อยสลายในดินได้ หรือย่อยสลายในดินไม่ได้ อย่างใดอย่างหนึ่ง
3	ขวดน้ำดื่มพลาสติกกรีไซเคิลย่อยสลายได้ หรือย่อยสลายไม่ได้ อย่างใดอย่างหนึ่ง
2	ขวดน้ำดื่มพลาสติกกรีไซเคิลคุณสมบัติเหมาะสมหรือไม่เหมาะสม อย่างใดอย่างหนึ่ง
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

7. เมื่อได้อะไรสรุปแล้วสหายทองจะอย่างไรต่อไป

คำตอบที่ถูกต้อง : ซื้อขวดน้ำดื่มรีไซเคิลมาใช้ หรือไม่ซื้อขวดน้ำดื่มรีไซเคิลมาใช้

คะแนน	คำตอบ
4	ซื้อขวดน้ำดื่มรีไซเคิลมาใช้ หรือไม่ซื้อขวดน้ำดื่มรีไซเคิลมาใช้ อย่างใดอย่างหนึ่ง
3	แสวงหาขวดที่รีไซเคิลได้ต่อไป
2	หาภาชนะอื่นมาใส่น้ำดื่ม
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

สถานการณ์ที่ 4 สวนส้มของสมศรีเคยออกดอกออกผลดีมาหลายปี พอโรงงานไฟฟ้าสร้างเสร็จและเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้า ต้นส้มก็ไม่ค่อยงอกงาม ผลก็แคระแกร็นลงเรื่อย ๆ ทั้ง ๆ ที่ฝนก็ตกตามฤดูกาล และมากพอ ครูสมชายบอกว่าเคยตรวจสอบแล้วพบว่าป็นเพราะฝนที่ตกลงมาทำให้ดินเป็นกรด สมศรีต้องคิดหาวิธีแก้ปัญหาเท่าที่ตนเองและครอบครัวจะทำได้โดยไม่ย้ายบ้านหรือย้ายสวนไปไหน และไม่เลิกล้มการทำสวนส้ม

1. ปัญหาเกี่ยวกับต้นส้มของสมศรีคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ต้นส้มไม่งอกงามและผลแคระแกร็น

คะแนน	คำตอบ
4	ต้นส้มไม่งอกงามและผลแคระแกร็น
3	ต้นส้มไม่งอกงามหรือผลแคระแกร็น อย่างใดอย่างหนึ่ง
2	ฝนที่ตกลงมาทำให้ดินเป็นกรด
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ดินเป็นกรดเพราะน้ำฝนเป็นกรด เนื่องจากน้ำฝนทำปฏิกิริยากับก๊าซจากโรงไฟฟ้า

คะแนน	คำตอบ
4	ดินเป็นกรด
3	น้ำฝนเป็นกรด
2	น้ำฝนทำปฏิกิริยากับก๊าซจากโรงไฟฟ้า
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

3. ปัญหาที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาคือความเป็นกรดของดินคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : จะแก้ความเป็นกรดของดินได้อย่างไร

คะแนน	คำตอบ
4	จะแก้ความเป็นกรดของดินได้อย่างไร
3	จะแก้ฝนกรดอย่างไร
2	จะปรับปรุงโรงไฟฟ้าอย่างไร
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

4. สมมติฐานของปัญหาตามข้อ 3 คืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้

คะแนน	คำตอบ
4	ปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้
3	ปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์ 2 ใน 3 อย่าง สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้
2	ปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์ 1 ใน 3 อย่าง สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

5. สมศรีจะออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหานี้อย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : วัดค่า pH ของสารละลายดิน แล้วนำปูนขาว หรือ ดินมาร์ล หรือ ซีเมนต์ ปริมาณพอเหมาะ มาโรยลงบนหน้าดินในแปลงทดลอง ใช้จอบเขี่ยให้เข้ากัน แล้ววัดค่า pH ของสารละลายดินอีกครั้งหนึ่ง ถ้าค่า pH เพิ่มขึ้นแสดงว่าความเป็นกรดของดินลดลง

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมากที่สุด
3	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมาก
2	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อย
1	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อยที่สุด

6. การทดลองนี้จะได้ข้อสรุปอย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้

คะแนน	คำตอบ
4	ปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้
3	ปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์ 2 ใน 3 อย่าง สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้
2	ปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์ อย่างใดอย่างหนึ่ง สามารถแก้ความเป็นกรดของดินได้
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

