

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
สิงหาคม 2559

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุริยบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

สิงหาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

สิงหาคม 2559

ธนาวุฒิ ลาตวงษ์. (2559). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด.

(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อาจารย์ที่ปรึกษาปรินูญานิพนธ์: ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล,

รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโคก, ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และ 2) ศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้านความสามารถด้านอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดร้อยเอ็ด ในช่วงปิดภาคเรียนฤดูร้อน ปีการศึกษา 2558 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 30 คน ซึ่งได้มาโดยการรับนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการการจัดการเรียนรู้ เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดความสามารถด้านอภิปัญญา 2) แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล และขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้

2. ประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า

2.1 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ทุกด้านและภาพรวม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุด ได้แก่ การประเมินผล ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่ำที่สุด ได้แก่ การวางแผน

2.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ระหว่างเรียน ทั้งรายกลุ่มและภาพรวมมีแนวโน้มพัฒนาการสูงขึ้น โดยการเรียนรู้ครั้งที่ 5 คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 50 และการเรียนครั้งที่ 8 เป็นต้นไป คะแนนเฉลี่ยมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ที่ร้อยละ 77

2.3 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01



A DEVELOPMENT OF 5A SCIENCE LEARNING MODEL FOR ENHANCING
METACOGNITION FOR LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS



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

August 2016

Thanawuth Latwong. (2016). *A Development of 5A Science Learning Model for Enhancing Metacognition for Lower Secondary School Students*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Chaninan Pruekpramool, Assoc. Prof. Dr.Nason Phonphok, Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob.

The purposes of this study were 1) to develop a 5A science learning model for enhancing metacognition levels for lower secondary school students, and 2) to study the effectiveness of the 5A science learning model for lower secondary school students with regard to metacognition abilities and science learning achievement. The participants consisted of thirty volunteer students in one classroom who were in the ninth-grade during the summer session of the 2015 academic year. The research instruments consisted of the following 1) a metacognition abilities test, 2) a metacognition recording form, and 3) a science learning achievement test. The data were analyzed using percentage, mean, and standard deviation; as well as a t-test for dependent sample and a t-test for one sample.

The results can be summarized as follows:

1. The 5A science learning model for enhancing metacognition for lower secondary school students was composed of five steps; Step 1: Awareness (A), Step 2: Action plan (A), Step 3: Accomplishment (A), Step 4: Assessment (A), and Step 5: Application (A).
2. The effectiveness of 5A science learning model for lower secondary school students indicated that;

2.1 The posttest mean scores of the metacognition abilities of the student in terms of their components and overall after using the 5A science learning model were higher than the pretest mean scores at a statistically significant level of .01 and were also significantly higher than the criteria of 50 percent at a level of .01. The component of metacognition that students achieved the highest mean score was "evaluating" and the lowest ranked mean score was "planning".

2.2 The mean scores with regard to the metacognition abilities of the students using the 5A science learning model in each group and gradually tended to increase overall.

Considering the fifth time of learning, the mean scores metacognition abilities of the students were higher than 50 percent and were constant at the eighth time at 77 percent.

2.3 The posttest mean scores of regarding the science learning achievement of students after using the 5A science learning model were higher than the pretest mean score at a statistically significant level of .01. Furthermore, they were also significantly higher than the 70 percent criteria at the .01 level.



ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภินิพัญญา

สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ของ

ธนาวุฒิ ลาตวงษ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก

.....ประธาน

(อาจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมุข)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

.....ที่ปรึกษาร่วม

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรวิทย์ ผลโกศ)

(อาจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมุข)

.....ที่ปรึกษาร่วม

.....กรรมการ

(ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรวิทย์ ผลโกศ)

.....กรรมการ

(ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและเอาใจใส่อย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤษทรัพย์ประมุข อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโภค และ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษา อบรมสั่งสอน ตลอดจน ให้ข้อคิดอันมีคุณค่าต่อการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ ประธานกรรมการสอบปากเปล่า และอาจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ กรรมการสอบปากเปล่า ที่กรุณาให้คำแนะนำที่มีคุณค่า ในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.วิชณุ ทรัพย์สมบัติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์ ผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง อาจารย์วิไลวรรณ วรรณทองสุข และ ดร.ธัญญากร ช่วยทุกข์เพื่อน ที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนา เครื่องมือวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการบัณฑิต ประสิทธิ์นอก อาจารย์อุทัย สะเดา อาจารย์ ทองลักษณ์ สะเดา อาจารย์สันศักดิ์ รมเพ็ง และคณะครูทุกท่านที่ให้ความห่วงใยและช่วยเหลือในการ ดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงอย่างดียิ่ง ตลอดจนขอขอบใจนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีความพากเพียร ช่วยให้การดำเนินงานวิจัยสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณรุ่นพี่จากศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์ และ อาจารย์ ดร.กิตติมา พันธุ์พฤษา ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัย ตลอดจนรุ่นน้องและบุคลากร จากศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคนที่เป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้วิจัยขอกราบแทบเท้า คุณพ่อสำราญ - คุณแม่บังอร ลาตวงษ์ บิดามารดา ผู้ให้กำเนิด ให้ความรักความอบอุ่น และอบรมสั่งสอนให้ผู้วิจัยมีความพากเพียรพยายามจนกระทั่ง ปริญญานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบใจน้องสาวอาจารย์สรินทร์ ลาตวงษ์ ที่คอยห่วงใยและเป็น กำลังใจเสมอมา คุณงามความดีและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็น เครื่องบูชาแทนพระคุณบุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณ

ธนาวุฒิ ลาตวงษ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามการวิจัย.....	5
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
ความสำคัญของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
สมมติฐานในการวิจัย.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
ส่วนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีเศรษฐนิยม.....	12
แนวคิดทฤษฎีเศรษฐนิยม.....	12
แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีเศรษฐนิยม.....	14
ส่วนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้.....	18
การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E.....	18
การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7E.....	24
ส่วนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับอภิปัญญา.....	30
ความสำคัญของอภิปัญญา.....	30
ความหมายของอภิปัญญา.....	31
องค์ประกอบของอภิปัญญา.....	33
การจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา.....	41
การวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา.....	46
ส่วนที่ 4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	55
ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	55
องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	56

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	60
รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A.....	63
บทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A...70	
ส่วนที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	73
ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	73
การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	76
ส่วนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า.....	78
งานวิจัยในประเทศ.....	78
งานวิจัยต่างประเทศ.....	81
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	85
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	85
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A.....	87
ขั้นตอนที่ 3 การศึกษานำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A.....	100
ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ไปใช้จริง.....	102
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	108
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อ ส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	108
ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อ ส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	110
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	118
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	118
สมมติฐานการวิจัย.....	118

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 (ต่อ)	
วิธีดำเนินการวิจัย.....	118
สรุปผลการวิจัย.....	120
อภิปรายผลการวิจัย.....	121
การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A.....	121
ประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A	122
ข้อเสนอแนะ.....	127
บรรณานุกรม.....	129
ภาคผนวก.....	139
ภาคผนวก ก.....	140
ภาคผนวก ข.....	142
ภาคผนวก ค.....	206
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	268

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การวิเคราะห์แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยม.....	17
2 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E.....	20
3 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E.....	22
4 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7E....	26
5 การสังเคราะห์องค์ประกอบของอภิปัญญา.....	38
6 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา.....	45
7 ตัวอย่างแบบรายงานตัวเองที่ใช้วัดอภิปัญญาของนักเรียน.....	48
8 การสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A โดยใช้พื้นฐาน แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา.....	64
9 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A.....	70
10 การกำหนดหน่วยการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้.....	89
11 โครงสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 60 ข้อ.....	99
12 การกำหนดเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างก่อนและหลังปรับปรุง.....	101
13 การกำหนดคำถามข้อที่ 4 และ 5 ของแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา ระหว่างก่อนและหลังปรับปรุง.....	101
14 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วย รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	110
15 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วย รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50...	111
16 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัด การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ระหว่างเรียน 12 ครั้ง.....	112
17 การเปรียบเทียบคำตอบนักเรียนที่มีระดับความสามารถด้านอภิปัญญา ควรปรับปรุงและดีมาก.....	114
18 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ก่อนเรียนและหลังเรียน....	116

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
19 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70.....	117
20 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	207
21 ผลการประเมินความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาของรูปแบบ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	210
22 ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้.....	213
23 ผลการประเมินคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และข้อเสนอแนะ.....	237
24 ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์และระดับการวัดของแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	255
25 ค่าดัชนีความถูกต้องของเนื้อหาของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์.....	258
26 ค่าดัชนีความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์.....	261
27 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอภิปัญญา.....	264
28 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์.....	265

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	10
2 การสร้างความเข้าใจตามทฤษฎีสมรรถนิยม	13
3 การเปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E และ 7E.....	25
4 ตัวอย่างสถานการณ์ของแบบทดสอบอภิปัญญา.....	50
5 ตัวอย่างคำถามของแบบทดสอบอภิปัญญา.....	51
6 ตัวอย่างแนวคำตอบของแบบทดสอบอภิปัญญา.....	52
7 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบอภิปัญญา.....	53
8 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.....	66
9 ความเชื่อมโยงของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แบบ 5A กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐาน.....	67
10 พัฒนาการความสามารถด้านอภิปัญญาระหว่างเรียนของนักเรียนรายกลุ่ม 5 กลุ่ม และภาพรวม ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A 12 ครั้ง.....	115

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

สังคมโลกในศตวรรษที่ 21 เป็นสังคมในยุคโลกาภิวัตน์ที่ได้เข้าสู่สังคมแห่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันประกอบด้วยข้อมูล ข่าวสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ มีความหลากหลาย ซับซ้อน เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา มีประโยชน์เป็นอเนกอนันต์หากนำไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม และมีโทษก่อให้เกิดปัญหาอย่างร้ายแรงหากนำไปใช้โดยขาดความรู้และการคิดใคร่ครวญ ดังนั้นการดำเนินชีวิตในยุคปัจจุบันนี้จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินคุณค่า เพื่อใคร่ครวญเลือกใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนพร้อมที่จะป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างถูกต้อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2551ก: 1) ดังนั้นการพัฒนาความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ถูกต้อง ควบคู่ไปกับการพัฒนากระบวนการด้านการคิดและกระบวนการเรียนรู้จึงถือได้ว่าเป็นเป้าหมายที่สำคัญอย่างยิ่งของการจัดการศึกษาในสังคมโลกปัจจุบัน

การจัดการศึกษาในประเทศไทยนั้น องค์การที่มีส่วนรับผิดชอบในการจัดการศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญตามที่กล่าวมาข้างต้น ดังที่ปรากฏในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 ในหมวดที่ 4 ว่าด้วยแนวการจัดการศึกษา มาตราที่ 4(2) ที่กำหนดว่า “การจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้ประโยชน์และป้องกันแก้ไขปัญหาย” (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545ก: 13) ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2545-2559 ได้กล่าวว่าการปฏิรูประบบการเรียนรู้ ต้องเอื้อต่อการพัฒนาขีดความสามารถของนักเรียนให้เต็มศักยภาพ มุ่งให้นักเรียนรักการเรียนรู้ ปลูกฝังให้นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบระเบียบ มีความสามารถแสวงหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาและตัดสินใจแก้ปัญหาด้วยตนเอง ตลอดจนสามารถเชื่อมโยงวิธีการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับประสบการณ์จริงในการดำเนินชีวิตได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545ข: 9) เช่นเดียวกันกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กำหนดวิสัยทัศน์และเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสถานศึกษา เพื่อมุ่งพัฒนาให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด จินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา การจัดการและพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง อันจะนำไปสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความหมายอย่างแท้จริง (สสวท. 2551ก: 3) ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น ควรส่งเสริมให้นักเรียนให้เผชิญสถานการณ์ปัญหา แล้วฝึก

กระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบระเบียบ ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ตลอดจนสามารถนำสิ่งที่เรียนรู้ไปประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ได้

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะมีการกำหนดแนวทางการจัดการศึกษา วิสัยทัศน์และเป้าหมายของการจัดการศึกษาและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดในการเรียนรู้ไว้อย่างชัดเจนแล้วนั้น แต่ยังพบปัญหว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำมาก ดังจะเห็นได้จากรายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาของประเทศไทยเอง ได้แก่ ผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐานของนักเรียนไทย (Ordinary National Educational Test (O-NET)) ในปีการศึกษา 2555-2558 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ร้อยละ 35.37, 37.95, 38.64 และ 37.63 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สทศ.). 2555: ออนไลน์) ซึ่งจะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยในแต่ละปีนั้นไม่ถึงร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

นอกจากการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทยเองแล้ว ยังมีการประเมินผลจากหน่วยงานของต่างประเทศที่สะท้อนให้เห็นว่าความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยยังอยู่ในระดับต่ำ ดังจะเห็นได้จากรายงานผลการประเมินความสามารถในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของโครงการ TIMSS (The Third International Mathematics and Science Study) ของสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (The International Association for the Evaluation of Education Achievement (IEA)) ในปี ค.ศ. 2011 พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 451 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของนานาชาติ (500 คะแนน) เมื่อจำแนกคะแนนตามเนื้อหา พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เท่ากับ 460, 436, 430 และ 466 คะแนน ตามลำดับ (IEA. 2012: 152-165)

จากการศึกษาผลการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนไทยนั้น นอกจากจะมีระดับความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำแล้ว ยังพบว่านักเรียนไทยมีความสามารถด้านการคิดที่จำเป็นในการดำเนินชีวิต ได้แก่ ความสามารถในการเรียนรู้ และความสามารถควบคุมกระบวนการคิดในการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำมากเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากรายงานผลการประเมินคุณภาพทางการศึกษาของไทย พบว่า ผลสรุปศักยภาพของนักเรียนไทยในด้านความสามารถในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ สิ่งที่นักเรียนไทยต้องได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน คือ การคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง โดยมีข้อเสนอแนะว่าผลการศึกษาที่เกิดขึ้นอาจมีปัจจัยเชิงสาเหตุ

อันเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทยตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนกระทั่งถึงระดับมัธยมศึกษาชั้นนั้น ครูส่วนใหญ่จะเน้นการบอกความรู้ เน้นการท่องจำมากกว่าการเน้นให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งหากจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิด กระบวนการเรียนรู้แล้วนั้น จะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ. 2542: 5) สอดคล้องกับรายงานการวิจัยประกอบร่างพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ที่สำรวจความรู้ความสามารถของนักเรียนที่กำลังจะสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่าทักษะความสามารถที่จำเป็นในการดำเนินชีวิตของนักเรียนไทยที่สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นนั้น ยังขาดความสามารถด้านการคิดและความสามารถในการกำกับติดตามการเรียนรู้ (ดิเรก พรสีมา; และคนอื่น ๆ. 2542: 10; สุธรรม อารีกุล. 2540: 20)

การพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้เป็นระบบระเบียบนั้น นักเรียนจะต้องมีกระบวนการคิดและการกำกับติดตามการคิดในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างเป็นระบบระเบียบ เรียกกระบวนการคิดนี้ว่า “อภิปัญญา” (Metacognition) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Learning about learning) หรือคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง (Thinking about thinking) สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีเป้าหมายในการเรียนรู้ที่ชัดเจน คือการวางแผนการเรียนรู้ที่มีทิศทาง มีกระบวนการควบคุมกำกับติดตามการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ และมีกระบวนการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับกาโรฟาโล และเลสเตอร์ (Garofalo; & Lester. 1985: 163-176) ที่มีแนวคิดในทิศทางเดียวกันว่านักเรียนจะใช้กระบวนการทางอภิปัญญากำกับกระบวนการทางปัญญาของตนเอง โดยนักเรียนจะได้ตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้เดิมที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้ ตระหนักรู้เกี่ยวกับประเด็นสำคัญที่จะเรียนรู้ และตระหนักรู้เกี่ยวกับวิธีการต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้ จากนั้นจึงใช้ข้อมูลทั้ง 3 ส่วนมาวางแผนการเรียนรู้ กำกับติดตามการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจกระบวนการเรียนรู้ของตนเองได้

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวถึงความสำคัญของอภิปัญญาตามที่กล่าวข้างต้นนั้นทำให้ครูวิทยาศาสตร์จะต้องตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้อภิปัญญาในกระบวนการเรียนรู้ โดยจากการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยเกี่ยวกับอภิปัญญาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน พบว่า นักวิจัยได้นำอภิปัญญามาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลายลักษณะด้วยกัน สามารถจำแนกได้เป็น 4 แบบ

กล่าวคือ แบบแรก เป็นการนำอภิปัญญามาผนวกกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิมที่ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป (สมจิตร ทรัพย์อัประไมย. 2540) แบบที่สอง เป็นการนำอภิปัญญามาผนวกกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E (ดำเนิน ยาท่วม. 2548) แบบที่สาม เป็นการนำอภิปัญญาไปสอดแทรกในกิจกรรมเพียงบางขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (พัทธ ทองตัน. 2545; จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์. 2546) และแบบที่สี่ เป็นการสร้างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา (สุเทียบ ละอองทอง. 2545)

จากการศึกษาเพื่อจำแนกการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้อภิปัญญาที่พบในปัจจุบันทั้ง 4 แบบ ตามที่กล่าวข้างต้น พบว่ายังสามารถพัฒนาต่อยอดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญาให้นักเรียนได้อีกแนวทางหนึ่ง นั่นคือ การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา ที่มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน สามารถปฏิบัติตามได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ เบเยอร์ (Beyer. 1987: 192-196) ที่มีแนวคิดว่า นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีนั้น นักเรียนต้องได้รับการส่งเสริมและฝึกฝนอภิปัญญาอย่างเป็นระบบ ซึ่งกระบวนการอภิปัญญาตนเองจะเป็นตัวกำกับควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดการเรียนรู้ 3 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณนิยม (Driver; & Oldham. 1986; Ellis; & Maxwell. 1995; สุณีย์ เหมะประสิทธิ์. 2537) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Biological Science Curriculum Studies (BSCS). 2006; Eisenkraft. 2003) และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา (Flavell. 1985; Cross; & Paris. 1988; Garofalo; & Lester. 1985) เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นจะต้องมีขั้นตอนที่ชัดเจน สามารถปฏิบัติตามได้อย่างเป็นระบบระเบียบ ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีชื่อว่า 5A โดยชื่อรูปแบบเป็นอักษรย่อของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ (Awareness) ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน (Action plan) ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ (Accomplishment) ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล (Assessment) และขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ (Application)

โดยการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 1 นักเรียนจะได้ตระหนักรู้ในตนเองเพื่ออธิบายว่ามีความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานเดิมอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้เรื่องที่จะเรียนรู้ได้ (รู้อะไรบ้าง) นักเรียนจะได้ตระหนักรู้ในงานเพื่อกำหนดประเด็นสำคัญที่สงสัยหรืออยากเรียนรู้ได้ (ต้องการเรียนรู้อะไร) และนักเรียนจะได้ตระหนักรู้ในกลวิธีเพื่อคิดหาวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้เรื่องที่จะเรียนรู้ได้ (จะเรียนรู้อย่างไร) โดยทั้ง 3 ส่วนนี้เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ในตนเอง

(Self-knowledge) ความรู้ในงาน (Task knowledge) และความรู้ในกลวิธี (Strategy knowledge) ซึ่งถือเป็นการพัฒนาความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive knowledge) สอดคล้องกับแนวคิดของฟลาวเวลล์ (Flavell, 1985: 103-110) ที่กล่าวว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยอภิปัญญา นักเรียนจะต้องได้ฝึกฝนเกี่ยวกับความรู้ในอภิปัญญา คือการวิเคราะห์ตนเอง การวิเคราะห์งาน และการวิเคราะห์กลวิธี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนดำเนินการเรียนรู้ต่อไป สำหรับการเรียนรู้ในชั้นตอนที่ 2-5 นั้น นักเรียนจะได้วางแผนการเรียนรู้ ลงมือดำเนินการเรียนรู้ กำกับติดตามการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งถือเป็นการพัฒนานักเรียนในด้านการวางแผน (Planning) การกำกับติดตาม (Monitoring) และการประเมินผล (Evaluating) ซึ่งถือเป็นการพัฒนาประสบการณ์อภิปัญญา (Metacognitive experience) สอดคล้องกับแนวคิดของฟลาวเวลล์ (Flavell, 1985: 103-110) ที่กล่าวว่ากระบวนการเรียนรู้ด้วยอภิปัญญาให้มีประสิทธิภาพนั้น นักเรียนจะต้องได้รับการฝึกฝนเกี่ยวกับประสบการณ์ในอภิปัญญา คือ การวางแผน การกำกับติดตาม และการประเมินผลให้มีความถูกต้องและสอดคล้องซึ่งกันและกัน

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการกำหนดจุดมุ่งหมายการจัดการศึกษา การกำหนดเป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในมิติด้านการพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการคิด และการกำกับติดตามการคิดในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง เรียกว่า “ความสามารถด้านอภิปัญญา” และมิติด้านการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจหลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์” และการศึกษารายงานการวิจัยที่สะท้อนถึงปัญหานักเรียนไทยที่มีระดับความสามารถด้านอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ ดังนั้นผู้วิจัยในฐานะนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงมีความมุ่งหมายในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยหวังว่าจะมีประสิทธิภาพช่วยส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชนไทย ทำให้เยาวชนไทยมีความสามารถในการคิดและการกำกับติดตามการคิดในการเรียนรู้อย่างเป็นระบบระเบียบ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการเรียนรู้หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ อันจะทำให้บรรลุตามเป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในที่สุด

คำถามการวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ส่งผลต่อความสามารถด้านอภิปัญญา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญาสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้าน
 - 2.1 ความสามารถด้านอภิปัญญา
 - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นการพัฒนาคุณภาพและศักยภาพของเยาวชนไทยในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในมิติด้านอภิปัญญาเพื่อให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการเรียนรู้จะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ โดยจะได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ซึ่งมีขั้นตอนการเรียนรู้ที่ชัดเจน โดยแต่ละขั้นตอนมีความเป็นระบบระเบียบสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการเรียนรู้ได้จริง
2. เป็นแนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในการประยุกต์ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การวัดประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสามารถขยายผลไปสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนของตนเองได้
3. เป็นแนวทางสำหรับผู้บริหารในการกำหนดนโยบายเพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะครูวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้และทักษะในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อขยายผลไปสู่การส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงกว้างมากยิ่งขึ้นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนในจังหวัดร้อยเอ็ด สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดร้อยเอ็ด ในช่วงปิดภาคเรียนฤดูร้อน ปีการศึกษา 2558 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 30 คน ซึ่งได้มาโดยการรับนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการจัดการการเรียนรู้

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่

1. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ความสามารถด้านอภิปัญญา
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 พลังงาน ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 44 คาบ ประกอบด้วย การทดสอบก่อนเรียน 4 คาบ การทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 36 คาบ และการทดสอบหลังเรียน 4 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หมายถึง การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีแนวคิดพื้นฐานประกอบด้วย แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรคินิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน กล่าวคือ 1) ตระหนักรู้ (A: Awareness) 2) ทำแผนดำเนินงาน (A: Action plan) 3) ดำเนินงานให้สำเร็จ (A: Accomplishment) 4) ประเมินผล (A: Assessment) และ 5) ประยุกต์ใช้ (A: Application) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ เป็นขั้นที่ครูเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ จากนั้นนักเรียนจึงตระหนักรู้ในตนเอง โดยการทบทวนว่านักเรียนมีความรู้วิทยาศาสตร์เดิมอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้สถานการณ์ที่กำหนดได้ (รู้อะไรบ้าง) จากนั้นนักเรียนจึงตระหนักรู้ในงาน โดยกำหนดประเด็นสำคัญที่สามารถเรียนรู้จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (ต้องการเรียนรู้อะไร) จากนั้นนักเรียนจึงตระหนักรู้ในกลวิธี โดยการคิดวิธีการทดลองที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้สถานการณ์ที่กำหนดได้ (จะเรียนรู้อย่างไร) สุดท้ายนักเรียนสรุปการตระหนักรู้ในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา

ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ใช้ข้อมูลจากขั้นตระหนักรู้เพื่อกำหนดแผนดำเนินการเรียนรู้ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผล โดยนักเรียนร่วมกันระดมความคิดเพื่อทำร่างแผนดำเนินงานในกลุ่มย่อย จากนั้นให้นำเสนอแผนดำเนินงานหน้าชั้นเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น สุดท้ายนักเรียนสรุปแผนดำเนินงานในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติการเรียนรู้และกำกับติดตามความสำเร็จในการเรียนรู้ของตนเอง โดยนักเรียนจะต้องระบุขั้นตอนการทดลองที่ทำได้สำเร็จ จากนั้นจึงอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร และนักเรียนจะต้องระบุขั้นตอนการทดลองที่ทำไม่สำเร็จ แล้วอธิบายวิธีหาทางแก้ไข จากนั้นจึงอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร สุดท้ายนักเรียนสรุปการดำเนินงานในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สรุปผลการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ว่ามีความถูกต้อง บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร สุดท้ายนักเรียนสรุปการประเมินผลในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา จากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มรายงานผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียนจนครบทุกกลุ่ม แล้วเพื่อนนักเรียนมีบทบาทร่วมกันอภิปรายผลการเรียนรู้ว่าถูกต้องหรือไม่ อย่างไร และครูมีบทบาทช่วยอธิบายเสริมความรู้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ยกตัวอย่างเหตุการณ์แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ มีบทบาทประเมินความถูกต้องในการประยุกต์ใช้ความรู้ และครูมีบทบาทช่วยอธิบายเสริมความรู้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. ความสามารถด้านอภิปัญญา หมายถึง ความสามารถในการคิดและการกำกับติดตามการคิดในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ คือ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) 2) การตระหนักรู้ในงาน (Task awareness) 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี (Strategy awareness) 4) การวางแผน (Planning) 5) การกำกับติดตาม (Monitoring) และ 6) การประเมินผล (Evaluating) โดยแต่ละองค์ประกอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การตระหนักรู้ในตนเอง หมายถึง การคิดทบทวน ความรู้วิทยาศาสตร์เดิมของตนเองที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียนรู้ ทำให้ทราบว่าตนเองมีความรู้วิทยาศาสตร์เดิมอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียนรู้ได้ (รู้อะไรบ้าง)

2) การตระหนักรู้ในงาน หมายถึง การทำความเข้าใจประเด็นสำคัญเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียนรู้ ทำให้ทราบว่าเรื่องที่จะเรียนรู้นั้นมีประเด็นสำคัญอะไรบ้าง ที่ตนเองจะนำมาศึกษาเรียนรู้ได้ (อยากเรียนรู้อะไร)

3) **การตระหนักรู้ในกลวิธี** หมายถึง การคิดทบทวนวิธีการทดลองต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้ประเด็นสำคัญที่ตนเองจะศึกษาเรียนรู้ (จะเรียนรู้อย่างไร)

4) **การวางแผน** หมายถึง การกำหนดแผนดำเนินการเรียนรู้ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการทดลอง และตารางบันทึกผล เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

5) **การกำกับติดตาม** หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองและติดตามความสำเร็จของการทดลอง แล้วระบุขั้นตอนที่ทำสำเร็จ จากนั้นอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร และระบุขั้นตอนที่ไม่สำเร็จ แล้วอธิบายวิธีหาทางแก้ไข จากนั้นอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร

6) **การประเมินผล** หมายถึง การสรุปผลการเรียนรู้แล้วประเมินผลการเรียนรู้ว่ามีความถูกต้อง บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

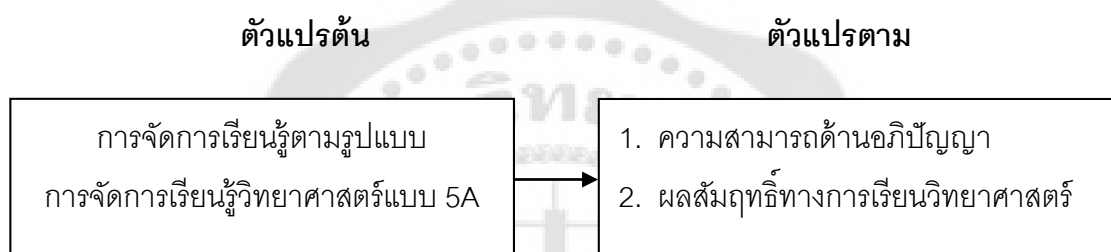
ความสามารถด้านอภิปัญญาวัดได้จากแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญาที่เป็นแบบอัตนัย 24 ข้อ และแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาที่เป็นแบบเขียนตอบ 6 ข้อ จำนวน 12 ครั้ง ที่พัฒนาโดยผู้วิจัย โดยแบบทดสอบและแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา จะมีการกำหนดสถานการณ์วิทยาศาสตร์ และคำถามปลายเปิดสถานการณ์ละ 6 ข้อ เพื่อประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา 6 องค์ประกอบ คือ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง 2) การตระหนักรู้ในงาน 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี 4) การวางแผน 5) การกำกับติดตาม และ 6) การประเมินผล

3. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถทางด้านพุทธิปัญญาของนักเรียน ประกอบด้วยความสามารถ 6 ระดับ คือ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า วัดได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ที่เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้เกิดจากผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยม (Driver; & Oldham. 1986; Ellis; & Maxwell. 1995; สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2537) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Biological Science Curriculum Studies (BSCS). 2006; Eisenkraft. 2003) และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา (Flavell. 1985; Cross; & Paris. 1988; Garofalo; & Lester. 1985; พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2545) โดยการจัดการเรียนรู้ควรฝึกฝนให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และควรฝึกฝนให้นักเรียนตระหนักรู้เกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ และการกำกับควบคุมตนเองในกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบระเบียบ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี (2555: 107) กล่าวว่าการส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักรู้ในสิ่งที่จะเรียนรู้และกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองนั้น ถือว่าเป็นการพัฒนากระบวนการคิดที่เรียกว่า “อภิปัญญา” เพื่อให้แก่นักเรียนนำไปใช้ในการเรียนรู้ให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแนวคิดที่ได้กล่าวข้างต้นมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ (A: Awareness) ขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน (A: Action plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ (A: Accomplishment) ขั้นที่ 4 ประเมินผล (A: Assessment) และ ขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ (A: Application) เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สามารถเขียนเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานในการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีความสามารถด้านอภิปัญญาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด
2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีพัฒนาการความสามารถด้านอภินิหารระหว่างเรียนสูงขึ้น
3. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการนำเสนอแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีวรรณกรรม ประกอบด้วย

- 1.1 แนวคิดทฤษฎีวรรณกรรม
- 1.2 แนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีวรรณกรรม

ส่วนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้ ประกอบด้วย

- 2.1 การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E
- 2.2 การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7E

ส่วนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับอภิปัญญา ประกอบด้วย

- 3.1 ความสำคัญของอภิปัญญา
- 3.2 ความหมายของอภิปัญญา
- 3.3 องค์ประกอบของอภิปัญญา
- 3.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา
- 3.5 การวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา

ส่วนที่ 4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

- 4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 4.3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
- 4.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ส่วนที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

- 5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
- 5.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

- 6.1 งานวิจัยในประเทศ
- 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ส่วนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีสรคณนยม

ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าแนวคิดของนักการศึกษาและนักจิตวิทยาเกี่ยวกับทฤษฎีสรคณนยม แบ่งการนำเสนอเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน คือ แนวคิดทฤษฎีสรคณนยม และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรคณนยม เนื้อหาแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1.1 แนวคิดทฤษฎีสรคณนยม

ทฤษฎีสรคณนยม (Constructivism) มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ เพียเจต์ (Piaget) ที่เน้นผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงผ่านการลงมือปฏิบัติ (Learning by doing) โดยผู้เรียนจะปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) จากการเกิดความไม่สมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ซึ่งเกิดจากการได้รับประสบการณ์ใหม่ที่ผู้เรียนได้รับนั้นไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ จึงก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) ซึ่งก่อให้เกิดแรงกระตุ้นทำให้ผู้เรียนจะพยายามค้นหาคำตอบ โดยการนำความรู้จากประสบการณ์เดิมของตนเองมาเรียนรู้ประสบการณ์ใหม่โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบคำตอบจากประสบการณ์ใหม่ แล้วเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) กลับไปสู่ภาวะความสมดุลทางปัญญาอีกครั้ง (Equilibrium) และประสบการณ์ที่เรียนรู้ใหม่นั้นจะเกิดการดูดซึม (Assimilation) เป็นความรู้ใหม่ที่มั่นคงถาวรของผู้เรียนในที่สุด (ทศนา แชมมณี. 2553: 90-94)

ยิ่งไปกว่านั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรคณนยมจาก สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2537: 50-56) ที่กล่าวว่าทฤษฎีสรคณนยมเป็นการรวมทฤษฎีทางจิตวิทยาและปรัชญาการศึกษาที่หลากหลาย ได้แก่ ปรัชญาของดิวอี้ กู๊ดแมน เพียเจต์ บรูเนอร์ ออชเชล และไวทอตสกี เน้นการจัดการเรียนรู้ที่ให้เกิดเป็นศูนย์กลาง พวกเขาเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ได้รับเพื่อค้นหาความจริง สาระสำคัญของทฤษฎีนี้มีดังนี้

1. ความรู้คือการสร้างความจริงตามที่เป็นอยู่ ซึ่งแต่ละคนจะค้นพบตามความคาดหวัง หรือความเชื่อเดิม หรืออาจเนื่องจากการปรับเปลี่ยน ขยายความคิดหรือความเชื่อเดิมจนก่อให้เกิดความเข้าใจใหม่

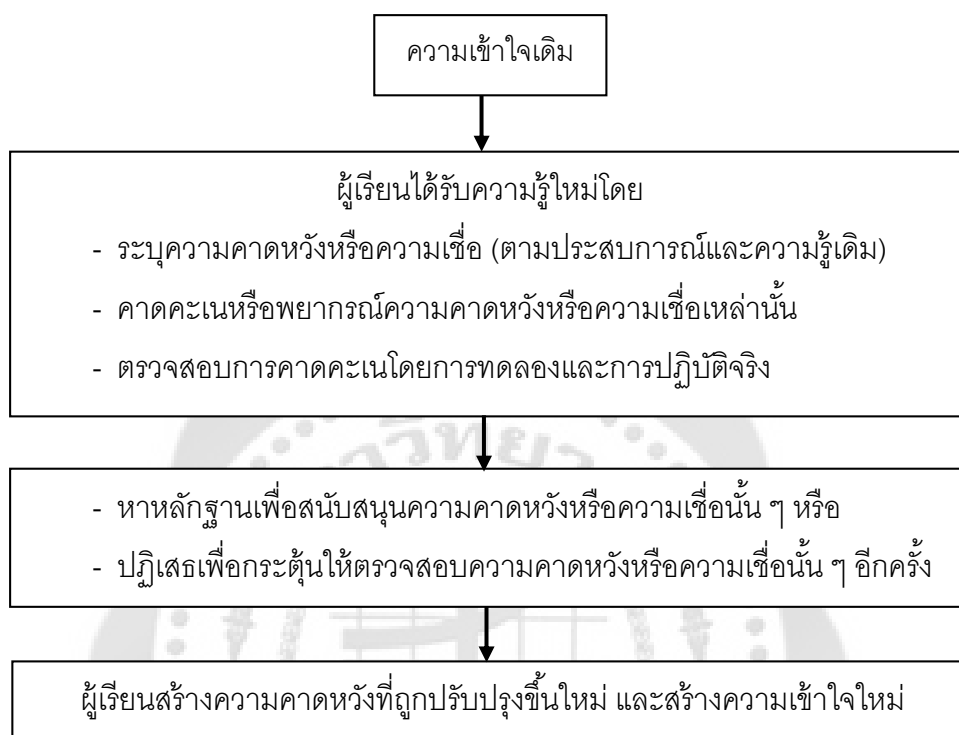
2. หลักการของทฤษฎีสรคณนยมมีดังนี้

- 2.1 คนเราจะไม่รู้อย่างแท้จริงว่าโลกเป็นอย่างไร จนกว่าจะสร้างความเชื่อเกี่ยวกับโลกขึ้นมาเอง

- 2.2 แม้ว่าคนเราจะมีเชื่อเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอยู่แล้ว แต่หากได้รับข้อมูลหรือสถานการณ์ใหม่เพิ่มเติมอาจเปลี่ยนแปลงความเชื่อได้

- 2.3 คนเราสร้างความรู้บนพื้นฐานของความเชื่อที่มีอยู่ก่อนแล้ว จากความสามารถในการให้เหตุผลและจากความปรารถนาที่จะประสานความเชื่อกับสิ่งที่ตนสังเกตได้เชิงประจักษ์ นักทฤษฎีสรคณนยมถือว่าประสบการณ์ใหม่ที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิมเป็นสิ่งสำคัญที่

ทำให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัว ผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยการเชื่อมต่อระหว่างการเรียนรู้ ความรู้และประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นใหม่ ผู้เรียนจะปรับสารสนเทศใหม่กับความเข้าใจที่มีอยู่เดิม จนในที่สุดจึงเกิดความเข้าใจใหม่ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 การสร้างความเข้าใจตามทฤษฎีสรณนิยม

ที่มา: สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2537). เอกสารประกอบการสอนวิชา ปถ.511 การพัฒนาหลักสูตรและการสอนในระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

3. คุณลักษณะของทฤษฎีสรณนิยมมีดังนี้

- 3.1 ผู้เรียนเป็นผู้สร้างและค้นพบหรือแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
- 3.2 การเรียนรู้ใหม่จะเกิดขึ้นย่อมขึ้นกับความเข้าใจในบทเรียนปัจจุบัน
- 3.3 การเรียนรู้จะเกิดได้สะดวกเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม
- 3.4 การเรียนรู้ย่อมมีความหมายจะต้องดำเนินการภายใต้การปฏิบัติในสภาพจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด

4. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรคณยม มีดังนี้

- 4.1 ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรม
- 4.2 กิจกรรมการเรียนรู้ควรเชื่อมโยงกับประสบการณ์พื้นความรู้เดิมของนักเรียน
- 4.3 กิจกรรมการเรียนรู้ควรสะท้อนโลกแห่งความเป็นจริงหรือใกล้เคียงชีวิตจริง
- 4.4 กิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นกิจกรรมกลุ่มเล็ก

5. โดยบทบาทครูวิทยาศาสตร์กับการสอนตามทฤษฎีสรคณยม ครูใช้บทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) 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. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีสรคณยม มีดังนี้

- 6.1 จัดกิจกรรมให้เชื่อมโยงกับพื้นความรู้เดิมของนักเรียน
- 6.2 ให้ผู้เรียนเป็นผู้แสวงหา ค้นพบ และสร้างความรู้
- 6.3 ใช้กระบวนการกลุ่มหรือการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อให้ให้นักเรียนแลกเปลี่ยน

ความรู้ ความคิด และทัศนคติ ตลอดจนทักษะการสื่อสารและทักษะทางสังคม

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีสรคณยมที่กล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีสรคณยม (Constructivism) เป็นทฤษฎีที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยบทบาทสำคัญอยู่ที่ตัวนักเรียน คือ นักเรียนจะได้สืบเสาะหาความรู้ สืบรวจตรวจสอบด้วยวิธีการเรียนรู้แบบต่าง ๆ มีปฏิสัมพันธ์ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ จนทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย บทบาทของครูเป็นเพียงแค่ผู้อำนวยความสะดวก กล่าวคือ ผู้นำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้จัดบรรยากาศในการเรียนรู้ ผู้ตั้งคำถามและเสนอปัญหา ตลอดจนผู้ส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้

1.2 แนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณยม

ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าแนวการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรคณยมจากนักการศึกษาหลายท่าน สามารถสรุปเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ ได้ดังนี้

ไดรเวอร์และโอลด์แฮม (Driver; & Oldham. 1986: 105-122) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณยม 5 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นนำ (Orientation) คือ การให้ผู้เรียนรับรู้จุดหมายและมีแรงจูงใจในการเรียน
 2. ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม (Elicitation) คือ การให้ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้เดิมที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน วิธีการให้ผู้เรียนแสดงออก อาจทำได้โดยการอภิปรายกลุ่มหรือเขียนเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่
 3. ขั้นปรับเปลี่ยนแนวคิด (Turning restructuring of ideas) รายละเอียดดังนี้
 - 3.1 ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนความคิด (Clarification and exchange of idea) คือ ผู้เรียนพิจารณาความแตกต่างและความขัดแย้งระหว่างความคิดของตนกับผู้อื่น
 - 3.2 สร้างความคิดใหม่ (Construction of new ideas) ผู้เรียนจะกำหนดความคิดขึ้นใหม่จากการได้อภิปราย ได้ชมการสาธิต ค้นคว้า ทดลอง เป็นต้น
 - 3.3 ประเมินความคิดใหม่ (Evaluation of the new ideas) โดยการทดลองหรือคิดอย่างลึกซึ้ง
 4. ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีโอกาสใช้แนวคิดหรือความรู้ความเข้าใจที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ในสถานการณ์ต่าง ๆ
 5. ขั้นทบทวน (Review) ผู้เรียนทบทวนตนเองว่าความเข้าใจได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบความคิดเมื่อเริ่มต้นบทเรียนกับความคิดเมื่อสิ้นสุดบทเรียน
- ซาโฮริค (Zahorik. 1995: 14-22) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยม ดังนี้
1. ตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นที่นักเรียนตรวจสอบความรู้เดิมของตนเองก่อนที่จะทำกิจกรรมการเรียนรู้
 2. นักเรียนรับความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนได้รับความรู้ในเบื้องต้นในองค์รวมก่อนที่จะเรียนรู้ส่วนย่อย ๆ
 3. นักเรียนสำรวจตรวจสอบความรู้ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น
 4. ขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนขยายความรู้ด้วยการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริง
- เอลลิสและแมกซ์เวลล์ (Ellis; & Maxwell. 1995) อธิบายการจัดการเรียนรู้ตามแนวสมรรถนิยมโดยมีรายละเอียดดังนี้
1. จัดให้ผู้เรียนอยู่ในบทเรียน (Engage the learner) โดยการตั้งคำถามให้ผู้เรียนสนใจเป็นการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับความรู้เดิม
 2. ให้ผู้เรียนสำรวจจนในทัศน (Explore the concept) สังเกต สำรวจ ร่วมกันค้นหาปัญหาหรือปรากฏการณ์

3. ให้ผู้เรียนอธิบายมโนทัศน์ (Explain the concept) เป็นการเรียนรู้สิ่งใหม่เพื่อจัดให้เข้ากับความรู้เดิม และอธิบายด้วยคำพูดของตนเอง

4. ให้ผู้เรียนขยายความมโนทัศน์ (Elaborate on the concept) ผู้สอนทำการจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อให้ความรู้ที่มีความหมายกับผู้เรียน

5. ประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ (Evaluate students understanding of the concept) เป็นการตรวจสอบความคิดที่เปลี่ยนไป เช่น การแก้ปัญหา ทักษะทางสังคม

สูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2537: 50-56) เสนอรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรคณยม ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นชักชวน (Invitation)
2. ขั้นสำรวจ / ค้นพบ / สร้าง (Exploration / Discovery / Creation)
3. ขั้นนำเสนอผลการศึกษาและการแก้ปัญหา (Proposing explanation and solutions)
4. ขั้นประยุกต์หรือนำไปใช้ (Take action)

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีสรคณยมและการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรคณยม ผู้วิจัยจะยึดแนวคิดของนักการศึกษา 3 แนวคิด คือ ไดรเวอร์และโอลด์แฮม (Driver; & Oldham. 1986) เอลลิสและแมกซ์เวลล์ (Ellis; & Maxwell. 1995) และสูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2537) โดยการวิเคราะห์การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณยม รายละเอียด ดังตาราง 1

ตาราง 1 การวิเคราะห์แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณิยม

ไดรเวอร์และโอดด์แฮม (Driver; & Oldham. 1986)	เอลลิสและแมกซ์เวลล์ (Ellis; & Maxwell. 1995)	สูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2537)
1. ขั้นนำ (Orientation phase)	1. ขั้นจัดให้ผู้เรียนอยู่ในบทเรียน (Engage the learner phase)	1. ขั้นชักชวน (Invitation)
2. ขั้นทบทวนประสบการณ์ เดิม (Elicitation phase)	2. ขั้นให้ผู้เรียนสำรวจมโนทัศน์ (Explore the concept phase)	2. ขั้นสำรวจ/ ค้นพบ/ สร้าง (Exploration/ Discovery/ Creation)
3. ขั้นปรับเปลี่ยนแนวคิด (Turning restructuring of ideas phase)	3. ขั้นให้ผู้เรียนอธิบายมโนทัศน์ (Explain the concept phase)	3. ขั้นนำเสนอผลการศึกษาและ การแก้ปัญหา (Proposing explanation and solutions)
4. ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of ideas)	4. ให้ผู้เรียนขยายความมโนทัศน์ (Elaborate on the concept phase)	4. ขั้นประยุกต์หรือนำไปใช้ (Take action)
5. ขั้นทบทวน (Review)	5. ขั้นประเมินความเข้าใจใน ทัศน์ (Evaluate students understanding of the concept phase)	

จากตาราง 1 ผู้วิจัยจะยึดแนวคิดของนักการศึกษา 3 แนวคิด คือ ไดรเวอร์และโอดด์แฮม (Driver; & Oldham. 1986) เอลลิสและแมกซ์เวลล์ (Ellis; & Maxwell. 1995) และสูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2537) เป็นพื้นฐานแนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณิยม เพื่อใช้ในการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจะพัฒนาขึ้นในหัวข้อต่อไป

ส่วนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) นักเรียนจะได้สืบเสาะหาความรู้ แล้วสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ผ่านเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของผู้เรียนเอง โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ปัจจุบัน พบว่า มีแนวคิดของนักการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม รายละเอียดดังนี้

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E

นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้แบ่งขั้นตอนของการเรียนรู้แบบวัฏจักรออกเป็น 5 ขั้นตอน (Bybee; et al. 2006) ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้จะมีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน กิจกรรมจะประกอบด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้และเป้าหมายที่ต้องการ

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าหมวดหมู่ ถ้าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลอง การสำรวจ การสืบค้น ด้วยวิธีวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเองโดยครูมีหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้ เป็นการเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ กระตุ้นความไม่สมดุลทางความคิดของนักเรียนและช่วยให้เกิดการปรับขยายความคิด ครูอาศัยทักษะการถามเพื่อแนะแนวทางการเรียนรู้และไม่อธิบายแนวคิดด้วย

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนกิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจจะประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่าน และนำข้อมูลมาอภิปราย ครูจะหาสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนเพื่อว่าแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนจะได้รับการสร้างขึ้นด้วยความร่วมมือกัน ครูเลือกและจัดสภาพแวดล้อมของชั้นเรียนที่พึงประสงค์ ครูขอให้นักเรียนใช้ข้อมูลจริง ครูแนะนำให้รู้จักภาษาเฉพาะที่ต้องการแนวคิดให้มากจะช่วยให้ไปสู่การปรับขยายความคิด ดังที่ทฤษฎีเพียร์เจต์อธิบายไว้ว่านักเรียนต้องมุ่งเน้นข้อค้นพบเบื้องต้นจากการสำรวจของพวกเขา ครูงดการบอกนักเรียนในสิ่งที่นักเรียนควรจะค้นพบแล้ว ถึงแม้ว่าความเข้าใจของนักเรียนยังไม่สมบูรณ์และสามารถจะช่วยนักเรียนให้ใช้ข้อมูลของตนเองสร้างแนวคิดที่ถูกต้องได้

4. ขั้นขยายความคิด (Expansion) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 มาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายในกลุ่มของตนเอง เพื่อลงข้อสรุป ให้เห็นถึงความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ และสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสปรับแนวคิดหลักของตนเองในกรณีที่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้ว โดยการประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ไว้ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2546: 219-220)

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวผู้เรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้ แล้วมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น

5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น

การนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไปใช้ ครูควรจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน ควรกำหนดบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในกิจกรรมแต่ละขั้นตอนว่าสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ดังตาราง 2 และตาราง 3

ตาราง 2 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
1. การสร้างความสนใจ (Engagement)	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนหรือความคิดที่เกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือเนื้อหาสาระ	- อธิบายความคิดรวบยอด - ให้คำจำกัดความและคำตอบ - สรุปประเด็นให้ - จัดคำตอบเป็นหมวดหมู่ - บรรยาย
2. การสำรวจค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจคำตอบ - สังเกตและฟังการตอบโต้กันระหว่างนักเรียน - ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบของนักเรียน - ให้นักเรียนเวลาในการคิดข้อสงสัย - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- เตรียมคำตอบไว้ให้ - บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา - นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้น
3. การอธิบาย (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอด หรือให้คำจำกัดความด้วยแนวคิดของตนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผล และอธิบายให้กระจ่าง - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเองเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด	- ยอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือเหตุผลประกอบ - ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน - แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิดหรือความคิดรวบยอด

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
4. การขยายความรู้ (Elaboration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ หรือขยายความรู้เดิมในสถานการณ์ใหม่ - ให้นักเรียนยกตัวอย่างและอธิบายอย่างหลากหลาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมแสดงหลักฐาน และถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้เรื่องอะไรบ้าง หรือแนวคิดอะไรบ้าง (ที่สามารถนำกลวิธีการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)	- ให้คำตอบที่ชัดเจน - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ใช้เวลามากในการบรรยาย - นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน - อธิบายวิธีแก้ปัญหา
5. การประเมินผล (Evaluation)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดใหม่ไปใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนแปลงความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเอง - ใช้คำถามปลายเปิด เช่น ทำไมเธอจึงคิดเช่นนั้น	- ให้แนวคิดรวบยอดใหม่เลย - ให้อภิปรายที่ไม่ได้เชื่อมโยงความคิดรวบยอด

ตาราง 3 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
1. การสร้างความสนใจ (Engagement)	- ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น - จินตนาการว่าอะไรบางอย่างจากสิ่งนี้ - แสดงความสนใจ	- ถามหาคำตอบที่ถูกต้อง - ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูกต้อง - ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบาย - ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว
2. การสำรวจค้นหา (Exploration)	- คาดคะเนคำตอบและตั้งสมมติฐาน - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอธิบายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุป	- ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบ - ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์กับคนอื่นน้อยมาก - ปฏิบัติอย่างสับสนไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน - เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วไม่คิดต่อ
3. การอธิบาย (Explanation)	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นแล้ววิเคราะห์ตามไปด้วย - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นอธิบาย - ฟังและพยายามทำความเข้าใจความคิดเห็นของคนอื่น - ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกประกอบคำอธิบาย	- อธิบายโดยไม่มีการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิม - ยกตัวอย่างและประสบการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้อง - ยอมรับฟังคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล - ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลเพียงพอที่เชื่อถือได้

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
4. การขยายความรู้ (Elaboration)	- นำคำจำกัดความและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถามกำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง - ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ - บันทึกการสังเกตและอธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ	- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน - ไม่สนใจในข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ - อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้หรือกำหนดให้ - ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับมาแล้ว - ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและอธิบายให้คำจำกัดความโดยใช้ความจำ - ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความพอใจด้วยคำพูดของตนเอง
5. การประเมินผล (Evaluation)	- ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกตหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว - แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ - ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง - ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป	

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7E

ต่อมา ค.ศ. 2003 Eisenkraft (2003: 57-59) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็น 7 ขั้น โดยปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น มาเป็น 7 ขั้น เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนมาให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถเลือกแนวความคิดที่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดแนวความคิดที่ผิดพลาดน้อยลง โดยปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในการสร้างความสนใจ(Engagement) และขั้นขยายความรู้และขั้นประเมินความรู้ได้ปรับเป็น 3 ส่วนคือขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ซึ่งสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น หรือเรียกย่อว่า 7E มีดังนี้ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) 2) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 4) ขั้นอธิบาย (Explanation) 5) ขั้นขยายความคิด (Elaboration) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ซึ่งเป็นกระบวนการสอน 7 ขั้นที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันไปในลักษณะของวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) (Eisenkraft. 2003: 57) โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น มีสาระสำคัญของแต่ละขั้น ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่าเด็กแต่ละคนมีพื้นฐานเดิมเท่าไร เพื่อจะได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ได้ถูกต้องและควรเรียนเนื้อหาใดก่อนเรียนในเนื้อหานั้น

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งได้เรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นปัญหา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่สนใจครูอาจศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

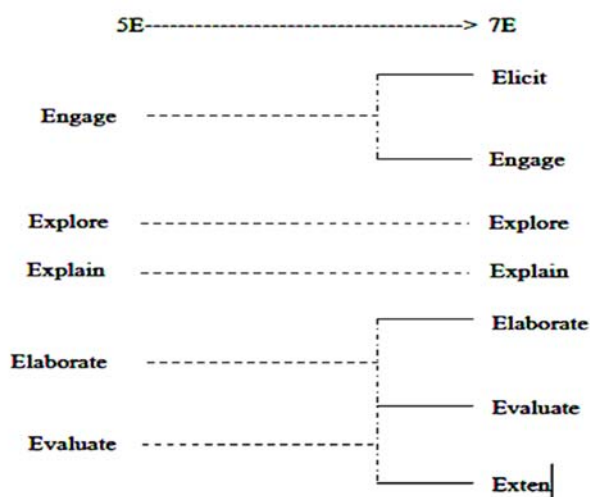
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นสร้างความสนใจ ซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase) ในขั้นนี้นักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบ แล้วจึงนำข้อมูลข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบอาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้อง กับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้อยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความคิด (Expansion phase/Elaboration phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็ช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) ในขั้นนี้เป็นขั้นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension phase) ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้” (Thorndike, 1950: 192-216) ซึ่ง Eisenkraft นำมาจัดรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 การเปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E และ 7E

ที่มา: Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*. 70(6): 56-59.