7. เมื่อได้ข้อสรุปแล้วสมศรีจะทำอย่างไรต่อไป

คำตอบที่ถูกต้อง : นำปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์ไปแก้ความเป็นกรดของดินในสวนส้ม

คะแนน	คำตอบ
4	นำปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์ไปแก้ความเป็นกรดของดินในสวนส้ม
3	นำปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์ 2 ใน 3 อย่าง ไปแก้ความเป็นกรดของดินในสวนส้ม
2	นำปูนขาวหรือดินมาร์ลหรือซีเมนต์ 1 ใน 3 อย่าง ไปแก้ความเป็นกรดของดินในสวนส้ม
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

สถานการณ์ที่ 5 ดาวใจเป็นแม่ค้าขายส่งผลไม้รายใหม่ เขาซื้อผลไม้มาจากชายแดนพม่าเพื่อนำมาขาย 300 กล่อง กระดาษที่แบ่งช่องบรรจุช่องละ 1 ผล ทุกกล่องมีช่องระบายอากาศ เมื่อมาถึงกรุงเทพฯ ผลไม้เน่าเสียไป 4 กล่อง ตรวจสอบพบว่าอาจเป็นเพราะผลไม้ทั้ง 4 กล่อง เล็กกว่าช่องบรรจุ ดาวใจต้องหาวิธีตรวจสอบการเน่าเสีย เพื่อให้การซื้อผลไม้มาขายรอบต่อไปสูญเสียน้อยที่สุด

1. ปัญหาเกี่ยวกับผลไม้ของดาวใจคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ผลไม้เน่า

คะแนน	คำตอบ
4	ผลไม้เน่า
3	ผลไม้เล็กกว่าช่องบรรจุ
2	ผลไม้เสียดสีกับช่องบรรจุ
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : ผลไม้เล็กกว่าช่องบรรจุ ทำให้เกิดการเสียดสีจนบอบช้ำ

คะแนน	คำตอบ
4	ผลไม้เล็กกว่าช่องบรรจุ ทำให้เกิดการเสียดสีจนบอบช้ำ
3	ผลไม้เสียดสีกับช่องบรรจุ
2	ผลไม้บอบช้ำ
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

3. ปัญหาที่จะนำไปสู่การตรวจสอบการเน่าเสียของผลไม้คืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : การเสียดสีของผลไม้ที่เล็กกว่าช่องบรรจุทำให้ผลไม้เน่าเสียจริงหรือไม่

คะแนน	คำตอบ
4	การเสียดสีของผลไม้ที่เล็กกว่าช่องบรรจุทำให้ผลไม้เน่าเสียจริงหรือไม่
3	ผลไม้ที่เล็กกว่าช่องบรรจุจะเสียดสีกับช่องบรรจุหรือไม่
2	ผลไม้จะเสียดสีกับช่องบรรจุหรือไม่หรือไม่
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

4. สมมติฐานของปัญหาตามข้อ 3 คืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : การเสียดสีของผลไม้ที่เล็กกว่าช่องบรรจุทำให้ผลไม้เน่าเสีย

คะแนน	คำตอบ
4	การเสียดสีของผลไม้ที่เล็กกว่าช่องบรรจุทำให้ผลไม้เน่าเสีย
3	ผลไม้ที่เล็กกว่าช่องบรรจุจะเสียดสีกับช่องบรรจุ
2	ผลไม้เสียดสีกับช่องบรรจุ
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

5. ดาวใจจะออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหานี้อย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : นำผลไม้มา 2 ขนาด ขนาดเท่าช่องบรรจุและเล็กกว่าช่องบรรจุ อย่างละ 3 ผล ใส่ลงในช่องบรรจุกล่องเดียวกัน วางบนเครื่องเขย่านาน 6 ชั่วโมง แล้วตรวจสอบรอยเสียดสี

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุขั้นตอน เลือกอุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมากที่สุด
3	ระบุขั้นตอน เลือกอุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมาก
2	ระบุขั้นตอน เลือกอุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อย
1	ระบุขั้นตอน เลือกอุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อยที่สุด

6. การทดลองนี้จะได้ข้อสรุปอย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : การเสียดสีของผลไม้ที่เล็กกว่าช่องบรรจุทำให้ผลไม้เน่าเสีย

คะแนน	คำตอบ
4	การเสียดสีของผลไม้ที่เล็กกว่าช่องบรรจุทำให้ผลไม้เน่าเสีย
3	การเสียดสีของผลไม้กับช่องบรรจุทำให้ผลไม้เน่าเสีย
2	การเสียดสีของผลไม้ทำให้ผลไม้เน่าเสีย
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

7. เมื่อได้ข้อสรุปแล้วดาวใจจะอย่างไรต่อไป

คำตอบที่ถูกต้อง : บรรจุผลไม้ให้เท่ากับช่องบรรจุ หรือหาวัสดุมาเสริมช่องบรรจุไม่ให้ผลไม้ขยับได้

คะแนน	คำตอบ
4	บรรจุผลไม้ให้เท่ากับช่องบรรจุ หรือหาวัสดุมาเสริมช่องบรรจุไม่ให้ผลไม้ขยับได้
3	บรรจุผลไม้ให้เท่ากับช่องบรรจุ หรือหาวัสดุมาเสริมช่องบรรจุไม่ให้ผลไม้ขยับได้ อย่างใดอย่างหนึ่ง
2	บรรจุผลไม้ไม่ให้ขยับได้
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

สถานการณ์ที่ 6 พลพลซื้อสารส้มปามาเพื่อทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ โดยนำมาใส่ขวดใสแล้ววางไว้บนโต๊ะวางเครื่องปรุงอาหารในครัวใกล้กับขวดเกลือป่น สันนิษฐานว่าเป็นเกลือป่นทั้งคู่จึงใช้ช้อนตักไปปรุงอาหารทำให้สนธยาอาเจียนหลังจากรับประทานอาหาร สนธยาต้องตรวจสอบคุณสมบัติของสารทั้งสองขวดให้แน่ใจว่าขวดใดเป็นสารใด โดยไม่ทิ้งสารใด ก่อนที่จะเกิดอันตรายซ้ำสอง

1. ปัญหาทางกายของสนธยาคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : อาเจียน

คะแนน	คำตอบ
4	อาเจียน
3	กินอาหารมีพิษ
2	ใช้สารผิด
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : รับประทานอาหารที่ปรุงด้วยสารส้ม

คะแนน	คำตอบ
4	รับประทานอาหารที่ปรุงด้วยสารส้ม
3	ใช้สารส้มปรุงอาหาร
2	ใช้สารผิด
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

3. ปัญหาที่จะนำไปสู่การตรวจสอบสารทั้งสองคืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : สารใดเป็นเกลือป่นหรือสารส้มป่น

คะแนน	คำตอบ
4	สารใดเป็นเกลือป่นหรือสารส้มป่น
3	สารใดเป็นเกลือป่นหรือสารส้มป่น อย่างใดอย่างหนึ่ง
2	สารใดใช้ปรุงอาหารได้โดยไม่มีอันตราย
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

4. สมมติฐานของปัญหาตามข้อ 3 คืออะไร

คำตอบที่ถูกต้อง : สารขวดใดขวดหนึ่งเป็นเกลือปน อีกขวดหนึ่งเป็นสารส้ม

คะแนน	คำตอบ
4	สารขวดใดขวดหนึ่งเป็นเกลือปน อีกขวดหนึ่งเป็นสารส้ม
3	สารขวดใดขวดหนึ่งเป็นเกลือปน อีกขวดหนึ่งเป็นสารส้ม อย่างใดอย่างหนึ่ง
2	สารขวดใดขวดหนึ่งใช้ปรุงอาหารได้โดยไม่มีอันตราย
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

5. สรรยาจะออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหานี้อย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : นำสารทั้งสองมาละลายน้ำในบีกเกอร์ที่มีน้ำ 100 cm³ คนจนอิ่มตัว นำบีกเกอร์ทั้งสองไปตั้งไฟ แล้วเติมสารทั้งสองอีกอย่างละ 5 ช้อนเบอร์ 1 คนจนละลายหมด นำบีกเกอร์ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น สังเกตผลึกที่เกิดขึ้น

คะแนน	คำตอบ
4	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมากที่สุด
3	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมมาก
2	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อย
1	ระบุขั้นตอน เลือกใช้อุปกรณ์ และเลือกใช้สาร ถูกต้อง เหมาะสมน้อยที่สุด