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Eisenkraft การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ควรระลึกอยู่เสมอว่าครูเป็นเพียงผู้ทำหน้าที่คอยช่วยเหลือโดยครูเป็นผู้คอยแนะนำและช่วยเหลือ เชื้อเพื่อและแบ่งปันประสบการณ์ จัดสถานการณ์ไว้ให้นักเรียนได้คิดตั้งคำถามและลงมือตรวจสอบ นอกจากนี้ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความรู้ ความสามารถบนพื้นฐานของความสนใจ ความถนัด และความสามารถที่แตกต่างระหว่างบุคคล อันจะทำให้การจัดการเรียนรู้บรรลุจุดหมายของการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (ประสาธน์ เณียงเฉลิม. 2550) สรุปบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ดังตาราง 4

ตาราง 4 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7E

กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase)	- ตั้งคำถาม/กำหนดประเด็นปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้/ประสบการณ์เดิมของนักเรียน - เต็มเต็มประสบการณ์เดิม - วางแผนการจัดการเรียนรู้	- ตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเอง - แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - อภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียน
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase)	- สร้างความสนใจ - กระตุ้นให้ร่วมกันคิด - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ - ตั้งคำถามที่ไม่ชัดเจนนักมาคิดและอภิปรายร่วมกัน	- ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - แสดงความคิดเห็นและนำเสนอ - ความคิด - อภิปรายประเด็นที่ต้องการทราบ

ตาราง 4 (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน - ในการสำรวจ ตรวจสอบ - ชักถามนักเรียนเพื่อไปสู่การสำรวจค้นหา - สังเกตและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา - ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมและพัฒนา คุณธรรม จริยธรรมและเจตคติทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหา - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบ
4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลอย่างเหมาะสม - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่ตนเองสังเกตและเกิดความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตนเอง - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและบ่งชี้ประเด็นที่สำคัญจากปรากฏการณ์ได้	- คิดวิเคราะห์วิจารณ์ในประเด็นเพื่อนำเสนอ - ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกและสังเกต

ตาราง 4 (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5. ขยายความรู้ (Expansion phase / Elaboration phase)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้เรียนมาไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์และประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการที่เรียนรู้ไปปรับใช้ตามบริบท - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจอย่างหลากหลายจากข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน	- นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามตามความมุ่งหมายของการทดลอง - บันทึกการสังเกตและข้ออภิปราย
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปปรับใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนแปลงความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม	- ตอบคำถามโดยอาศัยหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับได้ - แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองจากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้อง

ตาราง 4 (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
7. ขั้่นนำความรู้ไปใช้ (Extension phase)	- กระตุ้นให้นักเรียนตั้งข้อคำถามตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้ - แนะนำแนวทางในการนำความรู้เดิมไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ - ปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้	- นำความรู้ที่ได้ไปใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา - มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ ผู้วิจัยสรุปว่าจะใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ของกลุ่ม BSCS (Bybee; et al. 2006) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ซึ่งประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) การขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมิน (Evaluation) และแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ของ Eisenkraft (2003) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) 2) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement phase) 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration phase) 4) ขั้นอธิบาย (Explanation phase) 5) ขั้นขยายความรู้ (Expansion phase /Elaboration phase) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) และ 7) ขั้่นนำความรู้ไปใช้ (Extension phase) เพื่อเป็นพื้นฐานแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจะพัฒนาขึ้นในหัวข้อต่อไป

ส่วนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับอภิปัญญา (Metacognition)

ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับอภิปัญญาแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย ความสำคัญของอภิปัญญา ความหมายของอภิปัญญา องค์ประกอบของอภิปัญญา การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญา และแนวทางการวัดและประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา โดยเนื้อหาแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ความสำคัญของอภิปัญญา

สังคมในยุคโลกาภิวัตน์ที่ได้เข้าสู่สังคมแห่งวิทยาศาสตร์ การดำเนินชีวิตในยุคปัจจุบันนี้จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินคุณค่า เพื่อใคร่ครวญเลือกใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนพร้อมที่จะป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างถูกต้อง (สสวท. 2551ก: 1) ดังนั้นการพัฒนาความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีควบคู่ไปกับการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ จึงถือได้ว่าเป็นเป้าหมายที่สำคัญอย่างยิ่งของการจัดการศึกษาในปัจจุบัน

การจะพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ ตลอดจนความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดีนั้น นักเรียนจะต้องมีกระบวนการควบคุมและกำกับติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างเป็นระบบระเบียบ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการควบคุมกำกับติดตามกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นระบบระเบียบนี้ เรียกว่า อภิปัญญา (Metacognition) ซึ่ง เบเยอร์ (Beyer. 1987: 16-21) ให้แนวคิดเกี่ยวกับอภิปัญญาว่า นักเรียนจะสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดีนั้น จะต้องมีการควบคุมกำกับติดตามกระบวนการทางปัญญา คือ กระบวนการทำงานและกระบวนการเรียนรู้ของตนเองไว้อีกชั้นหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพนั้น นักเรียนสามารถใช้อภิปัญญาเป็นเครื่องมือในการทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Learning about learning) หรือคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง (Thinking about thinking) ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีเป้าหมายที่ชัดเจน มีกระบวนการวางแผนการเรียนรู้ที่มีทิศทางชัดเจน มีกระบวนการควบคุมกำกับติดตามการเรียนรู้อย่างเป็นระบบระเบียบ และมีกระบวนการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองที่ถูกต้อง ดังนั้นอภิปัญญาจึงเป็นบทบาทสำคัญต่อกิจกรรมทางปัญญาทุกรูปแบบนั่นเอง (Flavell. 1985: 104)

จากเป้าหมายในการจัดการศึกษา ตลอดจนแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นนั้น บ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีกระบวนการเรียนรู้ที่เป็นระบบระเบียบ มีกระบวนการกำกับติดตามกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ตลอดจนการประเมิน

กระบวนการเรียนรู้ของตนเอง เรียกกระบวนการดังกล่าวนี้ว่า อภิปัญญา (Metacognition) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Learning about learning) หรือคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง (Thinking about thinking) อันจะพัฒนาให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยมีเป้าหมายที่ชัดเจน มีกระบวนการวางแผนการเรียนรู้ที่มีทิศทางชัดเจน มีกระบวนการควบคุมกำกับติดตามการเรียนรู้อย่างเป็นระบบระเบียบ และมีกระบวนการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองที่มีประสิทธิภาพ อันจะทำให้การจัดการเรียนรู้สามารถบรรลุตามวิสัยทัศน์และเป้าหมายการจัดการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

3.2 ความหมายของอภิปัญญา

นักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นความสามารถด้านการคิด และการกำกับติดตามการคิด เพื่อใช้ในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง รายละเอียดดังนี้

บราวน์ และสไมเลย์ (Brown; & Smiley. 1977: 1-8) ให้ความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นความสามารถในการตรวจสอบความคิดของตนเอง หรือตรวจสอบการคิดเกี่ยวกับการคิด (Thinking about thinking) โดยขยายความว่าอภิปัญญาเป็นการที่เราทราบว่าเรารู้สิ่งใดและเข้าใจสิ่งใด

ฟลาวเวลล์ (Flavell. 1979: 906-911) ให้คำจำกัดความของอภิปัญญาว่าเป็นกระบวนการทางพุทธิปัญญาเกี่ยวกับกระบวนการทางพุทธิปัญญา (Cognition about cognition) หรือเป็นกระบวนการคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิด (Thinking about thinking) โดยอธิบายว่าอภิปัญญาเป็นความสามารถทางการคิดของบุคคลเกี่ยวกับกระบวนการคิดและสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดจากกระบวนการคิดของตนเอง ซึ่งอาจปรากฏเป็นความรู้ ความสามารถ หรือกิจกรรมทางการคิดที่มีการกำหนดเป้าหมาย กระบวนการ และการประเมินผลที่มีทิศทางชัดเจน

ครอสส์ และปารีส (Cross; & Paris. 1988: 131-142) อธิบายความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นการที่บุคคลมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดของตนเอง และมีความสามารถในการกำกับติดตามกระบวนการคิดของตนเองในการแก้ปัญหา สามารถวางแผนจัดระบบความคิดเพื่อเลือกใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหา และในขณะที่แก้ปัญหานั้นต้องการกำกับติดตามวิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ตลอดจนสามารถประเมินผลการแก้ปัญหาของตนเองหลังจากแก้ปัญหานั้น ๆ

พาทริเซีย (Patricia. 1997) ได้ให้ความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นทั้งการตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้และเป็นทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ของตนเอง อันจะทำให้ทราบว่าความรู้ของตนเองนั้นเรื่องใดที่ตนเองรู้ เรื่องใดที่ตนเองไม่รู้ สำหรับการเรียนรู้ของตนเอง และความสามารถของตนเองที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียนรู้ หรือที่เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ และอภิปัญญาจะต้องเกี่ยวข้องกับการควบคุมกำกับวิธีการในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองอีกด้วย

ทิตินา แชมมณี (2553: 82) ให้ความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นการรู้ตัวของนักเรียนถึงความคิดของตนเองในการทำอะไรอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือการประเมินผลความรู้ของตนเอง แล้วใช้ความรู้นั้นในการควบคุมหรือปรับการกระทำของตนเอง ซึ่งครอบคลุมการวางแผน การควบคุมกำกับ ติดตามการกระทำของตนเองเพื่อตรวจสอบความก้าวหน้า และการประเมินผลการกระทำของตนเอง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 152) ให้ความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นการควบคุมและการประเมินความคิดของตนเอง เป็นความสามารถของบุคคลที่เกิดจากการได้รับการพัฒนา แล้วใช้ความสามารถนั้นควบคุมกำกับกระบวนการคิดของตนเอง มีความตระหนักในงานและสามารถใช้กลวิธีทำงานจนสำเร็จสมบูรณ์

พัทธ ทองตัน (2545: 10) สรุปความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นการรู้คิดของบุคคลเกี่ยวกับการจัดการเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหาหรือข้อมูล การวางแผน การกำกับติดตาม และการประเมินผลอย่างมีทิศทางและมีประสิทธิภาพ

จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์ (2546: 25) สรุปเกี่ยวกับอภิปัญญาว่าเกี่ยวข้องกับ 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นความรู้หรือความตระหนักของบุคคลเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง และส่วนที่สองเป็นความสามารถของบุคคลในการควบคุมกระบวนการคิด ตลอดจนการวางแผน การจัดระบบการคิด การตรวจสอบการคิดของตนเอง และการประเมินตนเองหลังทำกิจกรรมนั้น ๆ แล้วด้วย

ดำเนิน ยาทัม (2548: 40) สรุปความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นการตระหนักและการควบคุมกระบวนการรู้คิดของตนเอง สามารถวางแผน กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้

ยุทธการ สืบแก้ว (2551: 39) สรุปความหมายของอภิปัญญาว่าเป็นความสามารถของบุคคลที่จะตระหนักถึงกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ว่ามีลักษณะหรือองค์ประกอบใดบ้างที่เหมาะสมกับตนเองที่สุดในกระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ ตลอดจนสามารถเลือกกลวิธีในกระบวนการวางแผน กำกับ ติดตาม และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองได้ อภิปัญญาจึงเปรียบเสมือนผู้ฝึกสอนที่อยู่ภายในตนเอง (Inner coach) ที่ทำหน้าที่กำหนดกลวิธีต่าง ๆ ในการวางแผนได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนสามารถควบคุม ตรวจสอบวิธีการเหล่านั้นว่าจะใช้วิธีใด อย่างไร เมื่อไร และเหตุใดจึงต้องเลือกวิธีนั้น

จากการศึกษาค้นคว้าความหมายของอภิปัญญาตามแนวคิดของนักการศึกษา ผู้วิจัยสรุปว่าอภิปัญญา หมายถึงความสามารถในการคิดและการกำกับติดตามการคิดในกระบวนการเรียนรู้ ประกอบด้วย การตระหนักในตนเอง การตระหนักในสิ่งที่เรียนรู้ การตระหนักในวิธีการเรียนรู้ และการกำกับควบคุมตนเอง ได้แก่ การวางแผนการเรียนรู้ การกำกับติดตามการเรียนรู้ และการประเมินผล การเรียนรู้ของตนเอง

3.3 องค์ประกอบของอภิปัญญา

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้าเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของอภิปัญญา พบว่า แนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญานั้นมี 2 กลุ่ม โดยนักศึกษากลุ่มแรกแบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญาเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ การตระหนักรู้ (Awareness) และการกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) ส่วนนักศึกษากลุ่มที่สอง แบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญาเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive knowledge) และประสบการณ์ในอภิปัญญา (Metacognitive experience) โดยองค์ประกอบของอภิปัญญาตามแนวคิดของนักการศึกษาแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 องค์ประกอบของอภิปัญญาตามแนวคิดนักศึกษากลุ่มแรก

แนวคิดของนักศึกษากลุ่มแรก แบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญาออกเป็น 2 ส่วน คือ การตระหนักรู้ (Awareness) และการกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) มีรายละเอียดดังนี้

เบเกอร์ และบราวน์ (Baker; & Brown. 1984: 21-24) ให้แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของอภิปัญญาว่าประกอบด้วย 2 องค์ประกอบที่สำคัญ คือ การตระหนักรู้ (Awareness) และการกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การตระหนักรู้ (Awareness) เป็นการกระตุ้นเตือนตนเองให้รู้ถึงความรู้ ทักษะ กลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยรู้ว่าจะต้องทำงานนั้นอย่างไร (What to do) การตระหนักรู้เป็นเรื่องของการที่บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิด ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ตนเองเผชิญ หรือสถานการณ์ที่ตนเองกำลังเรียนรู้ รวมไปถึงการแสดงออกในสิ่งที่ตนเองรู้แล้วสามารถแสดงออกมาในลักษณะการสะท้อนความคิดหรือการอธิบายให้ผู้ฟังได้

2. การกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) เป็นการทำงาน โดยรู้ว่าจะทำงานนั้นอย่างไร เป็นความสามารถของบุคคลในการกำกับติดตาม (Monitoring) ตนเองขณะทำงาน ประกอบด้วย การวางแผนการทำงาน การกำกับติดตามวิธีการที่ใช้ในการทำงาน และการประเมินผลความสำเร็จของการทำงาน

จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์ (2546: 25-28) สรุปว่าอภิปัญญาประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ การตระหนักรู้ (Awareness) และการกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) โดยแต่ละองค์ประกอบมีความสำคัญดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การตระหนักรู้ (Awareness) เป็นการที่บุคคลมีความรู้เกี่ยวกับแหล่งข้อมูล ความรู้และทักษะ ตลอดจนกลวิธีที่จำเป็นเกี่ยวกับงาน เพื่อช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพ รู้ว่าต้องทำอะไร จะต้องทำอย่างไร โดยความรู้ในเชิงอภิปัญญานั้น ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับตัวแปรที่สำคัญ

ที่มีผลต่อกิจกรรมทางปัญญา 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรด้านบุคคล (Person variable) ตัวแปรด้านงาน (Task variable) และตัวแปรด้านกลวิธี (Strategy variable) โดยแต่ละตัวแปรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ตัวแปรด้านบุคคล (Person variable) หมายถึง การตระหนักรู้ในความรู้และความสามารถที่มีอยู่ในตนเอง ทำให้ทราบว่าความรู้ ความสามารถ ความถนัดของตนเองมีอะไรบ้าง ทราบว่าตนเองต้องมีลักษณะอย่างไร จึงจะทำงานในลักษณะต่าง ๆ ได้ดี

1.2 ตัวแปรด้านงาน (Task variable) หมายถึง การตระหนักรู้ลักษณะของงานที่ทำ ซึ่งมีผลต่อการทำงานของบุคคลนั้น ๆ ทำให้ทราบว่างานนั้นมีลักษณะสำคัญอย่างไร สิ่งใดที่ทำให้งานนั้นง่ายขึ้น และสิ่งใดที่เป็นปัญหาและอุปสรรคของงานนั้นที่อาจจะเกิดขึ้น

1.3 ตัวแปรด้านกลวิธี (Strategy variable) หมายถึง การตระหนักรู้ของบุคคลเกี่ยวกับกลวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้ทำงานนั้นให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

2. การกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) เป็นความสามารถของบุคคลในการกำกับควบคุมตนเองในขณะทำงาน โดยการกำกับควบคุมตนเองขณะทำงานนั้น มีกระบวนการย่อย ๆ ที่ต้องปฏิบัติ 3 กระบวนการ คือ การวางแผน (Planning) การกำกับติดตาม (Monitoring) และการประเมินผล (Evaluation) โดยแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การวางแผน (Planning) หมายถึง การรู้ว่าจะทำงานนั้นอย่างไร ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมายจนถึงการปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมาย

2.2 การกำกับติดตาม (Monitoring) หมายถึง การทบทวนตัวเองเกี่ยวกับแผนงานที่กำหนดไว้ว่าเป็นไปได้เพียงใด มีความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีที่เลือกเพียงใด

2.3 การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง การประเมินแผนการที่ใช้และผลลัพธ์ที่ได้ว่าสิ่งที่ทำมาทั้งหมดนั้นดีหรือไม่ ยังมีวิธีการอื่นที่แตกต่างหรือดีกว่าหรือไม่

3.3.2 องค์ประกอบของอภิปัญญาตามแนวคิดนักการศึกษากลุ่มสอง

แนวคิดของนักการศึกษากลุ่มสอง แบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญาออกเป็น 2 ส่วน คือ ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive knowledge) และประสบการณ์ในอภิปัญญา (Metacognitive experience) มีรายละเอียดดังนี้

ฟลาวเวลล์ (Flavell, 1985: 103-110) มีแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของอภิปัญญาว่าประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive knowledge) และประสบการณ์ในอภิปัญญา (Metacognitive experience) โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive knowledge) หมายถึง ความรู้ที่บุคคลได้สะสมไว้ในระบบความจำ เมื่อบุคคลได้เผชิญกับสถานการณ์การทำงานแล้วทำให้รู้ว่าตนเองมีความรู้

อะไรบ้าง ทำให้เกิดการคิดถึงเป้าหมายคืออะไร คิดถึงกลวิธีในการบรรลุเป้าหมายอย่างไร โดยความรู้ในอภิปัญญานี้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

1.1 ความรู้ด้านบุคคล หมายถึง การที่บุคคลมีความรู้เกี่ยวกับตนเอง ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับระดับความรู้ ความเข้าใจ ความถนัด และความสามารถของตนเอง โดยจะต้องรู้ว่า ความรู้ ความถนัด และความสามารถระดับใดหรือลักษณะใด จึงจะเอื้อต่อการทำงานนั้นให้ได้ผลดี หรือความรู้ ความถนัด และความสามารถระดับใดหรือลักษณะใด จะเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน

1.2 ความรู้ด้านงาน หมายถึง การที่บุคคลศึกษาเกี่ยวกับงาน แล้ววิเคราะห์จนทำให้รู้งานนั้นมีลักษณะอย่างไร ทราบว่าสิ่งใดที่เป็นปัจจัยทำให้งานนั้นง่ายขึ้น และสิ่งใดที่เป็นอุปสรรคทำให้งานนั้นยากขึ้น รวมถึงทราบปัญหาและอุปสรรคของงานที่อาจจะเกิดขึ้น

1.3 ความรู้ด้านกลวิธี หมายถึง การที่บุคคลศึกษาเกี่ยวกับงาน แล้วใช้ความรู้วิเคราะห์เป้าหมาย ทิศทางการทำงาน กลวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำงานนั้นให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะทำให้เกิดความเข้าใจในการจัดระบบ การวางแผน การลงมือปฏิบัติ และการประเมินผลสิ่งที่จะทำต่อไป

2. ประสบการณ์อภิปัญญา (Metacognitive experience) เป็นประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ ประสบการณ์นี้มีความสำคัญต่อการกำกับติดตามตนเองในกระบวนการคิดเริ่มตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์การทำงานจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายการทำงาน โดยเป็นกระบวนการที่บุคคลได้วางแผน ได้กำกับติดตามการทำงานของตนเอง ซึ่งการกำกับติดตามประกอบด้วย การสังเกตตนเอง กระบวนการตัดสินใจ และกระบวนการแสดงปฏิกิริยาต่อตนเองเพื่อไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ และได้ประเมินผลการทำงานของตนเอง โดยความสามารถในอภิปัญญานี้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

2.1 การวางแผน (Planning) เป็นการคิดของบุคคลว่าตนเองจะทำงานนั้นอย่างไร โดยประกอบด้วยการกำหนดเป้าหมายการทำงาน และการกำหนดวิธีการและรายละเอียดในการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย

2.2 การกำกับติดตาม (Monitoring) เป็นการทบทวนการคิดเกี่ยวกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ว่ามีทิศทางถูกต้องหรือไม่ อย่างไร วิธีการที่วางไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ เป็นไปได้เพียงใด มีความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนเพียงใด และวิธีการที่เลือกใช้เหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

2.3 การประเมินผล (Evaluating) เป็นการคิดเกี่ยวกับการประเมินผลการทำงาน ตั้งแต่การวางแผน การกำกับติดตามการทำงาน และการประเมินผลลัพธ์จากการทำงาน ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมเพียงใด

ครอสส์ และปารีส (Cross; & Paris. 1988: 131-142) มีแนวคิดเกี่ยวกับอภิปัญญาว่าครอบคลุมกิจกรรมทางปัญญา 2 ประเด็นด้วยกัน คือ ความรู้เกี่ยวกับพุทธิปัญญาของตนเอง (Knowledge about cognition) และการจัดการความคิดของตนเอง (Self-management of one's thinking) โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับพุทธิปัญญาของตนเอง (Knowledge about cognition) เป็นความรู้เกี่ยวกับพุทธิปัญญาของตนเอง แบ่งความรู้นี้ออกเป็น 3 ส่วน คือ

1.1 ความรู้เชิงปัจจัย (Declarative knowledge) เป็นความรู้ของบุคคลเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลกับงาน (Knowing what) เช่น นักเรียนมีความรู้ว่าการที่สามารถสรุปบทเรียนได้นั้นจะมีผลทำให้สามารถจดจำและเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น

1.2 ความรู้เชิงกระบวนการ (Process knowledge) เป็นความรู้ของบุคคลว่าจะประยุกต์ใช้กลวิธีต่าง ๆ มาใช้ในการทำงานได้อย่างไร หรือว่าจะทำอย่างไร (Knowing how) เช่น การอ่านหนังสือนั้นจะมีวิธีการสรุปเนื้อหาอย่างไรบ้าง

1.3 ความรู้เชิงเงื่อนไข (Condition knowledge) ความรู้ประเภทนี้จะช่วยบอกนักเรียนเกี่ยวกับการประเมินสถานการณ์การทำงานและกลวิธีการทำงานที่ต้องมีความเหมาะสมกัน ซึ่งเป็นระดับความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการทำงานของตนเอง

2. การจัดการความคิดของตนเอง (Self- management of one's thinking) เป็นการจัดการความคิดของตนเองให้มีระบบระเบียบ ซึ่งครอบคลุมทักษะต่าง ๆ 3 ทักษะ คือ

2.1 การวางแผนการทำงาน

2.2 การดำเนินงานและการกำกับตนเอง

2.3 การประเมินผล

แอนเดอร์สัน และครัทวอล (Anderson; & Krathwohl. 2001) มีแนวคิดว่าอภิปัญญา คือความรู้ของบุคคลที่นำมาปรับใช้ในการทำงาน โดยความรู้เกี่ยวกับการทำงานนี้แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ คือ ความรู้เชิงกลวิธี ความรู้เชิงพุทธิปัญญา และความรู้ตนเอง โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความรู้ตนเอง (Self-knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับการตระหนักในระดับความรู้ของตนเอง รู้ว่าความสามารถของตนเองเหมาะสมจะแก้ปัญหา หรือทำงานใดได้บ้าง ตนเองมีจุดเด่นใดที่เอื้อต่อการทำงาน และมีจุดด้อยใดที่เป็นอุปสรรคในการทำงาน

2. ความรู้เชิงพุทธิปัญญา (Cognition) เป็นความรู้ที่มีลักษณะการใช้ความรู้ที่มีอยู่ในตัวบุคคลให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ทำ มีความรู้ว่าคุณสมบัติใดเหมาะสมกับงานลักษณะใด