6. การทดลองนี้จะได้ข้อสรุปอย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง : สารขวดใดขวดหนึ่งเป็นเกลือปน อีกขวดหนึ่งเป็นสารส้ม

คะแนน	คำตอบ
4	สารขวดใดขวดหนึ่งเป็นเกลือปน อีกขวดหนึ่งเป็นสารส้ม
3	สารขวดใดขวดหนึ่งเป็นเกลือปน อีกขวดหนึ่งเป็นสารส้ม อย่างใดอย่างหนึ่ง
2	สารขวดใดขวดหนึ่งใช้ปรุงอาหารได้โดยไม่มีอันตราย
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

7. เมื่อได้ข้อสรุปแล้วสรรยาจะอย่างไรต่อไป

คำตอบที่ถูกต้อง : นำสารขวดที่เป็นเกลือปนมาปรุงอาหาร

คะแนน	คำตอบ
4	นำสารขวดที่เป็นเกลือปนมาปรุงอาหาร
3	นำสารขวดที่เป็นสารส้มไปวางที่อื่น
2	ไม่วางสารทั้งสองขวดปะปนกัน
1	คำตอบเป็นอย่างอื่น

เกณฑ์การให้คะแนนโครงงานวิทยาศาสตร์

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
1. หัวข้อโครงงาน	เกี่ยวข้องกับ การแก้ปัญหาเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี ครอบคลุมทุกคนใน กลุ่ม และเป็นประโยชน์ต่อผู้อื่นในท้องถิ่น	เกี่ยวข้องกับ การแก้ปัญหา เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี ครอบคลุมทุกคนใน กลุ่ม	เกี่ยวข้องกับ การแก้ปัญหาเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี ครอบคลุมหลายคน ในกลุ่ม	เกี่ยวข้องกับ การแก้ปัญหาเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของ คนใดคนหนึ่งในกลุ่ม
2. ข้อมูลพื้นฐาน	ค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน มากพอจากหลาย แหล่งข้อมูล และ ครอบคลุม สามารถดำเนินงานต่อไปได้โดยไม่ติดขัด	ค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน มากพอ และ ครอบคลุม พอที่จะ ดำเนินงานต่อไปได้	ค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน มากพอ ค่อนข้าง ครอบคลุมพอที่จะ ดำเนินงานต่อไปได้	ค้นคว้าข้อมูล พื้นฐานยังไม่มาก พอที่จะดำเนินงานต่อไปได้
3. โครงร่าง	ความสำคัญ หลักการ และเหตุผล ปัญหา สาเหตุ แนวทางแก้ไข วัตถุประสงค์ และ สมมติฐาน ในบทนำ ชัดเจน วิธีการ ดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบสอดคล้อง กับสมมติฐาน และ วิธีการเก็บรวบรวม ข้อมูลชัดเจน	ความสำคัญ หลักการ และเหตุผล ปัญหา สาเหตุ แนวทางแก้ไข วัตถุประสงค์ และ สมมติฐาน ในบทนำ ชัดเจน วิธีการ ดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบสอดคล้องกับ สมมติฐานและวิธีการ เก็บรวบรวมข้อมูล ค่อนข้างชัดเจน	ความสำคัญ หลักการ และเหตุผล ปัญหา สาเหตุ แนวทางแก้ไข วัตถุประสงค์ และ สมมติฐาน ในบทนำ ชัดเจน วิธีการ ดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบสอดคล้องกับ สมมติฐานและวิธีการ เก็บรวบรวมข้อมูล ไม่ค่อยชัดเจน	ความสำคัญ หลักการ และเหตุผล ปัญหา สาเหตุ แนวทางแก้ไข วัตถุประสงค์ และ สมมติฐาน ในบทนำ ชัดเจน วิธีการ ดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบสอดคล้องกับ สมมติฐานและวิธีการ เก็บรวบรวมข้อมูล ไม่ชัดเจน
4. การดำเนินการทดลอง	ใช้อุปกรณ์และ เครื่องมือถูกต้อง เหมาะสม และ ดำเนินการตาม ขั้นตอน	ใช้อุปกรณ์และ เครื่องมือค่อนข้าง ถูกต้องเหมาะสม และ ดำเนินการตาม ขั้นตอน	ใช้อุปกรณ์และ เครื่องมือไม่ค่อย ถูกต้องเหมาะสม และ ดำเนินการไม่เป็นไป ตามขั้นตอน	ใช้อุปกรณ์และ เครื่องมือไม่ถูกต้อง เหมาะสม และ ดำเนินการไม่เป็นไป ตามขั้นตอน

ภาคผนวก ค

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
5. ผลการรวบรวมข้อมูล	ได้ข้อมูลมากพอตามที่เสนอไว้ในโครงร่าง สามารถอธิบายที่มาของข้อมูลได้อย่างชัดเจน และออกแบบตารางบันทึกหรือแปลข้อมูลเป็นกราฟ แผนภูมิ หรือแผนภาพ เข้าใจง่าย	ได้ข้อมูลค่อนข้างมากพอ ตามที่เสนอไว้ในโครงร่าง สามารถอธิบายที่มาของข้อมูลได้ค่อนข้างชัดเจน และออกแบบตารางบันทึก หรือแปลข้อมูลเป็นกราฟ แผนภูมิ หรือแผนภาพ เข้าใจ	ได้ข้อมูลค่อนข้างมากพอตามที่เสนอไว้ในโครงร่าง สามารถอธิบายที่มาของข้อมูลได้ค่อนข้างชัดเจน และออกแบบตารางบันทึก ที่ดูเข้าใจยาก	ได้ข้อมูลไม่มากพอตามที่เสนอไว้ในโครงร่าง ไม่สามารถอธิบายที่มาของข้อมูลได้ไม่ชัดเจน หรือออกแบบตารางบันทึกหรือแปลข้อมูลเป็นกราฟ แผนภูมิ หรือแผนภาพ ที่ดูเข้าใจยาก
6. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูลจากตารางบันทึกผลเพื่อนำไปสู่การสรุปผลที่พิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ได้อย่างชัดเจน	วิเคราะห์ข้อมูลจากตารางบันทึกผลเพื่อนำไปสู่การสรุปผลที่พิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ได้ค่อนข้างชัดเจน	วิเคราะห์ข้อมูลจากตารางบันทึกผลเพื่อนำไปสู่การสรุปผลที่พิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ไม่ค่อยชัดเจน	วิเคราะห์ข้อมูลจากตารางบันทึกผลเพื่อนำไปสู่การสรุปผลที่พิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ไม่ชัดเจน
7. รายงานฉบับสมบูรณ์	การจัดรูปแบบพอเหมาะ เรียบร้อยบทคัดย่อ กระชับ ครอบคลุม และอ่านเข้าใจง่าย บทสรุปตอบคำถามของโครงการได้อย่างชัดเจน เอกสารอ้างอิงครบถ้วน	การจัดรูปแบบพอเหมาะ เรียบร้อย บทคัดย่อ ค่อนข้างกระชับ ครอบคลุม และอ่านเข้าใจง่าย บทสรุปตอบคำถามของโครงการได้ ค่อนข้างชัดเจน เอกสารอ้างอิงครบถ้วน	การจัดรูปแบบพอเหมาะ เรียบร้อย บทคัดย่อไม่ค่อยกระชับ ไม่ครอบคลุม และอ่านค่อนข้างเข้าใจง่าย บทสรุปตอบคำถามของโครงการได้ไม่ค่อยชัดเจน เอกสารอ้างอิงไม่ครบถ้วน	การจัดรูปแบบพอเหมาะ เรียบร้อยบทคัดย่อยังไม่กระชับ ไม่ครอบคลุม และอ่านเข้าใจยาก บทสรุปตอบคำถามของโครงการไม่ได้ เอกสารอ้างอิงไม่ครบถ้วน
8. คุณภาพของผลงาน	น่าสนใจ แปลกใหม่ และมีประโยชน์มาก	น่าสนใจ แปลกใหม่ และมีประโยชน์ค่อนข้างมาก	น่าสนใจ แปลกใหม่ และมีประโยชน์น้อย	น่าสนใจ แปลกใหม่ และมีประโยชน์น้อยมาก