3. ความรู้เชิงกลวิธี (Strategies) เป็นความรู้เกี่ยวกับการตั้งส่วนสำคัญมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติ เพื่อใช้ในการวางแผนกลวิธีในการทำงาน หรือการจับใจความสำคัญของงาน เพื่อวางแผนในการปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมาย

พิมพ์พันธุ์ เดชະคุปต์ (2544: 156) มีแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของอภิปัญญาว่าเป็นกลวิธีที่บุคคลใช้ในกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ การวางแผน (Planning) การกำกับติดตาม (Monitoring) และการประเมินผล (Evaluating) โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวางแผน (Planning) เป็นการวิเคราะห์งานที่ต้องทำ จากนั้นจึงกำหนดเป้าหมายในการทำงาน จัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานตามกลวิธี และประมาณการณ์คำตอบที่คาดว่าจะได้จากการทำงาน

2. การกำกับติดตาม (Monitoring) เป็นการตรวจสอบความคิดตนเองเกี่ยวกับเป้าหมายการทำงาน วิธีการในการทำงาน และขั้นตอนในการทำงาน

3. การประเมินผล (Evaluating) เป็นการประเมินความคิดของตนเอง เพื่อตรวจสอบคำตอบซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการทำงาน ตรวจสอบความสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ และตรวจสอบวิธีการและขั้นตอนในการทำงาน

ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของอภิปัญญา พบว่า มีการกำหนดองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน เมื่อวิเคราะห์รายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบแล้ว ทำให้ทราบว่าองค์ประกอบของอภิปัญญา มี 2 ส่วนที่สำคัญ คือ 1) การตระหนักรู้ (Awareness) หรือความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive knowledge) และ 2) การกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) หรือประสบการณ์ในอภิปัญญา (Metacognitive experience) สามารถนำมาเขียนแสดงการสังเคราะห์องค์ประกอบของอภิปัญญาได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 การสังเคราะห์องค์ประกอบของอภิปัญญา

เบเกอร์ และ บราวน์ (Baker; & Brown. 1984)	ฟลาวเวลล์ (Flavell. 1985)	ครอสส์ และปารีส (Cross; & Paris. 1988)	พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544)	จุฑารัตน์ ชานานุสาสน์ (2546)	องค์ประกอบ ของอภิปัญญา ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์
1. ตระหนักรู้ (Awareness)	1. ความรู้ ด้านบุคคล (Self- knowledge)	1. ความรู้เชิงปัจจัย (Declarative knowledge)	-	1. ตัวแปรด้านบุคคล (Person variable)	1. การตระหนักรู้ ในตนเอง (Self- awareness)
	2. ความรู้ ด้านงาน (Task knowledge)	2. ความรู้เชิง กระบวนการ (Process knowledge)	-	2. ตัวแปร ด้านงาน (Task variable)	2.การตระหนักรู้ ในงาน (Task awareness)
	3. ความรู้ ด้านกลวิธี (Strategy knowledge)	3. ความรู้เชิงเงื่อนไข (Condition knowledge)	-	3. ตัวแปร ด้านกลวิธี (Strategy variable)	3.การตระหนักรู้ ในกลวิธี (Strategy Awareness)

ตาราง 5 (ต่อ)

เบเกอร์ และ บราวน์ (Baker; & Brown. 1984)	ฟลาวเวลล์ (Flavell. 1985)	ครอสส์ และปารีส (Cross; & Paris. 1988)	พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544)	จุฑารัตน์ ชنانุสสาน์ (2546)	องค์ประกอบ ของอภิปัญญา ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์
2. กำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) 2.1 การวางแผน (Planning)	4. การวางแผน (Planning)	4. การวางแผนการ ทำงาน (Planning)	1. การวางแผน (Planning)	4. การวางแผน (Planning)	4. การวางแผน (Planning)
2.2 การกำกับติดตาม (Monitoring)	5. การกำกับติดตาม (Monitoring)	5. การดำเนินงานและ การกำกับตนเอง (Monitoring)	2. การกำกับติดตาม (Monitoring)	5. การกำกับติดตาม (Monitoring)	5. การกำกับติดตาม (Monitoring)
2.3 การประเมินผล (Evaluating)	6. การประเมินผล (Evaluating)	6. การประเมินผล (Evaluating)	3. การประเมินผล (Evaluating)	6. การประเมินผล (Evaluating)	6. การประเมินผล (Evaluating)

จากตาราง 5 ผู้วิจัยสังเคราะห์องค์ประกอบของอภิปัญญาเป็น 2 ส่วน คือ การตระหนักรู้ (Awareness) แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) 2) การตระหนักรู้ในงาน (Task awareness) 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี (Strategy awareness) และการกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ 1) การวางแผน (Planning) 2) การกำกับติดตาม (Monitoring) และ 3) การประเมินผล (Evaluating) โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

องค์ประกอบที่ 1 การตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) หมายถึง การคิดทบทวนความรู้พื้นฐานเดิมของตนเองที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียนรู้ ทำให้ทราบว่าตนเองมีความรู้พื้นฐานเดิมอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้ประกอบการเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียนรู้ได้ (รู้อะไรบ้าง)

องค์ประกอบที่ 2 การตระหนักรู้ในงาน (Task awareness) หมายถึง การทำความเข้าใจประเด็นสำคัญเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียนรู้ ทำให้ทราบว่าเรื่องที่จะเรียนรู้นั้นมีประเด็นสำคัญอะไรบ้าง ที่ตนเองจะนำมาศึกษาเรียนรู้ (อยากเรียนรู้อะไร)

องค์ประกอบที่ 3 การตระหนักรู้ในกลวิธี (Strategy awareness) หมายถึง การคิดทบทวนวิธีการต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้ประเด็นสำคัญที่ตนเองจะศึกษาเรียนรู้ (จะเรียนรู้อย่างไร)

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผน (Planning) หมายถึง การกำหนดแผนดำเนินการเรียนรู้ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการทดลอง และตารางบันทึกผล

องค์ประกอบที่ 5 การกำกับติดตาม (Monitoring) หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองและติดตามความสำเร็จของการทดลอง แล้วระบุขั้นตอนที่ทำสำเร็จ จากนั้นอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร และระบุขั้นตอนที่ไม่สำเร็จ แล้วอธิบายวิธีหาทางแก้ไข จากนั้นอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร

องค์ประกอบที่ 6 การประเมินผล (Evaluating) หมายถึง การสรุปผลการเรียนรู้และประเมินผลการเรียนรู้ว่ามีความถูกต้อง บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้องค์ประกอบของอภิปัญญาทั้ง 6 องค์ประกอบนี้ เป็นกรอบในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยต่อไป

3.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา

ความสามารถด้านอภิปัญญาเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้บุคคลสามารถเรียนรู้หรือปฏิบัติงานให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย หรือในบริบทของการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนนั้น นักเรียนสามารถใช้ความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ได้อย่างเป็นระบบระเบียบ โดยการพัฒนาอภิปัญญานั้นจะต้องอาศัยกระบวนการในการฝึกฝนที่มีประสิทธิภาพ (Livingston. 1997) สำหรับกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญานั้น มีนักการศึกษาให้แนวคิดและแนวปฏิบัติไว้หลายท่านด้วยกัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เบเกอร์ และบราวน์ (Baker; & Brown. 1984: 21-24) ให้แนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนการใช้ อภิปัญญาในการทำงานโดยยึดตามองค์ประกอบของอภิปัญญาว่าประกอบด้วย 2 ขั้นตอนสำคัญ คือ การตระหนักรู้ (Awareness) และการกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การตระหนักรู้ (Awareness) เป็นการที่บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิดซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ตนเองเผชิญ แล้ววิเคราะห์ความรู้ ทักษะ กลวิธี และแหล่งข้อมูลที่เป็นต่อการทำงาน โดยรู้ว่าจะต้องทำงานนั้นอย่างไร (What to do) แล้วการแสดงออกในสิ่งที่ตนเองรู้ในลักษณะการสะท้อนความคิดหรือการอธิบายให้ผู้อื่นฟัง

2. การกำกับควบคุมตนเอง (Self-regulation) เป็นการควบคุมเกี่ยวกับการวางแผนการทำงาน (Planning) ทำให้รู้ว่าจะทำงานนั้นอย่างไร มีขั้นตอนในการทำงานอย่างไร การกำกับติดตามการทำงาน (Monitoring) ตลอดจนการประเมินผลงาน (Evaluation) ทำให้รู้ว่าจะบรรลุตามวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการทำงาน และผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ

ฟลาวเวลล์ (Flavell. 1985) เสนอขั้นตอนในการใช้นาอภิปัญญาไปใช้ในการทำงานว่าประกอบด้วยการใช้ทั้งความรู้อภิปัญญาและประสบการณ์อภิปัญญาในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความรู้ในงาน (Cognitive task) เป็นการวิเคราะห์ลักษณะงาน และสิ่งที่จะทำให้งานบรรลุเป้าหมาย ตลอดจนวิเคราะห์อุปสรรคที่จะเกิดขึ้นในการทำงาน

2. ความรู้ในกลวิธี (Strategic knowledge) เป็นการพิจารณากลวิธีที่เหมาะสมที่จะทำให้กิจกรรมบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

3. ความรู้ในตนเอง (Self knowledge) เป็นการระบุถึงความสามารถที่ตนต้องมีที่เป็นปัจจัยในการทำงานให้บรรลุเป้าหมาย และข้อบกพร่องของตนเองที่เป็นอุปสรรคในการทำงาน

4. การวางแผนงาน (Planning) เป็นการกำหนดเป้าหมายการทำงาน วิธีการทำงาน และขั้นตอนการทำงาน

5. การกำกับติดตาม (Monitoring) เป็นการตรวจสอบตนเองเกี่ยวกับการทำงานว่าทำงานได้ตามเป้าหมายการทำงาน วิธีการทำงาน และขั้นตอนในการทำงานหรือไม่ อย่างไร

6. การประเมินผล (Evaluating) เป็นการประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงาน และประเมินความสอดคล้องของผลงานกับเป้าหมาย วิธีการ และขั้นตอนในการทำงาน

กาโรฟาโล และเลสเตอร์ (Garofalo; & Lester. 1985: 163-176) เสนอแนวคิดในการใช้อภิปัญญาในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าประกอบด้วย 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (Orientation) เป็นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

- 1.1 การทำความเข้าใจกลวิธี
- 1.2 วิเคราะห์ข่าวสารข้อมูลและเงื่อนไข
- 1.3 ประเมินความคุ้นเคยกับงาน
- 1.4 สร้างตัวแทนในการแก้ปัญหา
- 1.5 ประเมินความยากและโอกาสที่จะสำเร็จ

2. กำหนดโครงสร้างของปัญหา (Organization) เป็นการให้นิยามของปัญหาลักษณะสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงกำหนดเป้าหมายของการแก้ปัญหา การกำหนดแผนการ และขั้นตอนย่อยในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

- 2.1 ระบุเป้าหมายย่อยและเป้าหมายสุดท้าย
- 2.2 วางแผนในภาพรวม
- 2.3 วางแผนย่อยในแต่ละขั้นตอน

3. การดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) เป็นการดำเนินการตามแผนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งมีการกำกับติดตามการทำงานตามแผน ความก้าวหน้าการดำเนินการตามแผนการ ซึ่งประกอบด้วย

- 3.1 ดำเนินการตามแผนย่อยให้เป็นแผนใหญ่
- 3.2 กำกับและประเมินความก้าวหน้าของการดำเนินการตามแผนย่อยและรวม
- 3.3 กำกับตนเองในด้านความถูกต้องของงาน และการใช้เวลา

4. การประเมินความถูกต้อง (Assessing) เป็นการประเมินผลกระบวนการแก้ปัญหา ตั้งแต่การระบุปัญหา นิยามปัญหา และการวางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหา ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา ซึ่งประเมินผลใน 2 ลักษณะ คือ

- 4.1 ประเมินผลการนิยามปัญหา และประเมินผลการวางแผนแก้ปัญหา
 - 4.1.1 ความถูกต้องของตัวแทนปัญหา

4.1.2 ความถูกต้องของแผนการแก้ปัญหา

4.1.3 ความสอดคล้องของแผนและขั้นตอนการดำเนินการ

4.1.4 ความสอดคล้องของแผนกับเป้าหมาย

4.2 ประเมินผลลัพธ์การดำเนินการแก้ปัญหา

4.2.1 ความถูกต้องของผลลัพธ์การดำเนินการแก้ปัญหา

4.2.2 ความสอดคล้องของแผนและขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา

4.2.3 ความสอดคล้องของผลลัพธ์แต่ละขั้นกับแผนและเงื่อนไขของปัญหา

4.2.4 ความสอดคล้องของผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายกับแผนและเงื่อนไขของปัญหา

เบเยอร์ (Beyer. 1987: 192-196) ได้เสนอกระบวนการใช้อภิปัญญาในกระบวนการแก้ปัญหา โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผนการแก้ปัญหา (Planning) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาแล้ววางแผนการแก้ปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้

1.1 การกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา

1.2 การเลือกวิธีการแก้ปัญหา

1.3 การเรียงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา

1.4 การคาดเดาอุปสรรค และวิธีการแก้ไขอุปสรรค

1.5 การทำนายผลลัพธ์ที่เกิดจากการแก้ปัญหา

2. การกำกับติดตามกระบวนการแก้ปัญหา (Monitoring)

2.1 การกำกับเป้าหมายการแก้ปัญหา

2.2 การกำกับวิธีการในการแก้ปัญหา

2.3 การกำกับขั้นตอนในการแก้ปัญหา

3. การประเมินผลการแก้ปัญหา (Assessing)

3.1 การประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย

3.2 การประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์

3.3 การประเมินความถูกต้องของวิธีการและขั้นตอนในการแก้ปัญหา

ครอสส์ และปารีส (Cross; & Paris. 1988) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการใช้อภิปัญญาในกระบวนการทำงาน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. การวิเคราะห์เบื้องต้น (Analyzing) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป การวิเคราะห์กิจกรรม และการวิเคราะห์ความสามารถตนเองในการทำกิจกรรม

2. การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดเป้าหมายการทำงาน จากนั้นจึงเลือก กลวิธีและขั้นตอนในการทำงานที่เหมาะสมเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย

3. การกำกับติดตามตนเอง (Monitoring) เป็นการกำกับติดตามตนเองให้ดำเนินงาน ตามเป้าหมายการทำงาน กลวิธีและขั้นตอนในการทำงานที่กำหนดไว้

4. การประเมินผลงาน (Evaluating) เป็นการประเมินความสำเร็จของงานตาม เป้าหมายการทำงาน และการประเมินความเหมาะสมของกลวิธีและขั้นตอนที่ใช้ในการทำงาน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 164-166) ได้เสนอขั้นตอนในการใช้อภิปัญญาในการแก้ โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการวางแผน (Planning)

- 1.1 การฝึกวิเคราะห์เป้าหมาย
- 1.2 การฝึกเลือกใช้วิธีการ
- 1.3 การฝึกจัดเรียงลำดับวิธีการ
- 1.4 การฝึกประมาณคำตอบที่คาดว่าจะได้

2. การฝึกการกำกับและตรวจสอบความคิดตนเอง (Monitoring)

- 2.1 การกำกับเป้าหมาย
- 2.2 การกำกับวิธีการ/ ขั้นตอนการแก้ปัญหา

3. การฝึกการประเมินความคิดของตนเอง (Evaluating)

- 3.1 การประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย
- 3.2 การประเมินวิธีการ/ ขั้นตอนการแก้ปัญหา
- 3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์

ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา พบว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านอภินิญาณนั้นมีความคล้ายคลึงกันหลาย ขั้นตอน สามารถวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญาตามแนวคิดของนักการศึกษาแต่ ละท่าน ดังตาราง 6 ซึ่งผู้วิจัยจะนำไปใช้เป็นพื้นฐานแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภินิญาณนี้ไปใช้ ในการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจะพัฒนาขึ้นในหัวข้อต่อไป

ตาราง 6 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา

เบเกอร์ และบราวน์ (Baker; & Brown. 1984)	ฟลาวเวลล์ (Flavell. 1985)	กาลาฟาโร และเลสเตอร์ (Galafaro; & Laster. 1985)	ครอสส์ และปารีส (Cross; & Paris. 1988)	พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2544)
1. การตระหนักรู้ (Awareness)	1. ความรู้ในตนเอง (Self knowledge)	1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (Orientation)	1.การวิเคราะห์เบื้องต้น (Analyzing)	
	2. ความรู้ในงาน (Cognitive task)			-
	3.ความรู้ในกลวิธี (Strategic knowledge)			
2. การกำกับตนเอง (Self- regulation)	4.การวางแผน (Planning)	2. การจัดโครงสร้าง (Organization)	2.การวางแผน (Planning)	1. การวางแผน (Planning)
2.1 การวางแผน (Planning)	5. การกำกับติดตาม (Monitoring)	3.การดำเนินการ (Execution)	3.การกำกับติดตาม (Monitoring)	2. การกำกับตรวจสอบ (Monitoring)
2.2 การกำกับติดตาม (Monitoring)	6. การประเมินผล (Evaluating)	4. การประเมินความถูกต้อง (Assessing)	4.การประเมินผล (Assessing)	3. การประเมินผล (Evaluating)
2.3 การประเมินผล (Evaluating)				

3.5 การวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา

ความสามารถด้านอภิปัญญาเป็นการคิดที่เป็นระบบระเบียบซึ่งอยู่ในความคิดของมนุษย์ ซึ่งยากที่จะวัดโดยใช้วิธีการวัดและเครื่องมือการวัดเพียงรูปแบบเดียว ดังนั้นการวัดความสามารถด้านอภิปัญญาจึงต้องวัดด้วยวิธีการและเครื่องมือที่หลากหลายรูปแบบ (Gardner; & Alexander. 1989) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 125-146) ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วน คือ วิธีการวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา และเครื่องมือวัดและประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา โดยเนื้อหาแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีการวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา

วิธีที่ใช้ในการวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญามีหลากหลายวิธี โดยที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอดีตจนถึงปัจจุบันมี 4 วิธี ดังนี้

1.1 การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการใช้ข้อความที่กำหนดไว้ล่วงหน้า มีลักษณะเป็นการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เพื่อตรวจสอบการกระทำย้อนหลังเกี่ยวกับกระบวนการคิด และสิ่งที่ได้ลงมือปฏิบัติงานไปแล้ว โดยจุดเด่นของการสัมภาษณ์ คือ การที่ผู้สัมภาษณ์ได้เตรียมข้อความเกี่ยวกับประเด็นที่ต้องการทราบไว้ล่วงหน้า ทำให้มั่นใจได้ในระดับหนึ่งว่าจะสามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามการสัมภาษณ์อาจจะมีจุดด้อยในกรณีที่เว้นช่วงการสัมภาษณ์หลังจากที่ได้ใช้กระบวนการคิดและการปฏิบัติงานจนเกินไป ซึ่งอาจจะทำให้ผู้ให้ข้อมูลลืมข้อมูลที่สำคัญได้ ดังนั้นการสัมภาษณ์ที่จะได้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีที่สุด คือการสัมภาษณ์ทันทีหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการคิดและกระบวนการทำงาน ยิ่งไปกว่านั้นการสัมภาษณ์เด็กเล็ก จะต้องใช้ภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจของเด็ก ดังนั้นการเตรียมข้อความในการสัมภาษณ์นั้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก โดยควรมีการเตรียมทั้งคำถามหลักและคำถามเสริมไว้ด้วย

1.2 การคิดแบบออกเสียง (Thinking aloud procedures) เป็นวิธีการรายงานกระบวนการคิดและกระบวนการทำงานด้วยถ้อยคำ (Verbal report) ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์เป้าหมายการคิด วิธีการคิด ขั้นตอนการคิด ตลอดจนรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากการคิดได้ค่อนข้างครบถ้วนและแม่นยำ

1.3 การใช้แบบรายงานตนเอง (Self-report) เป็นวิธีการถามเพื่อให้ นักเรียนได้ตอบคำถาม โดยการเขียนตอบความคิดเห็นของตนเองอย่างอิสระหรือมีคำตอบให้นักเรียนเลือกตอบ การประเมินอภิปัญญาโดยวิธีนี้สามารถทำได้ในระหว่างทำงานหรือสิ้นสุดการทำงาน การสร้างแบบรายงานตนเองที่ดีต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนว่าต้องการประเมินสิ่งใด และต้องการประเมินให้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบของการวัด ข้อความที่ใช้ในคำถามต้องเป็นภาษาที่เข้าใจง่าย และควรมีข้อคำถามที่เป็นเชิงบวกและเชิงลบ เพื่อให้สามารถประเมินผู้เรียนได้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

1.4 การใช้แบบทดสอบ (Test) แบบทดสอบเป็นเครื่องมือที่ผู้สอนคุ้นเคยมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จากการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ จะทำให้รู้ว่าผู้เรียนมีระดับอภิปัญญาเพียงใด โดยแบบทดสอบมีข้อดีคือสามารถวัดด้วยข้อสอบจำนวนหลายข้อ เพื่อวัดให้ได้ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการมากที่สุด

2. เครื่องมือวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา

เครื่องมือที่ใช้ประเมินอภิปัญญาสามารถใช้ได้มากมายหลากหลายรูปแบบด้วยกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงแบบรายงานตนเองและแบบทดสอบ ซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิดมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 แบบรายงานตนเอง เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เรียนได้เขียนคำตอบตามความคิดของตนเองอย่างอิสระ หรือมีคำตอบให้นักเรียนเลือกตอบ การประเมินอภิปัญญาโดยวิธีนี้สามารถทำได้ในระหว่างทำงานหรือสิ้นสุดการทำงาน การสร้างแบบรายงานตนเองที่ดีต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนว่าต้องการประเมินสิ่งใด และต้องการประเมินให้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบของการวัด ข้อความที่ใช้ในคำถามต้องเป็นภาษาที่เข้าใจง่าย และควรมีข้อคำถามที่เป็นเชิงบวกและเชิงลบ โดยตัวอย่างแบบรายงานตัวเองนี้มีการสร้างข้อความหรือข้อคำถามให้นักเรียนเลือกตอบจากตัวเลือกที่มีระดับความถี่ของการปฏิบัติ 4 ระดับ คือ ทุกครั้ง/เกือบทุกครั้ง บ่อยครั้ง บางครั้ง และไม่เคย/นานๆ ครั้ง โดยผู้สอนอาจปรับจำนวนระดับความถี่ของการปฏิบัติให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามความเหมาะสม ตัวอย่างแบบรายงานตนเองที่ใช้วัดอภิปัญญาของผู้เรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555) แสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 ตัวอย่างแบบรายงานตัวเองที่ใช้วัดอภิปัญญาของนักเรียน

ข้อความ	ความถี่ของการปฏิบัติ			
	ทุกครั้ง / เกือบทุกครั้ง	บ่อยครั้ง	บางครั้ง	ไม่เคย / นานๆ ครั้ง
1. ร่างลำดับการคิดก่อนลงมือทำงาน				
2. แบ่งข้อความจากโจทย์ออกเป็นส่วน ๆ เช่น ส่วนที่ โจทย์ต้องการทราบ และส่วนที่โจทย์กำหนดให้				
3. อ่านเนื้อหาในงาน โดยไม่ระบุคำสำคัญที่เกี่ยวข้อง กับเป้าหมายของการทำงาน				
4. อ่านโจทย์ให้เข้าใจแล้วเลือกทำข้อที่ง่ายก่อน ส่วน ข้อที่ยากจะกลับมาทำภายหลัง				
5. เมื่อทำแบบฝึกหัดข้อใดไม่ได้ จะเดาคำตอบและ ข้ามไปทำข้ออื่นโดยไม่กลับมาทำข้อนั้นอีก				
6. ตั้งคำถามกับตนเองเพื่อตรวจสอบความเข้าใจใน การทำงาน				
7. ตั้งคำถามเตือนตนเองเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ระหว่างผลการดำเนินการแก้ปัญหา กับเป้าหมายของ การทำงาน				
8. ตรวจสอบผลของการทำงาน เพื่อให้แน่ใจว่าทำได้ ถูกต้อง				
9. ทำงานเสร็จแล้วแต่พบว่ายังมีข้อผิดพลาดจะข้าม ไปโดยไม่กลับมาทบทวน				
10. จดรายการสิ่งที่ไม่เข้าใจในการทำงานสำหรับใช้ ในการศึกษาหรือค้นคว้าต่อไป				
11. ทบทวนบทเรียนทุกครั้งหลังจากเรียนจบใน บทเรียนนั้น ๆ				
12. ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับ การเรียนรู้ในเรื่องใหม่				

จากแบบรายงานตนเองเพื่อใช้วัดอภิปัญญามีข้อคำถาม 12 ข้อ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ไม่เคย / นาน ๆ ครั้ง บางครั้ง บ่อยครั้ง และทุกครั้ง / เกือบทุกครั้ง โดยมีตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งกำหนดเป็นรายข้อดังนี้

ถ้าข้อสอบแสดงความรู้สึกรู้สึกหรือการกระทำในทางบวก เช่น ข้อที่ 1, 2, 4, 6 การให้คะแนน เป็นดังนี้

<u>ความถี่ของการปฏิบัติ</u>	<u>คะแนน</u>
ไม่เคย / นาน ๆ ครั้ง	1
บางครั้ง	2
บ่อยครั้ง	3
ทุกครั้ง / เกือบทุกครั้ง	4

ถ้าข้อสอบแสดงความรู้สึกรู้สึกหรือการกระทำในทางลบ เช่น ข้อที่ 3, 5, 9 การให้คะแนนกลับกันกับข้อความทางบวกดังนี้

<u>ความถี่ของการปฏิบัติ</u>	<u>คะแนน</u>
ไม่เคย / นาน ๆ ครั้ง	4
บางครั้ง	3
บ่อยครั้ง	2
ทุกครั้ง / เกือบทุกครั้ง	1

2.2 แบบทดสอบ เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เรียนแสดงถึงการคิดและการกำกับควบคุมการคิดเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นด้วยการเขียนตอบ โดยการสร้างข้อสอบแบบเขียนตอบที่ใช้วัดความสามารถด้านอภิปัญญามีส่วนประกอบสำคัญ คือ