เกณฑ์	คุณภาพ			
	ยอดเยี่ยม(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ต้องปรับปรุง(1)
9. การนำเสนอหน้าชั้นเรียน	ขั้นตอนการนำเสนอเป็นไปตามลำดับชั้นอย่างชัดเจน มีการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีประกอบการนำเสนออย่างเหมาะสมและใช้เวลาแนะนำเสนอตามที่กำหนดให้พอดี	ขั้นตอนการนำเสนอเป็นไปตามลำดับชั้นค่อนข้างชัดเจน มีการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีประกอบการนำเสนอค่อนข้างเหมาะสมและใช้เวลาแนะนำเสนอตามที่กำหนดให้เกือบพอดี	ขั้นตอนการนำเสนอไม่ค่อยเป็นไปตามลำดับชั้น มีการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีประกอบการนำเสนอค่อนข้างเหมาะสมและใช้เวลาแนะนำเสนอตามที่กำหนดให้เกือบพอดี	ขั้นตอนการนำเสนอไม่เป็นไปตามลำดับชั้น ไม่มีการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีประกอบการนำเสนอ และใช้เวลาแนะนำเสนอไม่เป็นไปตามที่กำหนดให้
10. การนำเสนอในงานนิทรรศการทางวิชาการ	ใช้สื่อทัศนูปกรณ์หลากหลาย น่าสนใจ ชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับเนื้อหาของโครงการงาน และสถานที่	ใช้สื่อทัศนูปกรณ์ค่อนข้างหลากหลาย น่าสนใจ ชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับเนื้อหาของโครงการงาน และสถานที่	ใช้สื่อทัศนูปกรณ์ค่อนข้างหลากหลาย แต่ไม่ค่อยน่าสนใจ ไม่ค่อยชัดเจนเข้าใจยาก ไม่ค่อยเหมาะสมกับเนื้อหาของโครงการงาน และสถานที่	ใช้สื่อทัศนูปกรณ์น้อยชนิด ไม่น่าสนใจ ไม่ชัดเจน เข้าใจยาก ไม่เหมาะสมกับเนื้อหาของโครงการงาน และสถานที่

คุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. แบบทดสอบปรนัย

ความยากง่าย	.22 - .79
อำนาจจำแนก	.23 - .85
ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ	.85

ข้อ	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก
1	.79	.27
2	.58	.35
3	.57	.40
4	.79	.27
5	.48	.58
6	.45	.62
7	.71	.52
8	.69	.56
9	.70	.54
10	.67	.61
11	.68	.49
12	.58	.63
13	.63	.71
14	.60	.67
15	.53	.81
16	.55	.78
17	.65	.85
18	.65	.43
19	.66	.28
20	.55	.73
21	.45	.53
22	.43	.51
23	.31	.45
24	.39	.23

25	.42	.32
26	.28	.59
27	.22	.64
28	.67	.41
29	.52	.41
30	.65	.43
31	.66	.51
32	.52	.28
33	.49	.31
34	.34	.28
35	.60	.52
36	.57	.56
37	.50	.32
38	.38	.36
39	.63	.40
40	.59	.54

2. แบบทดสอบอัตนัย

ความยากง่าย .43 - .69

อำนาจจำแนก .33 - .70

ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน .99

ข้อ	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก
1	.55	.67
2	.61	.52
3	.63	.59
4	.64	.50
5	.44	.55
6	.63	.40
7	.64	.42
8	.56	.43
9	.69	.34
10	.43	.38

11	.62	.49
12	.59	.39
13	.67	.38
14	.61	.44
15	.62	.42
16	.62	.42
17	.63	.38
18	.63	.44
19	.64	.33
20	.45	.70

3. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน .98

4. แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์

ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน .98

5. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความยากง่าย .38 - .59

อำนาจจำแนก .30 - .38

ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน .98

สถานการณ์ที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก
1	.41	.37
2	.59	.35
3	.41	.35
4	.44	.39
5	.43	.30
6	.38	.30

6. แบบวัดความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน .96

7. แบบวัดความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

ความยากง่าย .46 - .73

อำนาจจำแนก .28 - .60

ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน .99

สถานการณ์ที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก
1	.47	.60
2	.58	.51
3	.55	.59
4	.63	.52
5	.62	.54
6	.74	.28

สูตรดัชนีความยากง่ายของวิทนี้อยและซาเบอร์

$$P_E = S_U + S_L - (2N X_{\min}) / 2N (X_{\max} - X_{\min})$$

P_E = ดัชนีความยากง่าย

S_U = ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L = ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N = จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

$X_{\max}$ = คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

$X_{\min}$ = คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

สูตรดัชนีค่าอำนาจจำแนกของวิทนี้อยและซาเบอร์

$$D = S_U - S_L / N (X_{\max} - X_{\min})$$

ข้อมูลจากการวิจัย

GPA หมายถึง ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ (ส = สูง, ก = กลาง, ต = ต่ำ)

Y1 หมายถึง คะแนนผลการเรียนรู้อิวิทยาศาสตร์

Y2 หมายถึง คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

Y3 หมายถึง คะแนนความสามารถในการประเมินการรู้คิดของตนเอง

กลุ่ม ควบคุม	GPA	Y1(164)	Y2(208)	Y3(192)
เลขที่				
1ก	3	114	159	159
2ส	3.5	131	176	165
3ก	2	108	159	156
4ก	2.5	110	165	155
5ต	1	98	136	133
6ต	1.5	107	148	134
7ก	2.5	113	161	155
8ต	1.5	90	144	154
9ส	4	140	174	175
10ก	3	144	155	169
11ส	4	137	187	172
12ก	2.5	118	172	155
13ก	2.5	127	174	156
14ต	2.5	92	144	142
15ก	1.5	111	155	155
16ก	2.5	107	158	157
17ต	1	89	143	139
18ก	3	107	156	154
19ก	3	105	152	156
20ก	2.5	112	155	156

กลุ่ม ควบคุม	GPA	Y1(164)	Y2(208)	Y3(192)
เลขที่				
21ก	2.5	110	156	157
22ก	2.5	105	157	155
23ก	2	113	157	156
24ก	2.5	117	154	157
25ส	4	129	173	171
26ก	2.5	117	156	155
27ก	2	103	154	153
28ต	1.5	100	141	141
29ก	2.5	113	156	168
30ส	3.5	131	172	161
31ก	2.5	111	142	147
32ต	1.5	98	143	138
33ส	3.5	127	172	169
34ต	1.5	90	146	140
35ส	3.5	129	172	177
36ส	3.5	128	172	172
37ส	1.5	129	173	172
38ต	1.5	97	142	140
39ต	3.5	102	143	140
40ส	3.5	131	175	172

กลุ่ม ทดลอง 1	GPA	Y1(164)	Y2(208)	Y3(192)
เลขที่				
1ก	2.5	132	173	170
2ก	2.5	126	172	176
3ส	4	140	187	182
4ก	3	127	169	172
5ก	3	126	171	180
6ก	3	129	168	165
7ส	4	143	189	185
8ก	2.5	125	168	173
9ก	2.5	127	166	163
10ส	4	147	187	189
11ส	3.5	142	182	186
12ก	2	123	170	174
13ด	1	110	156	155
14ด	1.5	114	156	156
15ก	2	123	172	187
16ก	2	125	171	173
17ก	2.5	125	163	180
18ด	1	106	153	157
19ก	2.5	122	164	168
20ด	1.5	119	160	178
21ส	3.5	142	185	184
22ก	2	126	152	164
23ส	3.5	142	183	179
24ก	2.5	126	165	160
25ก	2.5	132	168	164

กลุ่ม ทดลองที่				
1	GPA	Y1(164)	Y2(208)	Y3(192)
เลขที่				
26ด	1.5	115	153	151
27ส	3.5	141	185	186
28ก	2.5	134	169	168
29ด	1.5	108	153	153
30ส	3.5	144	185	188
31ก	2.5	130	171	170
32ด	1.5	112	158	155
33ส	3.5	147	185	189
34ก	3	132	172	172
35ก	2.5	126	174	174
36ด	1.5	116	159	160
37ด	1.5	108	161	161
38ส	3.5	144	185	182
39ก	2.5	130	176	177
40ด	1.5	108	162	162

กลุ่ม ทดลองที่ 2	GPA	Y1(164)	Y2(208)	Y3(192)
เลขที่				
1ก	2	130	168	178
2ต	1	85	167	170
3ต	1.5	117	169	171
4ก	2.5	124	158	184
5ต	1.5	123	170	180
6ก	2.5	128	158	182
7ต	1.5	127	135	170
8ต	1	111	168	167
9ก	2	120	156	180
10ก	3	132	162	186
11ก	3	137	172	179
12ก	3	150	206	188
13ส	3.5	149	192	191
14ต	1.5	112	170	163
15ส	3.5	146	189	190
16ต	1.5	132	178	165
17ต	1.5	119	179	169
18ส	4	153	200	187
19ก	3	143	202	192
20ส	3.5	150	195	190
21ต	1.5	108	174	170
22ก	2	125	183	177
23ก	2	127	180	180
24ก	2.5	133	176	181
25ส	3.5	149	193	189