1) สถานการณ์ ต้องสอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียนของผู้เรียนแต่ละระดับชั้น และควรเลือกสถานการณ์ที่น่าสนใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีความสามารถด้านอภิปัญญา ดังภาพประกอบ 4

2) คำถาม ต้องมีความชัดเจนตรงตามองค์ประกอบของอภิปัญญาที่ต้องการวัด ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน ดังภาพประกอบ 5

3) แนวคำตอบ เป็นหลักการแนวคิดที่เป็นไปได้ในการตอบคำถาม ซึ่งผู้สร้างคำตอบกำหนดแนวคำตอบที่ครอบคลุมแต่ละประเด็น ดังภาพประกอบ 6

4) เกณฑ์การให้คะแนน เป็นเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นสำหรับการให้คะแนนคำตอบ โดยพิจารณาจากความถูกต้อง ครบถ้วน และสมบูรณ์ของคำตอบ ในการตรวจให้คะแนนผู้ตรวจจะแบ่งคะแนนออกเป็น ส่วน ๆ ตามองค์ประกอบของอภิปัญญาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังภาพประกอบ 7

ส่วนที่ 1 สถานการณ์

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ และตอบคำถาม 3 ข้อต่อไปนี้ โดยเขียนวิธีคิดลงในข้อสอบ
2. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบหรือวิธีคิด ไม่ต้องลบคำตอบหรือวิธีคิดเดิมออก แต่ให้ขีดเส้นทับ

คำตอบหรือวิธีคิดเดิม แล้วจึงเขียนคำตอบหรือวิธีคิดใหม่

สถานการณ์

เพื่อนของนักเรียนเลี้ยงปลาหางนกยูงไว้ในขวดโหลที่มีขนาดเท่ากับสองขวด ขวดละ 5 ตัว ขวดที่หนึ่งมีต้นสาหร่ายอยู่ในขวด ขวดที่สองมีก้อนหินอยู่ 5 ก้อน โดยวางขวดโหลทั้งสองไว้ใกล้กัน ในแต่ละวันจะให้อาหารปลาวันละหนึ่งช้อนชาเท่ากัน เมื่อเพื่อนของนักเรียนกลับจากทำธุระที่ต่างจังหวัดเป็นเวลา 7 วันพบว่าปลาที่อยู่ในขวดโหลที่มีต้นสาหร่ายยังมีชีวิตอยู่ ส่วนปลาที่อยู่ในขวดโหลที่มีก้อนหินตายหมด

ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างสถานการณ์ของแบบทดสอบอภิปัญญา

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

ส่วนที่ 2 คำถาม

(1) นักเรียนคิดว่าขวดโหลทั้งสองขวดมีอะไรที่แตกต่างกัน

ตอบ

(คำถามข้อนี้วัดอภิปัญญาในองค์ประกอบความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำ – ถาม ความรู้งานนี้เกี่ยวข้องกับเรื่องใดในด้านข้อเท็จจริง คำศัพท์และนิยาม)

(2) นักเรียนจะอธิบายสาเหตุการตายของปลาว่าอย่างไร

ตอบ

(คำถามข้อนี้วัดอภิปัญญาในองค์ประกอบความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำ – ถาม ความรู้งานนี้เกี่ยวข้องกับเรื่องใดในด้านข้อเท็จจริง คำศัพท์และนิยาม)

(3) จากประสบการณ์ครั้งนี้ หากนักเรียนต้องการเลี้ยงปลาในขวดโหล และมีความจำเป็นต้อง เดินทางไปต่างจังหวัดหลายวัน นักเรียนจะทำอย่างไร

ตอบ

(คำถามข้อนี้วัดอภิปัญญาในองค์ประกอบการวางแผน – ถามเกี่ยวกับความสามารถของ ผู้เรียนในการกำหนดวัตถุประสงค์และขั้นตอนของการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการ เรียนรู้หรือการปฏิบัติงานให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ)

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างคำถามของแบบทดสอบอภิปัญญา

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัดผลประเมินผล วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ส่วนที่ 3 แนวคำตอบ

แนวคำตอบ

- (1) คำตอบที่เป็นไปได้ คือ ต้นสาหร่ายและก้อนหิน หรือปลาในขวดโหลที่มีสาหร่ายมีอาหารกิน แต่ปลาที่อยู่ในขวดโหลที่มีก้อนหินไม่มีอาหารกิน
- (2) คำตอบที่เป็นไปได้ คือ ปลาในขวดโหลที่มีก้อนหินตายเพราะขาดอาหาร ส่วนปลาที่อยู่ในอีกขวดโหลไม่ตาย เพราะกินสาหร่ายเป็นอาหาร
- (3) คำตอบที่เป็นไปได้ คือ เลี้ยงปลาไว้ในที่มีอาหารให้ปลากิน เช่น ใส่สาหร่ายลงในขวดโหล

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแนวคำตอบของแบบทดสอบอภิปัญญา

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

ส่วนที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนน

ข้อ (1)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	ความรู้ (ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำ)
1	ระบุคำตอบว่าต้นสาหร่ายและก้อนหิน หรือปลาในขวดโหลที่มีสาหร่ายมีอาหารกิน แต่ปลาที่อยู่ในขวดโหลที่มีก้อนหินไม่มีอาหารกิน

ข้อ (2)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	ความรู้ (ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำ)
1	ระบุคำตอบว่าปลาในขวดโหลที่มีก้อนหินตาย เพราะขาดอาหาร ส่วนปลาที่อยู่ในอีกขวดโหลไม่ตาย เพราะกินสาหร่ายเป็นอาหาร

ข้อ (3)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	ความรู้ (การวางแผน)
1	ระบุคำตอบว่าเลี้ยงปลาไว้ในที่มีอาหารให้ปลากิน เช่น ใส่สาหร่ายลงในขวดโหล

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบอภิปัญญา

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผล วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา และเครื่องมือวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา ผู้วิจัยสรุปหลักการสำคัญในการวัดและประเมินความสามารถด้านอภิปัญญาว่า จะต้องใช้วิธีการและเครื่องมือในการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย และจะต้องใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation technique) โดยให้ผู้ประเมิน 3 คน ร่วมกันตรวจให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญาเพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงในการให้คะแนน และช่วยขจัดอุปสรรคด้านความลำเอียงออกไป (วรรณิ แกมเกตุ. 2551) ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดเครื่องมือที่วัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญาในงานวิจัยครั้งนี้มี 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา และแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา โดยจะใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation technique) กำหนดผู้ตรวจคะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัย และอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 คน ร่วมกันตรวจให้คะแนนอภิปัญญา ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

1. แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน โดยแบบทดสอบมีลักษณะสำคัญดังนี้

1.1 แบบทดสอบแบบมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้

1.2 กำหนดผู้ตรวจคะแนน 3 คน ประเมินความสามารถด้านอภิปัญญาจากคำถามปลายเปิดสถานการณ์ละ 6 ข้อ ที่ถามเพื่อประเมินอภิปัญญา 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง 2) การตระหนักรู้ในงาน 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี 4) การวางแผน 5) การกำกับติดตาม และ 6) การประเมินผล

1.3 กำหนดแนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบเป็นแบบรูปรีค 4 ระดับ คือ 3, 2, 1, และ 0 คะแนน หมายถึง ระดับอภิปัญญาดีมาก ดี พอใช้ และควรปรับปรุงตามลำดับ ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555)

2. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลระหว่างเรียนทุกครั้ง มีแนวทางการวัดและประเมินผลดังนี้

1.1 กำหนดผู้ตรวจคะแนน 3 คน ประเมินความสามารถด้านอภิปัญญาจากคำถามเพื่อประเมินอภิปัญญา 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง (รู้อะไรบ้าง) 2) การตระหนักรู้ในงาน (จะเรียนรู้อะไร) 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี (จะเรียนรู้อย่างไร) 4) การวางแผนดำเนินการเรียนรู้ 5) การดำเนินงานและกำกับติดตาม และ 6) การประเมินผล

1.2 กำหนดแนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบเป็นแบบรูปรีค 4 ระดับ คือ 3, 2, 1, และ 0 คะแนน หมายถึง ระดับอภิปัญญาดีมาก ดี พอใช้ และควรปรับปรุงตามลำดับ ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555)

ส่วนที่ 4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ในทางการศึกษามีคำที่มีความหมายเดียวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้หลายคำ ได้แก่ “การสอน” “กระบวนการเรียนการสอน” “การจัดการเรียนการสอน” “รูปแบบการสอน” “รูปแบบการเรียนการสอน” (ทิตนา แชมมณี. 2546: 221-273) ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านอธิบายความหมาย ดังนี้

ทิตนา แชมมณี (2546: 3) ให้นิยาม รูปแบบการเรียนการสอน คือ สภาพหรือลักษณะของการเรียนการสอนที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อต่าง ๆ โดยประกอบด้วย กระบวนการหรือขั้นตอนสำคัญในการเรียนการสอน รวมทั้งวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่สามารถช่วยให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดที่ยึดถือและได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ หรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแบบแผนในการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะของรูปแบบนั้น ๆ ได้ รูปแบบการเรียนการสอนจะต้องสามารถทำนายผลที่จะเกิดตามมาได้และมีศักยภาพในการสร้างความคิดรวบยอดและความสัมพันธ์ใหม่ๆ ได้

รัตนา สิงห์กุล (2547: 82) ให้นิยามของคำว่ารูปแบบการเรียนการสอน หรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ หมายถึง โครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์และส่งเสริมซึ่งกันและกันระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ในการเรียนการสอน ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการสอน การประเมินผล รวมทั้งกิจกรรมสนับสนุนอื่น ๆ โดยผ่านขั้นตอนตามเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นโครงสร้างที่ใช้เป็นแนวในการสร้างกิจกรรมการเรียนการสอน และจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนการสอน

ละเอียด รักษ์เฝ้า (2528: 8) ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอนว่าเป็น โครงสร้างที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ที่จะใช้จัดกระทำเพื่อให้เกิดผลที่ตั้งเป้าหมายให้แก่ผู้เรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2537: 140) อธิบายไว้ว่ารูปแบบการสอนมีความหมาย 2 แนวใหญ่ ๆ แนวคิดแรกมองรูปแบบการสอนเป็นกิจกรรมหรือวิธีสอน ตัวอย่างเช่น แนวความคิดของจอยซ์และเวลล์ และแนวความคิดของเซย์เลอร์และคณะ ส่วนแนวคิดที่สองมองรูปแบบการสอนกว้างกว่า โดยมองว่าเป็นโครงสร้างที่แสดงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ในการสอนที่จะนำมาใช้ร่วมกัน ตัวอย่างเช่น รูปแบบการสอนของบลูม รูปแบบการเรียนการสอนของบุญชม ศรีสะอาดและนิภา ศรีไพโรจน์ เป็นต้น

จอยซ์ และเวลล์ (Joyce; & Weil. 1986: 2) อธิบายว่ารูปแบบการสอน คือ รูปแบบการเรียนนั่นเอง รูปแบบการเรียนการสอนเป็นแผนการออกแบบการเรียนการสอนในห้องเรียนหรือการสอนเสริม และยังเป็นแผนการใช้สื่อการเรียน ได้แก่ หลักสูตร หนังสือ วิดีทัศน์ เป็นต้น รูปแบบการเรียนการสอนแต่ละแบบจะแสดงถึงการออกแบบการสอนของครูที่มุ่งให้นักเรียนได้บรรลุจุดมุ่งหมายในการเรียนตามที่วางไว้

ดุก (Duke. 1990: 96) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอนเป็นแนวคิดด้านการสอน ซึ่งมักได้มาจากทฤษฎีการศึกษา และมีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนควรเรียนและวิธีการเรียน รูปแบบการเรียนการสอนควรจะมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของรูปแบบเพิ่มขึ้น รูปแบบการเรียนการสอนจะเน้นภาระการสอนและการฝึกอบรมครูให้สามารถใช้ได้อนึ่งรูปแบบการเรียนการสอน แต่ละแบบจะมีจุดอ่อน และจุดแข็งแตกต่างกัน และไม่มีรูปแบบการเรียนการสอนใดที่ดีที่สุด

จากการรวบรวมความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ คือ แบบแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ของการจัดการเรียนรู้ คือ ทฤษฎีหรือแนวคิดที่รองรับรูปแบบ โดยมีการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ กำหนดสื่อการเรียนรู้ และกำหนดการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ โดยองค์ประกอบต่าง ๆ ต้องมีความสัมพันธ์กัน สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามเป้าหมายที่วางไว้

4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สำคัญคล้ายคลึงกัน โดยนักการศึกษาได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

ทิศนา ขัมมณี (2546: 4) ได้เสนอองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่า จำเป็นต้องมีองค์ประกอบสำคัญ ๆ ดังนี้

1. มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักของรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ
2. มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ
3. มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้น ๆ
4. มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้นั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สุเทียบ ละอองทอง (2545) ได้สังเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอธิบายไว้ดังต่อไปนี้

1. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่กล่าวถึงความเชื่อและแนวคิด ทฤษฎีเป็นพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จะเป็นตัวชี้้นำ การกำหนดจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และขั้นตอนการดำเนินงานในรูปแบบการจัดการเรียนรู้
2. จุดประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่ระบุถึงความคาดหวังที่ ต้องการให้เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้
3. สารและกระบวนการ เป็นส่วนที่ระบุถึงเนื้อหาและกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะใช้ในการ จัดการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
4. กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินงาน เป็นส่วนที่ระบุถึงวิธีการปฏิบัติในขั้นตอนต่าง ๆ เมื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้
5. การวัดและประเมินผล เป็นส่วนที่ประเมินถึงประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการ เรียนรู้

อรุณี สถิตภาคีกุล (2534: 18-20) ได้ศึกษาลักษณะที่สำคัญของรูปแบบการจัดการ เรียนรู้แบบต่าง ๆ และสรุปว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีแนวคิดหรือทฤษฎีรองรับ แนวคิดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้อาจมาจาก แนวคิดด้านการศึกษา เช่น การให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติ ทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ เช่น พัฒนาการด้านสติปัญญา การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ หนึ่ง ๆ อาจมีแนวคิดหรือทฤษฎีเดียวหรือมากกว่าก็ได้
2. มีองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน ผู้พัฒนาออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จะต้องจัดองค์ประกอบให้มีความสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล สอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐาน และ เหมาะสมกับสาขาวิชา ส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน
3. มีกระบวนการออกแบบหรือพัฒนาอย่างเป็นระบบ เริ่มตั้งแต่การศึกษาวเคราะห์ ข้อมูลและองค์ประกอบในการเรียนรู้ กำหนดองค์ประกอบที่สำคัญ จัดองค์ประกอบให้สัมพันธ์กัน นำไปทดลองใช้ในห้องเรียน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการใช้และประเมินผลว่าสามารถช่วยให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในสิ่งที่ต้องการได้จริง
4. มีผลต่อการพัฒนาผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการของวิชาที่สอนและด้านอื่น ๆ ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้แต่ละรูปแบบจะส่งผลต่อผู้เรียนแตกต่างกันออกไป

ดิก และคาเรย์ (Dick; & Garey. 1985) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบสำคัญ คือ 1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ 2) พัฒนาการจัดการเรียนรู้ และ 3) ประเมินการจัดการเรียนรู้ จาก 3 องค์ประกอบ สามารถแบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้ (Identify instructional goals) เป็นการกำหนดความมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้ ซึ่งต้องพัฒนาให้สอดคล้องกับความมุ่งหมายทางการศึกษา จากนั้นก็ทำการวิเคราะห์ความจำเป็น (Needs analysis) และวิเคราะห์ผู้เรียน

2. วิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ (Conduct instructional analysis) เป็นการวิเคราะห์ภารกิจ หรือวิเคราะห์ขั้นตอนการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ที่ได้จะเป็นหมวดหมู่ของการจัดการภารกิจ (Task classification) ตามลักษณะของจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้

3. กำหนดพฤติกรรมเบื้องต้นและคุณลักษณะของผู้เรียน (Identify entry behaviors) ว่าเป็นผู้เรียนระดับใด มีพื้นฐานความรู้เพียงใด

4. เขียนจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ (Write performance objectives) ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายเฉพาะหรือจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายการสอนเพื่อประโยชน์ คือ

4.1 ทำให้เห็นแนวทางการจัดการเรียนรู้

4.2 เป็นแนวทางในการวางแผนจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้

4.3 เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

4.4 ช่วยให้ผู้เรียนเรียนอย่างมีจุดมุ่งหมาย

5. สร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Develop criterion referenced test items) เพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้

6. พัฒนายุทธศาสตร์การจัดการเรียนรู้ (Develop instructional strategy) ให้เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. พัฒนาและเลือกวัสดุการจัดการเรียนรู้ (Develop and select instructional materials) ทั้งสื่อสิ่งพิมพ์และสื่อโสตทัศน

8. ออกแบบและดำเนินการประเมินระหว่างเรียน (Design and conduct formative evaluation)

9. ออกแบบและดำเนินการประเมินหลังเรียน (Design and conduct summative evaluation)

10. แก้ไขปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ (Revise instruction) เป็นการแก้ไขและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ขั้นที่ 2 ถึงขั้นที่ 8

คิปเลอร์ (Kibler. 1974: 44 – 53) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้ เป็นผลผลิตทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้เกิดในผู้เรียน ซึ่งมีความครอบคลุมพฤติกรรมทางด้านสติปัญญา (Cognitive domain) ด้านเจตคติ (Affective domain) และด้านการปฏิบัติ (Psychomotor domain)

2. การวัดพฤติกรรมพื้นฐาน เป็นการตรวจสอบความพร้อม ความรู้พื้นฐานและทักษะเบื้องต้นของผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนรู้จริงๆ

3. การจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ เป็นการจัดกิจกรรม เพื่อพัฒนาพฤติกรรมของผู้เรียนโดยเริ่มต้นที่พฤติกรรมพื้นฐาน ต่อเนื่องจนถึงพฤติกรรมปลายทาง

4. การประเมินผลรวม เป็นการประเมินเพื่อตรวจสอบว่าการจัดการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์เพียงใด มีวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพียงใด เป็นต้น

จากการศึกษาองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปองค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มี 7 องค์ประกอบ เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อต่อไป ดังนี้

1. ความเป็นมาและความสำคัญ เป็นการกล่าวถึงสภาพและปัญหาของการจัดการเรียนรู้ และความสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2. แนวคิดและหลักการ เป็นการกล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะเป็นตัวชี้้นำในการกำหนดจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และการวัดประเมินผล

3. จุดมุ่งหมาย เป็นการกล่าวถึงพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

4. เนื้อหาสาระ เป็นการกล่าวถึงเนื้อหาและกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

5. แนวทางการจัดการเรียนรู้ เป็นการกล่าวถึงวิธีการปฏิบัติในขั้นตอนต่าง ๆ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้

6. สื่อการเรียนรู้ เป็นการกล่าวถึงสื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้

7. แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เป็นการกล่าวถึงการวัดประเมินผลตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมรายการที่วัด วิธีการวัด เครื่องมือวัด และเกณฑ์การประเมินผล

4.3 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

นักการศึกษาหลายท่านให้แนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้อย่างน่าสนใจ โดยผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้าสามารถสรุปได้ดังนี้

จอห์นสัน และโฟ (Johnson; & Foa. 1989: 21) อธิบายขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายของรูปแบบ
- ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย
- ขั้นตอนที่ 3 การนำวิธีการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพ
- ขั้นตอนที่ 4 การประเมินประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ

จอยซ์, เวลล์ และ ชาวเวอร์ (Joyce; Weil; & Shower. 1992) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ สามารถสรุปขั้นตอนในการพัฒนาได้ดังนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการนำมาพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้
2. เสนอแนวคิดสำคัญเพื่อกำหนดหลักการ เป้าหมาย และองค์ประกอบอื่นๆ ที่สำคัญ ซึ่งจะทำให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งกำหนดรายละเอียดขององค์ประกอบ
3. กำหนดแนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ โดยให้รายละเอียดเกี่ยวกับเงื่อนไขและวิธีการใช้รูปแบบ
4. ประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยทดสอบประสิทธิภาพของรูปแบบที่ได้สร้างขึ้น โดยการประเมินความเป็นไปได้ ความสอดคล้องภายในองค์ประกอบต่างๆ โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องทางด้านรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้งในด้านทฤษฎีและปฏิบัติ และความเป็นไปได้เชิงปฏิบัติการ โดยนำรูปแบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริง คำนวณค่าประสิทธิภาพของรูปแบบด้วยสถิติ
5. ปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ในช่วงก่อนนำไปทดลองโดยใช้ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญและหลังจากการทดลองใช้รูปแบบเพื่อปรับปรุง อาจทดลองซ้ำหลายครั้งจนได้ผลน่าพอใจ

ทิสนา เขมมณี (2551: 201-204) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายการพัฒนาหรือการสร้างระบบหรือรูปแบบการเรียนรู้ให้ชัดเจน
2. ศึกษาหลักการ/ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดองค์ประกอบและเห็นแนวทางในการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบได้รอบคอบขึ้น ซึ่งจะทำให้รูปแบบหรือระบบมีความมั่นคงขึ้น
3. การศึกษาสภาพการณ์และปัญหา จะช่วยให้ค้นพบองค์ประกอบที่สำคัญที่จะช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้จริง ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ เป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการ

จัดองค์ประกอบต่าง ๆ และจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหลาย การนำข้อมูลจากความเป็นจริง มาใช้ในการสร้างรูปแบบจะช่วยจัดหรือป้องกันปัญหาอันทำให้ระบบนั้นขาดประสิทธิภาพ

4. การกำหนดองค์ประกอบของระบบ ได้แก่ การพิจารณาว่ามีอะไรบ้างที่สามารถ ช่วยให้เป้าหมายหรือจุดมุ่งหมายบรรลุผลสำเร็จ

5. การจัดกลุ่มองค์ประกอบ ได้แก่ การนำองค์ประกอบที่กำหนดไว้มาจัดหมวดหมู่ เพื่อความสะดวกในการคิดและดำเนินการในขั้นต่อไป

6. การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ต้องใช้ความคิด ความรอบคอบ มาก ผู้สร้างระบบต้องพิจารณาว่าองค์ประกอบใดเป็นเหตุและเป็นผลขึ้นต่อกันในลักษณะใด สิ่งใดควรมาก่อนหลัง สิ่งใดสามารถดำเนินการคู่ขนานไปได้ ขั้นนี้เป็นขั้นที่อาจใช้เวลาในการพิจารณามาก

7. การจัดผังรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการสร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ โดยแสดงให้เห็นถึงผังจำลองขององค์ประกอบต่าง ๆ

8. การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น

9. การประเมินผลรูปแบบ ได้แก่ การศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองใช้ระบบใด ๆ แล้วได้ผลตามเป้าหมายหรือไม่ใกล้เคียงกับเป้าหมายมากน้อยเพียงใด

10. การปรับปรุงรูปแบบ นำผลการทดลองใช้มาปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

สุเทียบ ละอองทอง (2545) ได้สรุปขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เป็นการศึกษานแนวคิด ทฤษฎี และข้อค้นพบจากการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน หรือปัญหาจากเอกสาร ผลการวิจัย หรือการสังเกต สอบถามผู้ที่เกี่ยวข้อง

2. การกำหนดหลักการ เป้าหมาย และองค์ประกอบอื่น ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานและสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบระเบียบ การกำหนดเป้าหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ให้ตรงกับจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้บรรลุผลสูงสุด

3. การกำหนดแนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการและเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น ใช้กับผู้เรียนกลุ่มใหญ่หรือกลุ่มย่อย ผู้สอนจะต้องเตรียมงานหรือจัดสภาพการเรียนรู้อย่างไร เพื่อให้การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

4. การประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการทดสอบความมีประสิทธิภาพของรูปแบบที่สร้างขึ้น โดยทั่วไปจะใช้วิธีการต่อไปนี้

4.1 ประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎี โดยคณะผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะประเมินความสอดคล้องภายในระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ

4.2 ประเมินความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติการ โดยการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในสภาพการณ์จริง ในลักษณะของการวิจัยเชิงทดลองหรือกึ่งทดลอง

5. การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มี 2 ระยะ คือ

5.1 ระยะก่อนนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ในระยะนี้ใช้ผลจากการประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎีเป็นข้อมูลในการปรับปรุง

5.2 ระยะหลังนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในระยะนี้อาศัยข้อมูลจากการทดลองใช้เป็นตัวชี้้นำในการปรับปรุง และอาจจะมีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้และปรับปรุงซ้ำ จนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ และทั้งในระดับปฐมวัย ประถมศึกษา มัธยมศึกษาและอุดมศึกษา สามารถสรุปเป็นขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบ ได้ดังนี้

สุจิตรา ศรีกมล (2533) ได้พัฒนารูปแบบการสอนอ่านภาษาไทยเพื่อความเข้าใจโดยใช้กลวิธีการอ่าน – การคิดสำหรับนักเรียนโรงเรียนประถมศึกษา แบ่งขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการสอนเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) การพัฒนารูปแบบการสอนและเอกสารประกอบการสอน 2) การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน โดยองค์ประกอบรูปแบบการสอนประกอบด้วย หลักการ จุดประสงค์การสอน โครงสร้าง เนื้อหา บทอ่าน หน่วยการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

ศศิธร วิริยะสิรินันท์ (2534) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเรียนร่วมสำหรับเด็กพิการก่อนวัยเรียน แบ่งขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน 2) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง 3) การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้: กรณีศึกษา และ 4) การแก้ไขปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จุดมุ่งหมาย หลักการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิดพื้นฐานการจัดการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ

อรุณี สถิตยภาคิกุล (2534) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ภาษาอังกฤษสำหรับเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษาทุกแผน ยุทธศาสตร์การสอนภาษาแบบผสมผสานของมาร์ตัน แบ่งขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) ทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3) ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย หลักการจุดมุ่งหมาย เนื้อหาและทักษะที่ต้องการสอน ยุทธศาสตร์การสอน กระบวนการสอน วิธีสอน ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดผลและประเมิน

จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาและตัวอย่างรายงานวิจัยเกี่ยวกับขั้นตอนการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อต่อไป ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นมาและความสำคัญ สภาพปัญหาที่ยังไม่บรรลุตามเป้าหมาย และแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา รูปแบบ

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก เป็นการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และส่วนสอง เป็นการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษานำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมาตรวจสอบความเป็นไปได้ในการใช้รูปแบบ และศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการใช้รูปแบบ

ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง เป็นการนำรูปแบบไปใช้กับสถานการณ์จริง เพื่อประเมินประสิทธิผลของการใช้รูปแบบ

4.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3 ส่วน ตามที่ได้กล่าวแล้วในข้างต้น คือ ทฤษฎีสรคณนิยม (Constructivism) แนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) และแนวคิดการเรียนรู้ด้วยอภิปัญญา (Metacognition) แล้ววิเคราะห์สรุปเป็นแนวคิดมาใช้ในการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 แนวคิด กล่าวคือ 1) แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณนิยม 2) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ และ 3) แนวคิดการจัดการเรียนรู้ โดยใช้อภิปัญญา เพื่อใช้เป็นพื้นฐานแนวคิดทฤษฎีในการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายละเอียด ดังตาราง 8

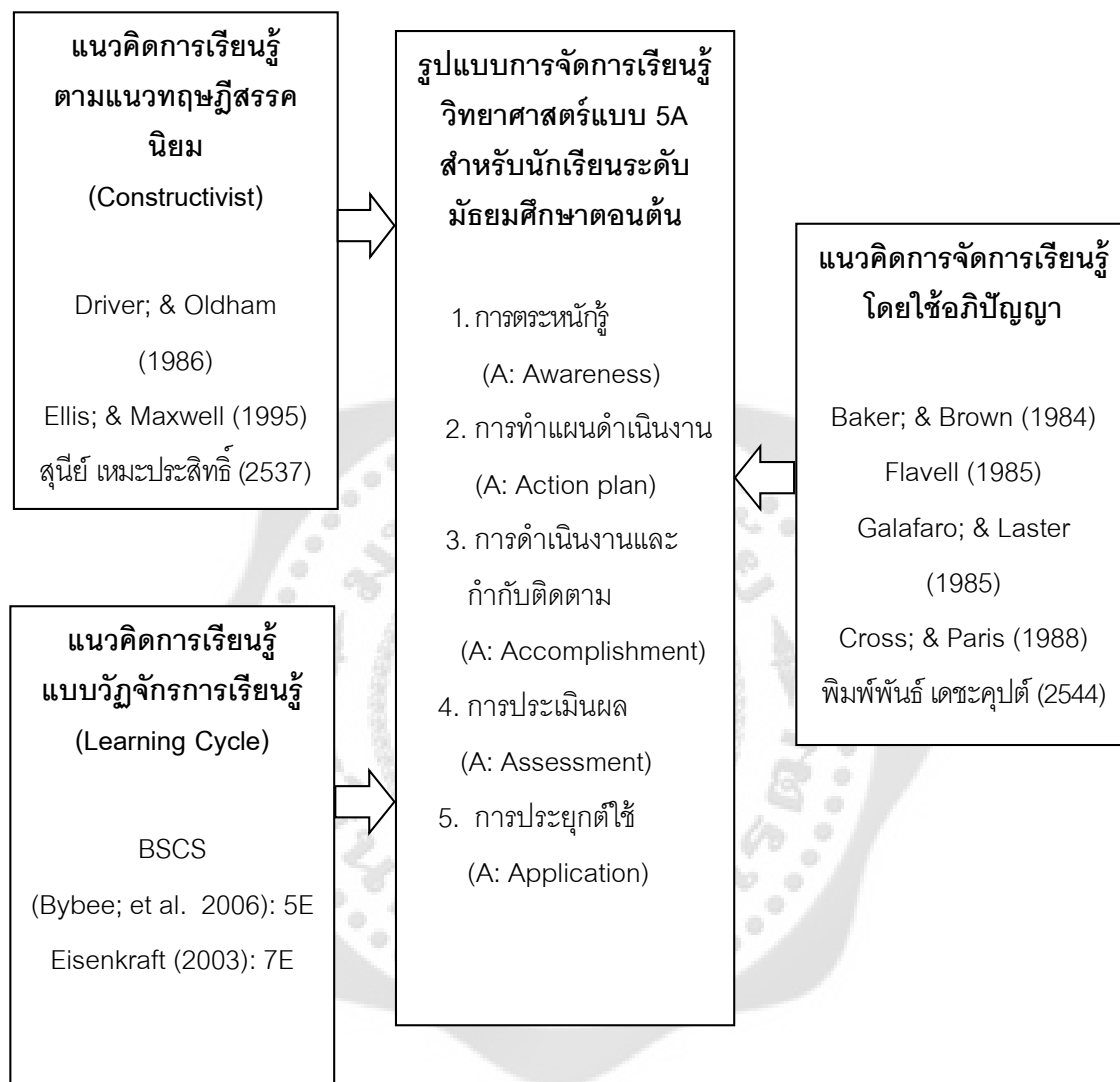
ตาราง 8 การสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A โดยใช้พื้นฐานแนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบ
 วัฏจักรการเรียนรู้ และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา

แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณิยม			แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้		แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา					รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น
Driver; & Oldham (1986)	Ellis; & Maxwell (1995)	สุนิย์ เหมประสิทธิ์ (2537)	BSCS, 5E (Bybee; et al. 2006)	Eisenkraft, 7E (2003)	Baker; & Brown (1984)	Flavell (1985)	Galafaro; & Laster (1985)	Cross; & paris (1988)	พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2544)	
1.ขั้นนำ (Orientation phase)	1.ขั้นจัดให้ผู้เรียนอยู่ในบทเรียน (Engage the learner phase)	1.ขั้นชักชวน (Invitation)	1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engage phase)	1.ขั้นทบทวนความรู้ (Elicit phase)	1. การตระหนักรู้ (Awareness)	1.ความรู้ในตนเอง (Self knowledge)	1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (Orientation)	1.การวิเคราะห์เบื้องต้น (Analyzing)	1.การวางแผน (Planning)	1. ขั้นตระหนักรู้ (Awareness) 2. ขั้นวางแผนดำเนินงาน (Action plan)
2.ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม (Elicitation phase)	2.ขั้นให้ผู้เรียนสำรวจแนวคิด (Explore the concept phase)	2.ขั้นสำรวจ/ค้นพบ/สร้าง (Exploration/ discovery/ creation)	2.ขั้นสำรวจค้นหา (Explore phase)	2.ขั้นสร้างความสนใจ (Engage phase)	2. การกำกับตนเอง (Self-regulation)	2. ความรู้ในงาน (Cognitive task)	2. การจัดโครงสร้าง (Organization)	2.การวางแผน (Planning)	2.การกำกับตรวจสอบ (Monitoring)	3. ขั้นดำเนินงานให้สำเร็จ (Accomplishment) 4. ขั้นประเมินผล (Assessment)
3.ขั้นปรับเปลี่ยนแนวคิด (Turning restructuring of ideas phase)	3.ขั้นให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิด (Explain the concept phase)	3.ขั้นนำเสนอผลการเรียนและการแก้ปัญหา (Proposing explanation and solutions)	3. ขั้นอธิบาย (Explain phase)	3. ขั้นสำรวจค้นหา (Explore phase)		3.ความรู้ในกลวิธี (Strategic knowledge)	3.การดำเนินการ (Execution)	3.การกำกับติดตาม (Monitoring)	3.การประเมิน (Evaluating)	5. ขั้นประยุกต์ใช้ (Application)

ตาราง 8 (ต่อ)

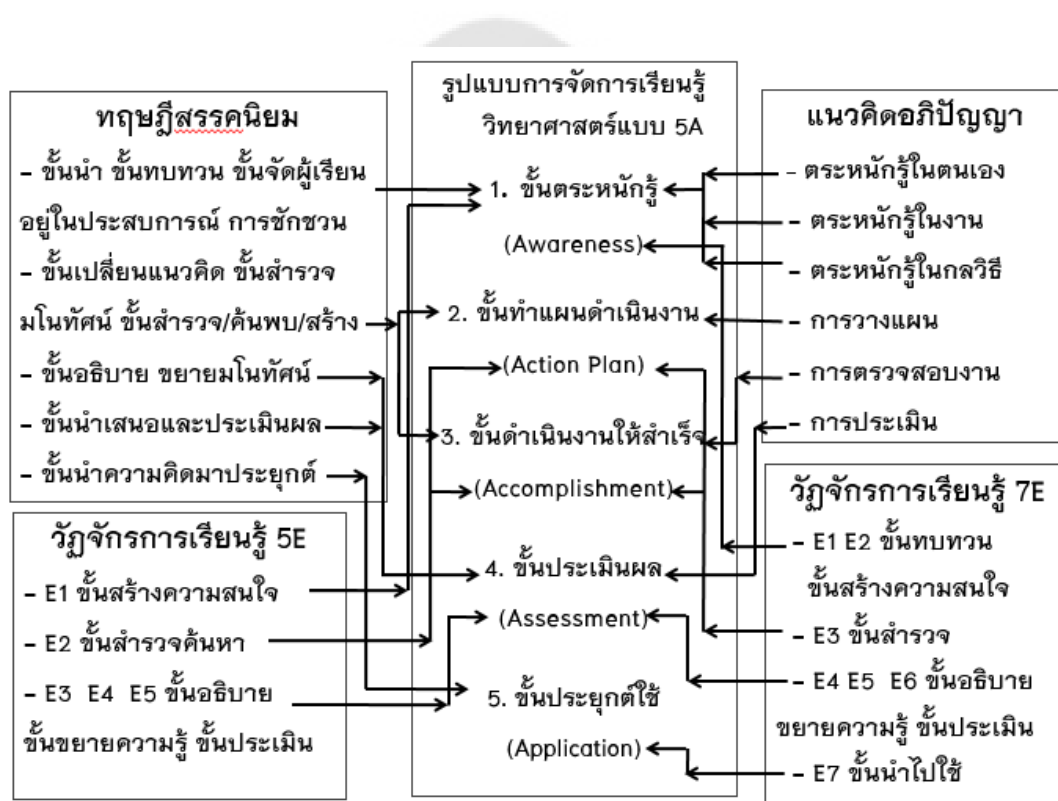
แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรณคณยม			แนวคิดการเรียนรู้แบบวฏจักรการเรียนรู้			แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใชอภิปญญา			รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	
Driver; & Oldham (1986)	Ellis; & Maxwell (1995)	สุนัย เหมประสิทธิ์ (2537)	BSCS, 5E (Bybee; et al. 2006)	Eisenkraft, 7E (2003)	Baker; & Brown (1984)	Flavell (1985)	Galafaro; & Laster (1985)	Cross; & paris (1988)	พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2544)	แบบ 5A ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น
4.ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of ideas)	4.ให้ผู้เรียนขยายความมโนทัศน์ (Elaborate on the concept phase)	4.ขั้นประยุกต์หรือนำไปใช้ (Take action)	4.ขั้นขยายความรู้ (Elaborate phase)	4.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain phase)		4. การวางแผน (Planning)	4. การประเมิน ความถูกต้อง (Assessing)	4.การประเมินผล (Assessing)		
5.ขั้นทบทวน (Review)	5.ขั้นประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ (Evaluate students understanding of concept phase)		5.ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)	5.ขั้นขยายความรู้ (Elaborate phase)		5. การกำกับติดตาม (Monitoring)				
				6.ประเมินผล (Evaluation Phase)		6. การประเมินผล (Evaluating)				
				7.ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extend Phase)						

จากตาราง 8 สามารถสรุปทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พัฒนابนพื้นฐานแนวคิดการจัดการเรียนรู้ 3 แนวคิด คือ 1) แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคณิคม 2) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ และ 3) แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา แล้วพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีชื่อว่า 5A ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ (A: Awareness) ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน (A: Action plan) ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ (A: Accomplishment) ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล (A: Assessment) และ ขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ (A: Application) สามารถเขียนเชื่อมโยงกับขั้นตอนสำคัญของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีที่เป็นพื้นฐาน 3 แนวคิด ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 ความเชื่อมโยงของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐาน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ได้รับการพัฒนาบนพื้นฐานการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรคณนิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา การจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตระหนักรู้ 2) ขั้นทำแผนดำเนินงาน 3) ขั้นดำเนินงานให้สำเร็จ 4) ขั้นประเมินผล และ 5) ขั้นประยุกต์ใช้ โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตระหนักรู้ (A: Awareness) เป็นขั้นที่ครูเฝ้าความสนใจของนักเรียนด้วยการเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ เช่น เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน สถานการณ์จำลอง รูปภาพ แผนภูมิ ตารางข้อมูล ฯลฯ เพื่อให้นักเรียนเกิดประเด็นสงสัยหรือเกิดประเด็นที่อยากเรียนรู้ แล้วครูจึงกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักรู้ในความรู้เดิมของตนเองว่า นักเรียนมีความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานเดิมอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาประกอบการเรียนรู้ในสถานการณ์นี้ได้ (รู้อะไรบ้าง) จากนั้นครูกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักรู้ในสถานการณ์ว่า นักเรียนมีประเด็นสำคัญอะไรบ้าง ที่สามารถเรียนรู้ได้จากสถานการณ์นี้ (ต้องการเรียนรู้อะไร) และครูกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักรู้ในวิธีการ ว่านักเรียนมีวิธีการทดลองใดบ้าง ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้สถานการณ์นี้ (จะเรียนรู้อย่างไร) สุดท้ายนักเรียนจึงสรุปในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นทำแผนดำเนินงาน (A: Action plan) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้กำหนดแผนการดำเนินการเรียนรู้ของตนเอง ประกอบด้วยกำหนัดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ (จะเรียนรู้อะไร) การกำหนัดขั้นตอนการทดลองที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการดำเนินการเรียนรู้ (จะเรียนรู้อย่างไร) และการออกแบบตารางบันทึกผลการเรียนรู้ โดยครูอาจจะนำเสนอตัวอย่างการทำแผนดำเนินการเรียนรู้ให้นักเรียน จากนั้นจึงกระตุ้นให้นักเรียนใช้วิธีการสนทนา และระดมความคิดเพื่อทำร่างแผนดำเนินการเรียนรู้ภายในกลุ่มย่อย แล้วให้นำมาอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนแผนการดำเนินการเรียนรู้กับกลุ่มอื่นในชั้นเรียน โดยครูเป็นผู้ช่วยอธิบายแผนดำเนินการเรียนรู้ให้ชัดเจนสามารถปฏิบัติจริงได้ สุดท้ายนักเรียนจึงสรุปในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นดำเนินงานให้สำเร็จ (A: Accomplishment) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติการเรียนรู้และกำกับติดตามความสำเร็จตามแผนดำเนินการเรียนรู้ของตนเอง โดยนักเรียนจะต้องระบุขั้นตอนการทดลองที่ทำได้สำเร็จ จากนั้นจึงอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร และนักเรียนจะต้องระบุขั้นตอนการทดลองที่ไม่สำเร็จ แล้วอธิบายวิธีหาทางแก้ไข จากนั้นจึงอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไป โดยครูเป็นผู้ช่วยเตือนนักเรียนให้ตรวจสอบการดำเนินงานที่ละขั้นตอนว่าทำได้หรือไม่ เมื่อมั่นใจว่าทำขั้นตอนนั้นได้สำเร็จแล้วจึงบันทึกผล หากมีขั้นตอนที่ไม่สำเร็จ ควรขอคำปรึกษาจากครูเพื่อหาแนวทางแก้ไข จึงทดลองซ้ำจนสำเร็จแล้วจึงดำเนินงานในขั้นตอนถัดไป สุดท้ายนักเรียนจึงสรุปในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประเมินผล (A: Assessment) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สรุปผลการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ว่ามีความถูกต้อง บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร สุดท้ายนักเรียนจึงสรุปการประเมินผลในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ จากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มรายงานผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียนจนครบทุกกลุ่ม แล้วเพื่อนนักเรียนมีบทบาทร่วมกันอภิปรายผลการเรียนรู้ว่าถูกต้องหรือไม่ อย่างไร และครูมีบทบาทช่วยอธิบายเสริมความรู้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประยุกต์ใช้ (A: Application) เป็นขั้นที่ครูนำเสนอตัวอย่างเหตุการณ์ แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ยกตัวอย่างเหตุการณ์แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ มีบทบาทประเมินความถูกต้องในการประยุกต์ใช้ความรู้ และครูมีบทบาทช่วยอธิบายเสริมความรู้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



4.5 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แบบ 5A

เพื่อให้มีความสะดวกในการทำความเข้าใจและนำไปปฏิบัติจริง ผู้วิจัยจึงสรุปบทบาทครูและบทบาทนักเรียนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้เห็นแนวทางในการปฏิบัติที่ชัดเจน ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ลำดับขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 1 ขั้น ตระหนักรู้ (Awareness) เป็นขั้นเสนอสถานการณ์วิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนตระหนักรู้ในความรู้เดิมของตนเองที่ต้องใช้ในการเรียนรู้ตระหนักรู้ในประเด็นสำคัญที่สงสัยหรืออยากเรียนรู้จากสถานการณ์และตระหนักรู้ในวิธีการทดลองที่เป็นไปได้ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้	● สร้างความสนใจด้วยการเสนอสถานการณ์วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะเรียนรู้ ● เปิดโอกาสให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างละเอียด ● กระตุ้นให้นักเรียนตระหนักรู้ในความรู้เดิมของตนเอง โดยใช้คำถามทบทวนความรู้พื้นฐานเดิม ทำให้ทราบว่ารู้อะไรบ้างซึ่งจะต้องใช้ในการเรียนรู้ในบทเรียน ● ประเมินความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียน หากพบว่ามีข้อบกพร่องต้องแก้ไขด้วยการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจก่อนทำกิจกรรม ● กระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์แล้วกำหนดประเด็นสำคัญที่สงสัยหรืออยากเรียนรู้จากสถานการณ์ ทำให้ทราบว่าต้องการจะรู้อะไร ● เป็นผู้ช่วยเหลือให้นักเรียนเขียนสรุปข้อมูลการตระหนักรู้ในบันทึกการใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้	● ทุกคนมีส่วนร่วมในการสังเกต อภิปรายและทำกิจกรรมในชั้นเรียนอย่างเต็มความสามารถ ● มีส่วนร่วมในการออกมาเก็บข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างละเอียด ● อภิปรายเกี่ยวกับพื้นฐานความรู้เดิมของตนเอง และความรู้ที่ต้องใช้ในการเรียนรู้ในบทเรียน ● อภิปรายประเด็นสำคัญที่สงสัยหรือประเด็นที่อยากเรียนรู้ ● เขียนสรุปข้อมูลการตระหนักรู้ในบันทึกอภิปัญญาในการเรียนรู้

ตาราง 9 (ต่อ)

ลำดับขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 2 ขั้นทำแผนดำเนินการ (Action plan) เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดแผนดำเนินการเรียนรู้ของตนเอง ประกอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์ (จะเรียนรู้อะไร) การกำหนดขั้นตอนการทดลอง (จะเรียนรู้อย่างไร) และการออกแบบตารางบันทึกผล	• แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย และแบ่งหน้าที่เพื่อเตรียมพร้อมทำกิจกรรม • นำเสนอตัวอย่างการทำแผนดำเนินงานที่ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ วิธีการ/ ขั้นตอน และตารางบันทึกผลการเรียนรู้ • เปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายและระดมความคิดภายในกลุ่มย่อยเพื่อเขียนร่างแผนดำเนินงาน โดยครูทำหน้าที่แนะนำแนวทางที่เหมาะสม • ให้นักเรียนนำร่างแผนดำเนินงานมานำเสนอเพื่ออภิปรายแลกเปลี่ยนกับกลุ่มอื่นในห้องเรียน เพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อย โดยครูเป็นผู้ช่วยขยายความเข้าใจของนักเรียนให้ชัดเจน • เป็นผู้ช่วยเหลือให้นักเรียนเขียนสรุปแผนดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มให้สมบูรณ์ ในบันทึกการใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้	• แบ่งกลุ่มย่อยประมาณ 4-6 คน และแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ • อภิปรายและระดมความคิดภายในกลุ่มย่อยเพื่อ กำหนดวัตถุประสงค์ ทำให้ทราบว่าจะเรียนรู้อะไร และคัดเลือกวิธีการ/ ขั้นตอนในการดำเนินการเรียนรู้ ทำให้ทราบว่า จะเรียนรู้อย่างไร แล้วเขียนร่างแผนดำเนินงานกลุ่มย่อย • นำเสนอร่างแผนการดำเนินงานเพื่อแลกเปลี่ยนกับกลุ่มอื่นในห้องเรียน และตรวจสอบเปรียบเทียบข้อดี ข้อด้อย และความเป็นไปได้ในการปฏิบัติ • ลงข้อสรุปร่วมกันในกลุ่มย่อย เพื่อสรุปแผนดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มในรูปแบบบันทึกอภิปัญญาในการเรียนรู้
ขั้นตอนที่ 3 ขั้นดำเนินการให้สำเร็จ (Accomplishment) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ลงมือดำเนินการเรียนรู้และกำกับติดตามความสำเร็จตามวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และบันทึกผลการทดลองให้ถูกต้อง	• ให้อาสาสมัครนักเรียนลงมือดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ วิธีการ/ ขั้นตอน ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ • เตือนนักเรียนให้ทบทวนขั้นตอนที่ละขั้นเมื่อมั่นใจว่าทำขั้นตอนนั้นสำเร็จจึงให้บันทึกผล แล้วดำเนินงานในขั้นตอนถัดไป • อำนวยความสะดวกให้คำปรึกษาที่ดี และแนะนำแนวการแก้ไขอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรม	• ลงมือปฏิบัติตามแผนดำเนินงาน โดยทำหน้าที่ตามที่รับผิดชอบ • ทบทวนขั้นตอนการดำเนินงานที่ละขั้นอย่างละเอียด เมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงบันทึกผล ก่อนดำเนินงานในขั้นตอนถัดไป จนครบทุกขั้นตอน • ขอคำปรึกษาจากครู เมื่อพบว่าบางขั้นตอนไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผน เพื่อหาวิธีการแก้ไขที่เหมาะสมก่อนดำเนินการต่อไป

ตาราง 9 (ต่อ)

ลำดับขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประเมินผล (Assessment) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สรุปผลการเรียนรู้และประเมินผลการเรียนรู้ว่าถูกต้อง บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร แล้วนำเสนอผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน	● ให้นักเรียนเตรียมข้อมูลนำเสนอผลการดำเนินงาน ประเมินผลการดำเนินงาน และข้อค้นพบที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ที่ตนเองได้เรียนรู้ แล้วเขียนสรุปในบันทึกการใช้อภิปรายปัญหาในการเรียนรู้ ● แนะนำให้นักเรียนสามารถนำเสนอผลการดำเนินงานด้วยรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง บันทึกผล แผนภาพ หรือการบรรยายสรุป ● กระตุ้นและช่วยเหลือให้นักเรียนแต่สร้างคำอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้ค้นพบจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ● ประเมินระดับอภิปรายนักเรียนโดยใช้ข้อมูลจากบันทึกการใช้อภิปรายปัญหาในการเรียนรู้และข้อมูลจากการรายงาน แล้วให้คะแนนในแบบประเมินการสะท้อนอภิปราย ● ครูนำอภิปรายสรุปผลการดำเนินการเรียนรู้ และความรู้วิทยาศาสตร์ที่ต้องเรียนรู้ให้ครบถ้วน	● เตรียมข้อมูลในการนำเสนอผลการดำเนินงาน ประเมินผลการดำเนินงาน และข้อค้นพบที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ที่ตนเองได้เรียนรู้ แล้วเขียนสรุปในบันทึกการใช้อภิปรายปัญหาในการเรียนรู้ ● เตรียมคำอธิบายผลการดำเนินงาน ประเมินผลการดำเนินงาน และข้อค้นพบที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ ● ตัวแทนกลุ่มรายงานผล โดยอาศัยข้อมูลจากบันทึกการใช้อภิปรายปัญหาในการเรียนรู้ ในการรายงานผลการดำเนินงาน ประเมินผลการดำเนินงาน และข้อค้นพบที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ ประมาณ 5 - 7 นาที ● นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการดำเนินการเรียนรู้ และความรู้วิทยาศาสตร์ที่ต้องเรียนรู้ให้สมบูรณ์
ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประยุกต์ใช้ (Application) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้เสนอตัวอย่าง และอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์	● ครูนำเสนอตัวอย่างและอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ● ครูกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาตัวอย่างเหตุการณ์แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	● นักเรียนคิดหาตัวอย่างเหตุการณ์แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ● นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเมินความถูกต้องของการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ส่วนที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้หลายท่าน สรุปได้ดังนี้

กู๊ด (Good. 1973: 318) ให้ความหมายของคำว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่าหมายถึง “ผลของการสะสมความรู้ความสามารถในการเรียนทุกด้านเข้าไว้ด้วยกัน”

บลูม (Bloom. 1956: 122-130) ได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษา 3 ด้าน แต่ละด้านมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) มีวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองและสติปัญญา ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2. ด้านจิตพิสัย (Affective domain) คือวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาคุณลักษณะด้านจิตใจหรือความรู้สึกเกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว เป็นต้น

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) คือวัตถุประสงค์ที่มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายและสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติงานมีทักษะ มีความชำนาญในการดำเนินงานต่างๆ

คลอปเฟอร์ (Klopfer. 1971) แบ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนมีความจำเรื่องต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือและการฟังคำบรรยาย เป็นต้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 9 ประเภท ได้แก่

1.1 ความจริงเดียว (Fact)

ความจริงเดียวเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีอยู่แล้วในธรรมชาติ สามารถสังเกตได้โดยตรงและทดลองแล้วได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง เช่น แมลงมี 6 ขา กรดมีรสเปรี้ยว เป็นต้น

1.2 ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ (Concept)

มโนทัศน์ คือ การนำความจริงหลาย ๆ อันที่มีลักษณะอันเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานเป็นรูปแบบใหม่ที่เรียกว่า ความคิดรวบยอด เช่น มโนทัศน์ของความหนาแน่นของสสาร การเจริญเติบโต การแพร่ เป็นต้น