กลุ่ม ทดลองที่	GPA	Y1(164)	Y2(208)	Y3(192)
2				
เลขที่				
26ก	2.5	138	184	182
27ส	3.5	148	192	190
28ส	3.5	151	197	189
29ด	1.5	111	174	167
30ก	2.5	132	179	185
31ก	2.5	138	184	183
32ส	3.5	153	197	190
33ก	3	135	182	180
34ก	2.5	136	188	179
35ก	2.5	131	178	184
36ก	2.5	137	184	177
37ก	2.5	135	179	182
38ส	3.5	152	194	188
39ก	2.5	130	181	186
40ส	3.5	148	196	188

ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 9 ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) ของคะแนนผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (Y1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง (Y3)

ตัวแปรตาม	ความเบ้ (Skewness)	ความโด่ง (Kurtosis)
Y1	-.256	-.516
Y2	.017	-.493
Y3	-.472	-.545

ตาราง 10 เมทริกซ์ความแปรปรวน (Variance Matrices) – ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrices) ของตัวแปรตาม

Box 's M	F	Df1	df2	Sig.
220.570	4.066	48	10101.758	.000

ตาราง 11 ผลการทดสอบระหว่างกลุ่ม (Test of Between-Subjects Effects) ระหว่างตัวแปรรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Y1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง (Y3)

ตัวแปรตาม	SS	df	MS	F	Eta Square
Y1	6880.447	2	3440.22	77.773**	.584
			3		
Y2	8644.247	2	4322.12	72.811**	.567
			3		
Y3	11118.64	2	5559.32	216.841**	.796
	7		3		

ตาราง 12 ผลการทดสอบระหว่างกลุ่ม (Test of Between-Subjects Effects) ระหว่างตัวแปรความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ กับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Y1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง (Y3)

ตัวแปรตาม	SS	df	MS	F	Eta Square
Y1	17306.22	2	8653.11	195.620**	.779
	5		2		
Y2	12466.05	2	6233.02	105.002**	.654
	0		5		
Y3	9854.225	2	4927.11	192.181**	.776
			2		

ตาราง 13 ร้อยละของคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Y1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Y2) และความสามารถในการประเมินการรู้จักของตนเอง (Y3) ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (LC) ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปราย (LCMR) ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา (LCMRA) จำแนกตามระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง	ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	ตัวแปรตาม	คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 60	คะแนนร้อยละ 60-69	คะแนนร้อยละ 70-79	คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป
LC	กลุ่มสูง	Y1			80	20
		Y2				100
		Y3				100
	กลุ่มปานกลาง	Y1		75	20	5
		Y2			90	10
		Y3	5		10	85
	กลุ่มต่ำ	Y1	70	30		
		Y2		10	90	
		Y3		30	60	10

กลุ่มตัวอย่าง	ความรู้พื้นฐาน วิทยาศาสตร์	ตัวแปรตาม	คะแนนต่ำ กว่าร้อยละ 60	คะแนนร้อยละ 60-69	คะแนนร้อยละ 70-79	คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป
LCMR	กลุ่มสูง	Y1				100
		Y2				100
		Y3				100
	กลุ่มปานกลาง	Y1			85	15
		Y2			25	75
		Y3				100
	กลุ่มต่ำ	Y1			60	40
		Y2				100
		Y3			20	80
LCMRA	กลุ่มสูง	Y1				100
		Y2				100
		Y3				100
	กลุ่มปานกลาง	Y1			40	60
		Y2			20	80
		Y3				100
	กลุ่มต่ำ	Y1	10	40	40	10
		Y2			10	90
		Y3				100

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายดำเนิน ยาท่วม
วันเดือนปีเกิด	3 มกราคม 2500
สถานที่เกิด	อำเภอตรอน จังหวัดอุดรธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	643 พหลโยธิน 35 แขวง 7 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสตรีวิทยา แขวงวัดบวรนิเวศ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2514	มัธยมศึกษาปีที่ 3
พ.ศ. 2516	ประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา
พ.ศ. 2519	ประกาศนียบัตรครูพิเศษมัธยม
พ.ศ. 2523	การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)
พ.ศ. 2537	การศึกษามหาบัณฑิต (การมัธยมศึกษา)
พ.ศ. 2548	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)