1.3 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎเกณฑ์ (Principal and law)

หลักการ เป็นความจริงที่ใช้เป็นหลักในการอ้างอิง ได้มาจากการนามโนทัศน์หลาย ๆ มโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานเป็นรูปแบบใหม่ที่เรียกว่า หลักการ กฎวิทยาศาสตร์ เช่น กฎของอาร์คิมิดีส กฎของเมนเดล เป็นต้น

1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (Assumption)

ข้อตกลง หมายถึง ข้อตกลงร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ ในการใช้อักษรย่อ และเครื่องหมายต่าง ๆ แทนคำพูดเฉพาะ

1.5 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

ปรากฏการณ์ธรรมชาติบางอย่างมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักร เป็นวงจรชีวิต ซึ่งสามารถบอกลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง เช่น วัฏจักรของน้ำ วัฏจักรของก๊าซไนโตรเจน วงจรชีวิตของผึ้ง วงจรชีวิตของแมลงหวี่ เป็นต้น

1.6 ความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ในการแบ่งประเภทสิ่งของต่าง ๆ

ในการแบ่งสิ่งของต่าง ๆ ออกเป็นประเภท ต้องมีเกณฑ์มาตรฐานในการแบ่ง ดังนั้นผู้เรียนต้องรู้เกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดจำพวกสิ่งต่าง ๆ เช่น การใช้เกณฑ์ของสิ่งมีชีวิตแบ่งสิ่งมีชีวิตเป็น โปรติสต์ พืช สัตว์ หรือการใช้เกณฑ์เกี่ยวกับวิวัฒนาการของการเกิดแบ่งสิ่งมีชีวิตเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ สิ่งมีชีวิตชั้นสูง เป็นต้น

1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์

เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์มีมากมายหลายวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายใช้อยู่ เช่น วิธีหาความถ่วงจำเพาะของปรอท วิธีการศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นต้น

กรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์เน้นเฉพาะที่จะบอกถึงผู้เรียนเท่านั้น และความรู้ที่ได้จากการอ่านหนังสือหรือการบอกเล่าของครูนั้นไม่ใช่ความรู้ที่ได้จากกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.8 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์

ศัพท์วิทยาศาสตร์ซึ่งว่าด้วยนิยามต่าง ๆ และการใช้ศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์

1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี

ทฤษฎี หมายถึง ข้อความที่ใช้อธิบายและพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ทฤษฎีสัมพันธภาพ ทฤษฎีวิวัฒนาการ เป็นต้น

2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึงพฤติกรรมที่ผู้เรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ ความจำซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ คือ เป็นการบรรยายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียน เช่น ในอดีตผู้เรียนเคยเรียนรู้คำว่า “วัฏจักร” โดยเป็นตัวอย่างวัฏจักรของการเจริญเติบโตของพืช โดยเริ่มจากเมล็ด ต่อมาออกเป็นลำต้นตามลำดับ แล้วกลายเป็นเมล็ดอีกครั้งหนึ่ง ในเวลาต่อมาผู้เรียนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของน้ำในแหล่งน้ำเกิดการระเหย การเกิดเมฆและฝน ทำให้ผู้เรียนนึกย้อนกลับไปถึงวัฏจักรของแมลง แล้วจึงสามารถบอกได้ว่า การหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงของน้ำดังกล่าวมานั้นอยู่ในรูปวัฏจักร เป็นต้น

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกรูปของสัญลักษณ์อื่นได้ เช่น ในการศึกษาเรื่องแรง ถ้าผู้สอนกำหนดโจทย์ว่า “ม้าตัวหนึ่งลากรถไปตามถนนที่ขรุขระ” ผู้เรียนสามารถแปลความหมายเป็นรูปเวกเตอร์ของแรงได้ หรือกำหนดสมการแสดงปฏิกิริยาเคมีมาให้ผู้เรียนเปลี่ยนเป็นคำพูดได้

3. พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการดำเนินการต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

3.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วยทักษะสำคัญ 8 ทักษะคือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการใช้ตัวเลขจำนวน ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปกและสเปกกับเวลา ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการทำนาย

3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม ประกอบด้วยทักษะสำคัญ 5 ทักษะคือ ทักษะการกำหนดและการควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่ผู้เรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยสามารถแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 3 ประการ คือ

4.1 แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน ส่วนมากเป็นสถานการณ์ทั่วๆ ไปในชั้นเรียนที่ผู้เรียนต้องนำความรู้หรือทักษะที่ได้รับจากการเรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาเรื่องอื่นที่มีอยู่ในเรื่องเดียวกัน

4.2 แก่ปัญหาที่เป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น ซึ่งเป็นปัญหาเดียวกันแต่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 2 สาขาขึ้นไป เช่นคำถามว่า “โครงสร้างอะตอมเป็นอย่างไร” จะเห็นได้ว่าปัญหานี้เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์และวิชาเคมี เป็นต้น

4.3 การนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์นี้ หมายความว่าถึงเรื่องของเทคโนโลยี ตัวอย่างเช่น คำถามที่แสดงการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านเทคโนโลยี ได้แก่ “ทำอย่างไรจึงจะสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวโพดจากฟาร์มได้” “ถ้ารถบรรทุกขนาด 10 ตัน แล่นข้ามสะพานไป จะทำให้สะพานนี้พังหรือไม่” เป็นต้น

ภพ เลหาไพบุลย์ (2537: 295) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึงผลที่เกิดจากการสอนหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งแสดงออกมา 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545: 88) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึงความสามารถทางพุทธิปัญญา ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางด้านพุทธิปัญญาของนักเรียน ประกอบด้วยความสามารถ 6 ระดับ (Bloom, 1956: 122-130) ได้แก่ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า โดยผู้วิจัยจะใช้เป็นกรอบในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยต่อไป

5.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนให้ตรงและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ นั้น สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือที่หลากหลายชนิด โดยเครื่องมือแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมพฤติกรรมการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไป เช่น การสังเกตเป็นการเฝ้ามองดูอย่างมีจุดประสงค์ จะต้องสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนให้ทันภายในเวลาที่จำกัด ในขณะที่การสัมภาษณ์เป็นการพูดคุยอย่างมีจุดประสงค์ เมื่อสิ่งนั้นมีการแสดงพฤติกรรมภายนอกให้สังเกตเห็นได้ แต่ด้วยการสัมภาษณ์นั้นมิชอบเขตการใช้ได้ดีกับคนที่มีการแสดงออกด้วยความจริงใจ และชอบพูดคุย ชอบตอบความรู้สึกละความคิดเห็นได้ดี และสุดท้ายแบบทดสอบแบบเป็นวิธีการวัดความรู้ความสามารถที่ค่อนข้างสะดวกและเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวัดความรู้ความสามารถ เพราะสามารถวัดด้วยจำนวนข้อสอบที่หลากหลาย ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้มากที่สุด (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2539: 85)

แบบทดสอบแบบ (Test) เป็นสิ่งสำคัญที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผล การเรียนรู้ โดยแบบทดสอบที่ดีจะต้องเขียนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด และแบบทดสอบ ต้องมีความเป็นปรนัย หมายถึง ข้อสอบที่คนอ่านแล้วรู้ว่าถามอะไร และการแปลความหมายของ คะแนนในแต่ละข้อนั้นจะตรงกัน ส่วนแบบทดสอบที่นิยมใช้มากที่สุด คือ แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple choice) โดยที่แอนโทนี (Antrony. 2004: 208-214) กล่าวถึง คุณค่าของแบบทดสอบ เลือกตอบ ดังนี้

1. สามารถใช้ประเมินได้ครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากกว่าข้อสอบแบบถูก-ผิด หรือข้อสอบแบบจับคู่ ดังนั้นจึงถือเป็นการเพิ่มความตรงให้การประเมินได้
2. รูปแบบการให้คะแนนเป็นแบบปรนัย ยิ่งการให้คะแนนมีความเป็นปรนัยมากเท่าไร ก็จะสามารถประเมินผู้สอบได้ง่ายและถูกต้องมากขึ้น
3. เหมาะสมกับการประเมินที่ต้องใช้เวลาอันน้อยและต้องการให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากที่สุด
4. สามารถตรวจได้ง่าย เพราะคำถามจะต้องการเพียงคำตอบที่ถูกต้องไม่ต้องการคำบรรยายอธิบายคำตอบ หรือไม่ต้องการคำอธิบายกระบวนการที่ได้มาซึ่งคำตอบ

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจะเลือกใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความสามารถทางด้านพุทธิปัญญาของนักเรียน ประกอบด้วยความสามารถ 6 ระดับ คือ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยจะใช้เป็นกรอบในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยในบทที่ 3 ต่อไป

ส่วนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

6.1 งานวิจัยในประเทศ

สมจิตร ทรัพย์อัประโมย (2540: 158-160) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบเพื่อพัฒนา อภิปัญญาที่มีต่ออภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลอง ฝึกด้วยรูปแบบเพื่อพัฒนาอภิปัญญาในการอ่าน และทำแบบฝึกหัดหลังอ่านและทำแบบฝึกหัดแล้วมี การทบทวนความตระหนักในกลวิธีและให้ข้อมูลย้อนกลับ กลุ่มควบคุมฝึกด้วยการอ่านตามปกติและ ทำแบบฝึกหัด เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดอภิปัญญา 2 ลักษณะ ได้แก่ แบบเลือกตอบ และแบบ มาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ การสัมภาษณ์ การคิดออกเสียง การสังเกต ผลการศึกษาพบว่า 1) คะแนน อภิปัญญาของกลุ่มทดลองซึ่งฝึกด้วยการอ่านตำราและจากการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่า กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในระยะทดลองและระยะติดตามผล 2) กลุ่ม ทดลองสามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ของงาน และคาดการณ์ความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ได้สูงกว่ากลุ่ม ควบคุม 3) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการอ่านไม่ต่างกันทั้งในระยะทดลอง และระยะติดตามผล และ 4) คะแนนผลสัมฤทธิ์ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูง กว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จรุง ขำพงศ์ (2542: 49-50) ได้ศึกษาผลของการใช้กลวิธีอภิปัญญาที่มีต่อความสามารถ ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 32 คน คือกลุ่มทดลองจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีอภิปัญญา กลุ่มควบคุมจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จำนวน 10 แผนการเรียนรู้ เก็บรวบรวม ข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ผลการศึกษาพบว่า หลังเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่า กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถใน การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 60

อวยพร เรืองศรี (2544: 58-61) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอภิปัญญากับการคิดอย่าง มีวิจารณญาณ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร 8 โรงเรียน 375 คน เก็บข้อมูลด้วยการให้สิ่งเร้าก่อนแล้วสัมภาษณ์ ผลการศึกษาพบว่าอภิปัญญา ทั้งด้านตระหนักรู้ ด้านยุทธวิธีทางความคิด ด้านการวางแผน และด้านการตรวจสอบตนเอง มีสหสัมพันธ์พหุคูณกับการ คิดอย่างมีวิจารณญาณทุกด้านคือ การนิยามปัญหา การรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การตั้ง สมมติฐาน การประเมินการสรุปอ้างอิง และอภิปัญญาแต่ละด้านส่งผลทางบวกต่อการคิดอย่างมี วิจารณญาณ โดยด้านการตรวจสอบตนเองส่งผลมากที่สุด และด้านยุทธวิธีทางความคิด ด้านการ ตระหนักรู้ และด้านการวางแผนส่งผลน้อยลงตามลำดับ

ศุภลักษณ์ สินธนา (2545: 139-144) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของอภิปัญญากับตัวแปรอื่น 7 ตัว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดยะลา 534 คนแบ่งเป็นนักเรียนที่ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาที่ 1 จำนวน 339 คน และใช้ภาษาอื่นเป็นภาษาที่ 1 จำนวน 195 คน ผลการศึกษาพบว่าอภิปัญญามีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา ความถนัดทางการเรียน ความเชื่อในสมรรถภาพตน เป้าหมายในการเรียนแบบมุ่งเรียนรู้ และเป้าหมายในการเรียนแบบมุ่งตน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับเป้าหมายในการเรียนแบบเลี้ยงงานและความวิตกกังวลในการสอบ

พัทธ ทองตัน (2545: 55-56) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกลวิธี อภิปัญญาที่มีต่อการพัฒนาอภิปัญญาและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 30 คน คือ กลุ่มทดลองจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีอภิปัญญา กลุ่มควบคุมจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดำเนินการสอนตามเนื้อหา เรื่อง การขนส่งและการสื่อสาร จำนวน 22 แผนการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า หลังเรียนกลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางอภิปัญญาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 60

สุดาร์ตน์ มนต์นิมิต (2545: บทคัดย่อ) ทำการวิจัยการใช้เทคนิคการคิดออกเสียงเป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เพื่อจัดสอนซ่อมเสริม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า วิธีคิดที่นักเรียนนำไปใช้ในการแก้ปัญหา มี 6 วิธี คือ 1) การกำหนดตัวแปรไม่ทราบค่า 2) การสร้างภาพ 3) การสร้างตาราง 4) การให้เหตุผล 5) การทำย้อนกลับ และ 6) การคาดคะเนและตรวจสอบ ซึ่งหลังการสอนซ่อมเสริมนักเรียนส่วนมากมีข้อบกพร่องในการเลือกใช้วิธีการคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยใช้วิธีเดิมในการแก้โจทย์ปัญหามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.7 รองลงมาคือ การเปลี่ยนวิธีคิด คิดเป็นร้อยละ 33.3 และมีนักเรียนที่ไม่เกิดวิธีคิด คิดเป็นร้อยละ 16.7

สุเทียบ ละอองทอง (2545: 103-104) ได้พัฒนารูปแบบการสอนอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ โดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านการใช้เมตาคอกนิชันระหว่างสอนและหลังสอนสูงกว่าร้อยละ 60 คะแนนเฉลี่ยด้านการใช้เมตาคอกนิชันหลังสอนสูงกว่าก่อนสอนคิดเป็นร้อยละ 15 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยสัมฤทธิ์ผลด้านการอ่านภาษาอังกฤษระหว่างสอนและหลังสอนสูงกว่าร้อยละ 60 คะแนนเฉลี่ยสัมฤทธิ์ผลด้านการอ่านภาษาอังกฤษหลังสอนสูงกว่าก่อนสอนคิดเป็นร้อยละ 15 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์ (2546: 82-83) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วย กลวิธีอภิปัญญาที่มีต่อการพัฒนาอภิปัญญาในการอ่านและการแก้ปัญหา และต่อมโนทัศน์ทาง วิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 30 คน คือกลุ่ม ทดลองจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีอภิปัญญา กลุ่มควบคุมจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดำเนินการสอนตาม เนื้อหา เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง จำนวน 9 แผนการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า หลังเรียนกลุ่ม ทดลองมีพัฒนาการทางอภิปัญญาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังเรียน กลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดำกว่า เกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 (ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐาน)

ดำเนิน ยาท่วม (2548: 114) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนคิด และ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนคิดและการตระหนักรู้อภิปัญญา ผลการศึกษาพบว่า การเรียน ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนคิดและการตระหนักรู้อภิปัญญามีอิทธิพลต่อการรู้คิดของ นักเรียนมากกว่าเรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนคิด และการเรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ ร่วมกับการสะท้อนคิดและการตระหนักรู้อภิปัญญามีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของ นักเรียนมากกว่าเรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนคิด

ยุทธการ สืบแก้ว (2551: 90-93) ได้พัฒนาแบบวัดอภิปัญญาสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบวัดอภิปัญญา ตรวจสอบคุณภาพแบบวัด อภิปัญญาและประเมินระดับแบบวัดอภิปัญญาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเพื่อสร้าง เกณฑ์ปกติวิสัยระดับชาติ (National norms) ผลการพัฒนาพบว่า (1) ได้แบบวัดอภิปัญญาแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 29 ข้อ โดยวัด 7 องค์ประกอบของอภิปัญญา คือ 1) ความรู้ด้านบุคคล 2) ความรู้ ด้านงาน 3) ความรู้ด้านกลวิธี 4) การประเมินเพื่อตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น 5) การวางแผน 6) การ กำกับตนเอง และ 7) การประเมินผลลัพธ์ และ (2) คะแนนปกติวิสัยระดับชาติ (National norms) ของ แบบวัดอภิปัญญา อยู่ในช่วงระหว่าง T21 – T89 โดยนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่า T65 เป็นคะแนนที่ดีมาก และนักเรียนที่อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่า T35 ถือว่าอยู่ในกลุ่มที่ควรได้รับการพัฒนา

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

พาร์คเกอร์ (Parker. 1999) ศึกษาการแลกเปลี่ยนพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการสะท้อนอภิปรายผ่านอินเทอร์เน็ต Course Info กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายหญิง ที่เรียนวิชาชีววิทยา เกรด 9 และ เกรด 10 จำนวน 78 คน ความสามารถในการแก้ปัญหาวัดโดยข้อสอบประเมินความคิดอย่างมีวิจารณญาณมาตรฐานของ Watson-Glaser และ การสะท้อนอภิปรายวัดจากปริมาณความคิดรวบยอด ปริมาณการเชื่อมโยงความคิดรวบยอด และปริมาณของการบันทึกการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดเป็นแผนที่ความคิด โดยวัดจากการอภิปรายร่วมกันหลายคนพร้อมกันในซอฟต์แวร์ เมื่อเปรียบเทียบผลก่อนเรียนกับหลังเรียนพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นกลุ่มไม่มีนัยสำคัญ แต่รายบุคคลมีนัยสำคัญ และเพศชายหญิงมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ด้านการสะท้อนอภิปราย ความคิดรวบยอดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การบันทึกการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดเป็นแผนที่ความคิดไม่เปลี่ยนแปลงและเพศชายหญิงมีการสะท้อนอภิปราย ทั้ง 3 รายการไม่แตกต่างกัน

เพียร์ซอลล์ (Pearsall. 1999) ศึกษาผลของแบบฝึกหัดอภิปรายต่อการพัฒนาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5 และ 6 เมืองโคลัมเบียสหรัฐอเมริกาจำนวน 50 คน ในเวลา 6 สัปดาห์ กลุ่มแรกให้สะท้อนความคิดในการปฏิบัติการ อีกกลุ่มหนึ่งไม่มีการสะท้อนความคิด พบว่ากลุ่มที่สะท้อนความคิดมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นสูงกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง

อลอนโซ (Alonso. 1999) ได้วิเคราะห์อภิปรายของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษและที่ไม่มีความสามารถพิเศษรัฐไมอามี พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างอภิปรายกับความสามารถพิเศษ

แฮคเนย์ (Hackney. 1999) ศึกษาผลของการทำกิจกรรมทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายรัฐหลุยเซียนาในระยะยาว กลุ่มแรกเน้นการสร้างเนื้อหา กลุ่มที่สองเน้นการทำกิจกรรมเกี่ยวกับตัวเลขที่ใช้เครื่องมืออภิปรายในการกระตุ้นให้สร้างจินตนาการพบว่า กลุ่มหลังสามารถบูรณาการความรู้และมีความรู้ลึกซึ้งกว่า สนุกสนานมากกว่า และแปลความหมาย ได้ดีกว่า

ฮิคแมน (Hickman. 1999) ศึกษาเปรียบเทียบความคิดรวบยอดและความตระหนักในอภิปรายของนักเรียนเกรด 9 เมืองบอสตัน รัฐแมสซาชูเซตส์ ในวิชาฟิสิกส์ใช้เวลา 5 สัปดาห์ กลุ่มแรกให้ทำงานร่วมกันโดยให้เขียนบันทึกในกระดาษ อีกกลุ่มหนึ่งบันทึกในคอมพิวเตอร์ พบว่ากลุ่มที่ใช้คอมพิวเตอร์มีความคิดรวบยอดสูงกว่า กลุ่มที่ใช้คอมพิวเตอร์มีความตระหนัก ในอภิปรายมากกว่า และกลุ่มที่ใช้คอมพิวเตอร์มีเหตุผลมากกว่า

มายเออร์ (Myers. 1999) ศึกษาการใช้ยุทธศาสตร์อภิปัญญา เมตาโมติเวชั่น เมตาเมโมรี การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแหล่งสนับสนุนการจัดการ ของนักศึกษาพยาบาลมหาวิทยาลัยบอลลสเตระดับแอทโซซิเอท 34 คน ระดับปริญญาตรี 19 คน โดยใช้การฝึกทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง และการเรียนรู้ตลอดชีวิต พบว่าช่วงแรกนักศึกษาแอทโซซิเอทสามารถใช้ยุทธศาสตร์อภิปัญญา เมตาโมติเวชั่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแหล่งการเรียนรู้ในการเรียนมากกว่าระดับปริญญาตรี แต่สุดท้ายนักศึกษาระดับปริญญาตรีมีความสามารถดังกล่าวสูงกว่า

ซาลตัส (Zaltas. 1999) ศึกษาผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้การสะท้อนความคิดด้วยอภิปัญญาในการแลกเปลี่ยนความรู้ด้านชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม ของนักเรียนเกรด 7 เมืองโคลัมเบีย สหรัฐอเมริกา พบว่ามีการสะท้อนความคิด และมุมมองเกี่ยวกับเนื้อหาที่ซับซ้อน มีการอภิปรายที่สนับสนุนเหตุผลและความคิดในการสร้างความรู้ มีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมอภิปราย และการสะท้อนความคิด มีหลายระดับความตระหนักในอภิปัญญา และมีระดับความตระหนักในอภิปัญญาในโครงสร้างของการอภิปราย

เชียริง (Schiering. 1999) ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5 ชานเมืองนิวยอร์ก 50 คน กลุ่มทดลองให้เลือกวิธีการเรียนตามความพึงพอใจ กลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีปกติ พบว่าความคิดรวบยอดของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนกับอภิปัญญามีขนาดปานกลาง ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคำศัพท์ ความคิด อภิปัญญา และคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหมดมีนัยสำคัญ และลักษณะร่วมทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ทีน (Tien. 1998) ศึกษาพบว่าอภิปัญญาช่วยให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีวิชาเคมี ความคิดรวบยอดวิชาเคมี ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ และความเชื่อเกี่ยวกับการปฏิบัติการด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

บอห์ลิน (Bohlin. 2000) ศึกษาผลการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนเกรด 4 รัฐแมสซาชูเซตส์ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้คำถามแบบเปิด ให้แก้ปัญหาแล้วให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนปรับปรุงตนเองตามวิธีอภิปัญญา กลุ่มควบคุมไม่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับ ใช้เวลา 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถในการจำแนกสูงกว่าและสามารถตอบคำถามแบบเปิด ได้ดีกว่า

แพลนต (Plants. 2000) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระตุ้นกับอภิปัญญาของนักศึกษาเภสัชกรรม มหาวิทยาลัยเมมฟิส 98 คน พบว่า ความรู้ที่มีอยู่ก่อนส่งผลต่อการปฏิบัติงานทางวิชาการ และอภิปัญญามีอิทธิพลต่อคะแนนของนักศึกษาฝึกงาน

โลแมงกินโน (Lomangino. 2000) ศึกษาการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนอนุบาลโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มแรกเรียนเนื้อหาแสงและเงา กลุ่มที่สองเรียนเนื้อหาการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงโดยใช้วัตถุที่ช่วย ให้กำหนดเป้าหมาย การวางแผน การติดตามตนเอง การจัดการแหล่งเรียนรู้ การช่วยเหลือทางสังคม และการประเมินผลด้วยตนเอง พบว่ากิจกรรมดังกล่าวสนับสนุนความต้องการปรับปรุงตนเองด้านอภิปัญญาและความตระหนักใน อภิปัญญา

เซเยดมอนอร์ (Seyedmonir. 2000) ศึกษาการพัฒนาความเชื่อมั่นของรายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นความคิดรวบยอดฟิสิกส์และนิเวศวิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาที่เวอร์จิเนีย พบว่าเนื้อหาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติประกอบด้วย ความคิดรวบยอดทางนิเวศวิทยา วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์เพื่อป้องกัน มีการสะท้อนความคิดด้วยตนเองและตรวจสอบสมรรถภาพทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง พยากรณ์ผลด้วยวิธีอภิปัญญา และความจริงที่เปลี่ยนแปลงได้ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และผลจากการเรียนการสอนด้วยตำราเนื้อหาการเคลื่อนที่ของนิวตันนักเรียนที่มีความรู้พื้นฐานมาก่อนคะแนนจะเพิ่มขึ้น

มาเทอร์นา (Materna. 2000: 102A) ศึกษาผลของการใช้แผนที่ทางความคิดรวบยอดและการระดมสมองที่ใช้สอนนักศึกษาพยาบาลมหาวิทยาลัยคาเพลา 57 คน โดยใช้กระบวนการอภิปัญญาได้แก่ การรับข้อมูล เลือกรวบรวมความคิดหลัก บริหารเวลา กระตุ้นตนเอง ใช้สมมติทดสอบด้วยตนเอง ใช้เวลา 4 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถและเจตคติเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนด้วยวิธีปกติ

ลองโก (Longo. 2000) ศึกษาการพัฒนานักเรียนเกรด 9 อายุ 13-15 ปี ชานเมืองนิวยอร์ก 56 คน โดยใช้ยุทธศาสตร์อภิปัญญาแบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นได้ใช้ เนื้อหาวิชา Earth Science แบ่งเป็น 3 ห้องเรียน พบว่านักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นเป็นสี มีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่าแบบแสดงให้เห็นเป็นขาวดำและ นักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์การเขียน นักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นเป็นสี มีความสามารถในการจำเนื้อหาดีกว่าแบบแสดงให้เห็นเป็นขาวดำ และนักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์การเขียน นักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นเป็นสีมีความเข้าใจเนื้อหาดีกว่าแบบแสดงให้เห็นเป็นขาวดำและนักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์ในการเขียน นักเรียนหญิงที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นเป็นขาวดำมีความสามารถในการแก้ปัญหา การจำเนื้อหา และความเข้าใจเนื้อหาดีกว่าแบบแสดงให้เห็นเป็นสีและนักเรียนที่ใช้ยุทธศาสตร์แบบเครือข่ายการคิดที่แสดงให้เห็นเป็นขาวดำมีความสามารถในการแก้ปัญหา การจำเนื้อหา และความเข้าใจเนื้อหาดีกว่าแบบแสดงให้เห็นเป็นสี

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

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

เลแกร์ (Legare. 2002) ศึกษาการพัฒนาความคิดระดับสูงของนักศึกษาวิศวกรรมมหาวิทยาลัยคอนคอร์เดีย 65 คน ใช้เวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้อภิปัญญา การปฏิบัติด้วยมือ การตัดสินใจ และใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าระดับที่ 1 ของการเปลี่ยนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่ซับซ้อนเหมือนกับการจัดการที่แตกต่างของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและระดับที่ 2 ของนักศึกษาที่ซับซ้อนมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ราฮิไคเนน (Rahikainen. 2002) ศึกษาการใช้อภิปัญญาสอนนักศึกษาวิศวกรรมในประเทศฟินแลนด์ 12 คน โดยศึกษาจากวิธีทัศน์ วางแผน แล้วร่วมมือกันแก้ปัญหา ผลการศึกษาพบว่านักศึกษาที่ได้รับการฝึกการใช้อภิปัญญาในการเรียนสามารถแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีได้ดีขึ้น และมีเจตคติด้านความอดทนที่ดีขึ้น

จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้อภิปัญญา ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการนำอภิปัญญามาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Learning about learning) มีกระบวนการวางแผนการเรียนรู้ที่ชัดเจน มีกระบวนการควบคุมกำกับติดตามการเรียนรู้อย่างเป็นระบบระเบียบ และมีกระบวนการประเมินผลที่มีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะเป็นแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนเพื่อทำความเข้าใจหลักการ กฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเชื่อว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้อภิปัญญาเป็นพื้นฐานนั้น จะสามารถส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในลักษณะการวิจัยและพัฒนา (Research and development) โดยการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษานำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ไปใช้จริง

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และนโยบายการจัดการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เพื่อนำมาประกอบในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา และการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษานโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริมอภิปัญญา

ผู้วิจัยศึกษานโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริมอภิปัญญาจากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545-2559) และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ทำให้ทราบถึงความสำคัญของการพัฒนาอภิปัญญาให้กับนักเรียนไทย สามารถสรุปความได้ว่า การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันนั้น สถานศึกษาจะต้องพัฒนานักเรียนให้มีวิธีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยการฝึกกระบวนการคิดและการกำกับติดตามการคิดในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างเป็นระบบระเบียบ เรียกกระบวนการคิดนี้ว่า “อภิปัญญา” (Metacognition) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Learning about learning) ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจหลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สามารถประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ในห้องเรียนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการดำเนินชีวิตได้ อันจะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายอย่างแท้จริง

1.2 ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับระดับอภิปัญญาของนักเรียนไทย

ผู้วิจัยศึกษาจากรายงานการประเมินคุณภาพการศึกษาของหน่วยงานทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้แก่ ผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐานของนักเรียนไทย (Ordinary National Educational Test (O-NET)) ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ รายงานผลการวิจัยประกอบร่างพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 รายงานผลการประเมินความสามารถใน

การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของโครงการ TIMSS (The Third International Mathematics and Science Study) ของสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (The International Association for the Evaluation of Education Achievement (IEA)) และทำการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้อภิปัญญาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปประเด็นปัญหาได้ว่า ความสามารถในการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ สิ่งนี้นักเรียนไทยต้องได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน คือ การพัฒนาความสามารถด้านการคิดและการกำกับติดตามการคิด คือ ความสามารถด้านอภิปัญญา ความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1.3 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ผู้วิจัยศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ และแนวคิดการเรียนรู้ 3 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรณนิยม (Driver; & Oldham. 1986; Ellis; & Maxwell. 1995; สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2537) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Biological Science Curriculum Studies (BSCS). 2006; Eisenkraft. 2003) และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา (Flavell. 1985; Cross; & Paris. 1988; Garofalo. 1985; พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2545) โดยทำการวิเคราะห์ความสำคัญ ความหมาย องค์ประกอบ แนวทางการจัดการเรียนรู้ บทบาทครู บทบาทนักเรียน และแนวทางการวัดและประเมินผล เพื่อนำผลการศึกษามาประกอบการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

1.4 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัย เพื่อใช้ในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยศึกษาจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินผล ความสามารถด้านอภิปัญญา (สสวท. 2555; ดำเนิน ยาท่วม. 2548; สุเทียบ ละอองทอง. 2545; บุญชม ศรีสะอาด. 2545; พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543) และแนวทางการวัดและประเมินผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (Bloom. 1956, ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538; พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543) โดยทำการวิเคราะห์ความหมาย องค์ประกอบ วิธีการและเครื่องมือในการวัดและประเมินผล เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A และส่วนที่ 2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ดังนี้

ส่วนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 ตอน คือ 1) การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และ 2) การตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการดังนี้

1.1 นำข้อมูลจากการศึกษาแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ในขั้นตอนที่ 1 มาเป็นแนวคิดในการจัดทำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

1.2 จัดทำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A โดยสังเคราะห์จากแนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคานิยม (Driver; & Oldham. 1986; Ellis; & Maxwell. 1995; สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2537) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Biological Science Curriculum Studies (BSCS). 2006; Eisenkraft. 2003) และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา (Flavell. 1985; Cross; & Paris. 1988; Garofalo. 1985) ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีชื่อว่า 5A ที่เป็นชื่อย่อขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ (A: Awareness) ขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน (A: Action plan) ขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ (A: Accomplishment) ขั้นที่ 4 ประเมินผล (A: Assessment) และขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ (A: Application) (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

2) การตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการดังนี้

2.1 นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาความสอดคล้อง ความถูกต้องและความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แล้วนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ

2.2 นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับองค์ประกอบของรูปแบบ และประเมินความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา ซึ่งแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง ให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และมีส่วนท้ายที่เป็นข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับองค์ประกอบของรูปแบบอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และค่าดัชนีความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ในทุกหัวข้อการประเมิน (รายละเอียดในภาคผนวก ค ดังตาราง 20 และตาราง 21)

2.3 ปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

2.3.1 ปรับปรุงภาพประกอบการเชื่อมโยงของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์แบบ 5A กับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐาน 3 แนวคิด โดยลากเส้นเชื่อมโยงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.3.2 ปรับปรุงโครงสร้างเนื้อหาสาระ โดยเพิ่มการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ และการกำหนดเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แต่ละหน่วย

2.3.3 ปรับปรุงแนวทางการวัดและประเมินผล โดยเพิ่มการอธิบายการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็น 3 ช่วง คือ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง

ส่วนที่ 2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา 3) แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ และ 4) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดการพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้

การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 ตอน คือ 1) การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ และ 2) การตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 พลังงาน ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2 วิเคราะห์เนื้อหาจากมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง แล้วกำหนดหน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วย มีแผนการจัดการเรียนรู้ 12 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 36 คาบ แสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 การกำหนดหน่วยการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
1.แรงและการเคลื่อนที่	ว 4.1 ม.3/1	1.อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	- วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง - เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งซึ่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์	1.ความเร่ง และผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการเคลื่อนที่	3
	ว 4.1 ม.3/2	2.ทดลองและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ทุกแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาได้ตอบด้วยขนาดของแรงเท่ากันแต่มีทิศทางตรงข้าม - การนำความรู้เรื่องแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาไปใช้อธิบาย เช่น ชักเย่อ จุดบั้งไฟ	2. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา	3
	ว 4.1 ม.3/3	3. ทดลองและอธิบายแรงพยุขของของเหลวที่กระทำต่อวัตถุ	- แรงพยุข คือ แรงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่จมของวัตถุ - ของเหลวที่มีความหนาแน่นมากจะมีแรงพยุขมาก - วัตถุที่ลอยได้ในของเหลวจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของของเหลว	3. แรงพยุข	3

ตาราง 10 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
	ว 4.2 ม.3/1	1. ทดลองและอธิบายความแตกต่างระหว่างแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- แรงเสียดทานสถิตเป็นแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะหยุดนิ่ง ส่วนแรงเสียดทานจลน์เป็นแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะเคลื่อนที่ - การเพิ่มแรงเสียดทาน เช่น การออกแบบรองเท้าเพื่อกันลื่น - การลดแรงเสียดทาน เช่น ใช้น้ำมันหล่อลื่นที่จุดหมุน	4. แรงเสียดทาน	3
	ว 4.2 ม.3/2	2. ทดลองและวิเคราะห์โมเมนต์ของแรง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่อมีแรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุน วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการหมุน - การวิเคราะห์โมเมนต์ของแรงในสถานการณ์ต่าง ๆ	5. โมเมนต์ของแรง	3
	ว 4.2 ม.3/3	3. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวตรงและแนวโค้ง	- การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตรง เช่น การตกแบบเสรี และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง เช่น การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกบาสเกตบอลในอากาศ การเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุที่ผูกเชือกแล้วแกว่ง เป็นต้น	6. การเคลื่อนที่ในแนวตรงและแนวโค้ง	3

ตาราง 10 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
2. พลังงานกล	ว 5.1 ม.3/1	1. อธิบายพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงานและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านี้ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การให้งานแก่วัตถุเป็นการถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ พลังงานนี้เป็นพลังงานกล ซึ่งประกอบด้วยพลังงาน ศักย์และพลังงานจลน์	7. งานและกำลัง	3
			- พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุขณะวัตถุ เคลื่อนที่ ส่วนพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุเป็น พลังงานของวัตถุที่อยู่สูงจากพื้นโลก	8. พลังงานจลน์และ พลังงานศักย์โน้มถ่วง	3
			- กฎการอนุรักษ์พลังงานกล่าวว่า พลังงานรวมของ วัตถุไม่สูญหายแต่สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็น อีกรูปหนึ่งได้	9.กฎการอนุรักษ์ พลังงาน	3
			- การนำกฎการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ประโยชน์ใน การอธิบายปรากฏการณ์ เช่น พลังงานน้ำเหนือเขื่อน เปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์ ปั่นจั่นดอกเส้าเข็ม		

ตาราง 10 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
3. พลังงานไฟฟ้า	ว 5.1 ม.3/2	2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน มีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม - การนำกฎของโอห์มไปใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	10. ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	3
	ว 5.1 ม.3/3	3. คำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของการคิดค่าไฟฟ้าและเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในบ้าน	11. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	3
	ว 5.1 ม.3/4	4. สังเกตและอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านอย่างถูกต้อง ปลอดภัย และประหยัด	- การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านต้องออกแบบวงจร ติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างถูกต้อง โดยการต่อสวิตช์แบบอนุกรม ต่อเข้ากับแบบขนานและเพื่อความปลอดภัยต้องต่อสายดินและฟิวส์ รวมทั้งต้องคำนึงถึงการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด	12. การใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้าน	3
รวมใช้เวลาทั้งสิ้น					36

1.3 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ 6 องค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

(1) จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นการกำหนดพฤติกรรมและเกณฑ์การประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

(2) สาระการเรียนรู้ เป็นการกำหนดสาระสำคัญ และเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

(3) กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ ขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน ขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ ขั้นที่ 4 ประเมินผล และ ขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้

(4) สื่อการเรียนรู้ เป็นการกำหนดสิ่งที่ต้องใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ อุปกรณ์การทดลอง ใบความรู้ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ แบบฝึกหัด วิดีทัศน์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

(5) การวัดประเมินผล เป็นการกำหนดแนวทางการวัดและประเมินผล ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ รายการวัด วิธีการวัด เครื่องมือวัด และเกณฑ์การประเมินผล

(6) บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่ผู้วิจัยใช้บันทึกปัญหา อุปสรรค และแนวทางการแก้ไข เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้

2) การตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการดังนี้

2.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้อง และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ

2.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษา ซึ่งแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และมีส่วนท้ายที่เป็นข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาของแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 4.67-5.00 ซึ่งถือว่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ดังตาราง 22)

2.3 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

2.3.1 ปรับปรุงการเขียนกิจกรรมการเรียนรู้ให้แต่ละขั้นตอนเน้นให้บทบาท

การเรียนรู้ที่นักเรียน เช่น นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง นักเรียนร่วมกันประเมินความ

ถูกต้องของการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ เป็นต้น

2.3.2 ปรับปรุงเวลาในกิจกรรมการเรียนรู้ให้พอดีกับเวลาเรียนคาบเดียวและคาบคู่ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของการเรียนรู้ในวันถัดไป กล่าวคือ ชั้นที่ 1 (25 นาที) ชั้นที่ 2 (25 นาที) ชั้นที่ 3 (50 นาที) ชั้นที่ 4 (25 นาที) และชั้นที่ 5 (25 นาที)

2.3.3 ปรับปรุงภาพสถานการณ์วิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน และนำภาพสถานการณ์วิทยาศาสตร์เดียวกันนี้เพิ่มในหน้าแรกของแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้

2. แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา

แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา แบ่งเป็น 2 ตอน คือ 1) การสร้างแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา และ 2) การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา มีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา ดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาตำรา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้ององค์ประกอบของอภิปัญญา และแนวทางการวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา

1.2 วิเคราะห์พฤติกรรมความสามารถด้านอภิปัญญาเป็น 6 องค์ประกอบ คือ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง 2) การตระหนักรู้ในงาน 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี 4) การวางแผน 5) การกำกับติดตาม และ 6) การประเมินผล (รายละเอียดในบทที่ 2 ดังตาราง 5)

1.3 สร้างแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา แบบอัตนัย 24 ข้อ ซึ่งมีส่วนประกอบ 4 ส่วน ได้แก่ 1) สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ 4 สถานการณ์ 2) คำถามปลายเปิดสถานการณ์ละ 6 ข้อ เพื่อประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา 6 องค์ประกอบ 3) แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 4 ระดับ คือ 3, 2, 1, และ 0 คะแนน จำนวน 24 ข้อ และ 4) เกณฑ์การตัดสินระดับอภิปัญญา โดยนำคะแนนเต็ม 72 คะแนน แบ่งเป็น 4 ช่วงคะแนน ตามแนวทางการวัดและประเมินผลอภิปัญญาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2555) และดำเนิน ยาท่วม (2548) ดังนี้

ระดับความสามารถ ด้านอภิปัญญา	ช่วงคะแนน	ช่วงคะแนนร้อยละ
ดีมาก	54 – 72	75 – 100
ดี	36 – 53	50 – 74
พอใช้	18 – 35	25 – 49
ควรปรับปรุง	0 – 17	0 – 24

2) การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา

2.1 นำแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญาที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบกับองค์ประกอบของอภิปัญญาและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ

2.2 นำแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับองค์ประกอบของอภิปัญญา ความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาในข้อสอบ ซึ่งแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญที่เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้องให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และมีส่วนท้ายที่เป็นข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับองค์ประกอบของอภิปัญญาอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และค่าดัชนีความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษาอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จากนั้นปรับปรุงแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ดังตาราง 23)

2.3 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียน 45 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน มาแล้ว เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบรายข้อ โดยใช้เทคนิคร้อยละ 25 ของคะแนนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) พบว่า ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22 - 0.44 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.44 - 0.88 ดังนั้นข้อสอบอภิปัญญา 24 ข้อนี้ จึงเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพนำไปใช้วัดอภิปัญญาของนักเรียนได้ (รายละเอียดในภาคผนวก ค ดังตาราง 27)

2.4 นำข้อสอบอภิปัญญา 24 ข้อนี้ ไปตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบัค (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93

3. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา

แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในระหว่างเรียนทุกครั้ง รวมทั้งสิ้น 12 ครั้ง การพัฒนาแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา แบ่งเป็น 2 ตอน คือ 1) การสร้างแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา และ 2) การตรวจสอบคุณภาพแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา

1.1 ศึกษาตำรา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับองค์ประกอบของอภิปัญญา และแนวทางการวัดและประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา

1.2 วิเคราะห์พฤติกรรมความสามารถด้านอภิปัญญาเป็น 6 องค์ประกอบ คือ

1) การตระหนักรู้ในตนเอง 2) การตระหนักรู้ในงาน 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี 4) การวางแผน 5) การกำกับติดตาม และ 6) การประเมินผล (รายละเอียดในบทที่ 2 ดังตาราง 5)

1.3 สร้างแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ทั้งหมด 12 สถานการณ์ 2) คำถามปลายเปิดสถานการณ์ละ 6 ข้อ ที่ถามเพื่อประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา 6 องค์ประกอบ และ 3) แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 4 ระดับ

2) การตรวจสอบคุณภาพของแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา

2.1 นำแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของอภิปัญญา แล้วนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ

2.2 นำแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของอภิปัญญา ซึ่งแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง ให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และมีส่วนท้ายที่เป็นข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของอภิปัญญาอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค ดังตาราง 23)

2.3 ปรับปรุงแบบประเมินอภิปัญญาตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2.3.1 ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 1 ให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ดังนี้

- 3 คะแนน ระบุความรู้และอธิบายได้ถูกต้องสมบูรณ์
- 2 คะแนน ระบุความรู้ได้ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์บางส่วน
- 1 คะแนน ระบุความรู้ได้ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์หลายส่วน
- 0 คะแนน ไม่ระบุเลย

2.3.2 ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 2 ให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ดังนี้

- 3 คะแนน ระบุประเด็นสำคัญและอธิบายได้สมบูรณ์
- 2 คะแนน ระบุประเด็นสำคัญ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์บางส่วน
- 1 คะแนน ระบุประเด็นสำคัญ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์หลายส่วน
- 0 คะแนน ไม่ระบุเลย

2.3.3 ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 3 ให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ดังนี้

- 3 คะแนน อธิบายขั้นตอนทดลองถูกต้องสมบูรณ์ทุกขั้นตอน
- 2 คะแนน อธิบายขั้นตอนทดลองได้ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์บางส่วน
- 1 คะแนน อธิบายขั้นตอนทดลองได้ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์หลายส่วน
- 0 คะแนน ไม่ระบุเลย

2.3.4 ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 4 ให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ดังนี้

- 3 คะแนน ระบุวัตถุประสงค์ ขั้นตอนทดลอง พร้อมอุปกรณ์ทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลได้สมบูรณ์ และสอดคล้องกัน
- 2 คะแนน ระบุวัตถุประสงค์ ขั้นตอนทดลอง พร้อมอุปกรณ์ทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลได้ แต่อธิบายยังไม่สมบูรณ์บางส่วน
- 1 คะแนน ระบุวัตถุประสงค์ ขั้นตอนทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลได้ แต่อธิบายยังไม่สมบูรณ์หลายส่วน และไม่ระบุอุปกรณ์ทดลอง
- 0 คะแนน ไม่ระบุเลย

2.4 นำแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียน 27 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงานมาแล้ว เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบรายข้อ โดยใช้เทคนิคร้อยละ 25 ของคะแนนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ (บุญชม ศรีสะอาด. 2545) พบว่า ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22 - 0.44 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.44 - 0.88 (รายละเอียดในภาคผนวก ค ดังตาราง 27)

2.5 ตรวจสอบคุณภาพของแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาทั้งฉบับ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92

4. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน การพัฒนาแบบทดสอบแบ่งเป็น 2 ตอน คือ 1) การสร้างแบบทดสอบ และ 2) การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1.1 ศึกษาตำรา แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1.2 ผู้วิจัยกำหนดพฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความสามารถด้านพุทธิปัญญา 6 ระดับ (Bloom. 1956) ได้แก่ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า

1.3 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 11

1.4 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด ให้ 0 คะแนน โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ตามข้อกำหนดของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ. 2554) ดังนี้

<u>ระดับผลสัมฤทธิ์</u>	<u>ช่วงคะแนนร้อยละ</u>
<u>ทางการเรียนการเรียน</u>	
ดีเยี่ยม	80 – 100
ดีมาก	75 – 79
ดี	70 – 74
ค่อนข้างดี	65 – 69
ปานกลาง	60 – 64
พอใช้	55 – 59
ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	50 – 54
ต่ำกว่าเกณฑ์	0 – 49

ตาราง 11 โครงสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 60 ข้อ

เนื้อหา \ ระดับการวัด	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมิน	รวม
1. ความเร่ง และผลของแรงลัพธ์ต่อการเคลื่อนที่	1	2	2	-	-	-	5
2. แรงกิริยาและปฏิกิริยา		1	3	-	-	1	5
3. แรงพยุ่ง		2	2	-	1	1	6
4. แรงเสียดทาน	1	3	1	-	1		6
5. โมเมนต์ของแรง	1	-	1	1	1	1	5
6. การเคลื่อนที่แนวตรงและแนวโค้ง	1	1	-	-	-	1	3
7. งานและกำลัง	1	1	2	2	1	-	7
8. พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง	-	2	2	-	-	-	4
9. กฎการอนุรักษ์พลังงาน	-	1	2	1	-	-	4
10. ความสัมพันธ์ของความต่างและกระแสไฟฟ้า	-	2	3	2	1	-	8
11. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	1	1	2	-	-	-	4
12. พลังงานไฟฟ้าในบ้าน	1	-	1	1	-	-	3
รวม	7	16	21	7	5	4	60

2) การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

2.1 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง แล้วนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ

2.2 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์และระดับการวัด ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ ซึ่งแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญเป็น

แบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้องให้คะแนน +1 0 และ -1 ตามลำดับ และมีส่วนท้ายที่เป็นข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์และระดับการวัดอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ค่าดัชนีความถูกต้องของเนื้อหาอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และค่าดัชนีความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้จริงอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ดังตาราง 24 ตาราง 25 และตาราง 26) จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2.3 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 45 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน มาแล้ว เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบรายข้อ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 209-211) พบว่ามีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ 48 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 60 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22 - 0.62 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.29 – 0.59 (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ดังตาราง 28)

2.4 คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มา 36 ข้อ แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษานำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษานำร่อง มีขั้นตอนดังนี้

3.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะแล้ว ไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 27 คน โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 12 แผน และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ 12 ครั้ง โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 36 คาบ

3.2 วิเคราะห์ผลจากการทดลองสอนในด้านความเหมาะสมของเนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ เวลาเรียน สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แล้วสรุปปัญหาและแนวทางปรับปรุงแก้ไข ได้ดังนี้

3.2.1 การกำหนดเวลาในกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงปรับปรุงเวลาในกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้มีความสอดคล้องกับเวลาเรียนคาบเดียวและคาบคู่ และเกิดความต่อเนื่องในการจัดการเรียนรู้ในวันถัดไป แสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 การกำหนดเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างก่อนและหลังปรับปรุง

กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่	เวลาก่อนปรับปรุง (นาที)	เวลาหลังปรับปรุง (นาที)
1. ตระหนักรู้	25	30
2. ทำแผนดำเนินงาน	25	20
3. ดำเนินงานให้สำเร็จ	60	50
4. ประเมินผล	20	30
5. ประยุกต์ใช้	20	20
รวม	150	150

3.2.2 นักเรียนที่ออกมานำเสนอร่างแผนดำเนินการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน รายงานผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน และนำเสนอการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ มักจะเป็นนักเรียนคนเดิม ดังนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขโดยเขียนวงเล็บในกิจกรรมการเรียนรู้ให้ชัดเจนว่า “(ห้ามซ้ำนักเรียนคนเดิม)” เพื่อให้มั่นใจว่านักเรียนได้ฝึกความสามารถด้านอภิปรายอย่างทั่วถึงทุกคน

3.2.3 คำถามข้อที่ 4 และ 5 ของแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปรายในการเรียนรู้มีความบกพร่องเรื่องภาษาที่ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนปฏิบัติตามไม่ถูกต้อง จึงปรับปรุงแก้ไข แสดงดังตาราง 13

ตาราง 13 การกำหนดคำถามข้อที่ 4 และ 5 ของแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปรายระหว่างก่อนและหลังปรับปรุง

คำถามข้อที่	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
4	ออกแบบตารางบันทึกผล	ออกแบบตารางบันทึกผล (ยังไม่ต้องบันทึกผล)
5	ตารางบันทึกผล	ตารางบันทึกผล (บันทึกผลให้เรียบร้อย)

3.2.4 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปรายในการเรียนรู้พบว่ายังไม่ครอบคลุมแนวคำตอบของนักเรียน จึงปรับปรุงแก้ไขเกณฑ์ให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ดังนี้

(1) ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 1 ดังนี้

1 คะแนน ระบุความรู้ที่สามารถใช้ศึกษาสถานการณ์ แต่**ไม่**อธิบายสัญลักษณ์และ**ไม่**อธิบายหน่วย หรืออธิบาย**ไม่**สมบูรณ์หลายส่วน หรือเพียงระบุแต่**ไม่**อธิบายเลย

(2) ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 2 ดังนี้

1 คะแนน เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วระบุขั้นตอนการทดลองได้ แต่อธิบาย**ไม่**สมบูรณ์หลายส่วน และ**ไม่**ระบุอุปกรณ์การทดลอง

(3) ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 3 ดังนี้

1 คะแนน เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วระบุขั้นตอนการทดลองได้ แต่**ไม่**ระบุอุปกรณ์ทดลอง และอธิบาย**ไม่**สมบูรณ์หลายส่วน

(4) ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 4 ดังนี้

3 คะแนน ระบุวัตถุประสงค์ ขั้นตอนทดลองพร้อมอุปกรณ์ทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลที่มีหน่วยกำกับสมบูรณ์ และสอดคล้องกัน

2 คะแนน ระบุวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลที่มีหน่วยกำกับถูกต้องและสอดคล้องกัน แต่อธิบายยัง**ไม่**สมบูรณ์บางส่วน

1 คะแนน ระบุวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลแต่หน่วย**ไม่**สอดคล้องกันบ้าง และอธิบายยัง**ไม่**สมบูรณ์หลายส่วน

(5) ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 5 ดังนี้

1 คะแนน ระบุขั้นตอนที่ทำสำเร็จ จึงบันทึกผล แล้วจึงทำขั้นตอนถัดไป และระบุขั้นตอนที่**ไม่**สำเร็จ แต่แก้ไขด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม เช่น ไม่ปรึกษาครู ไม่มีการทดลองซ้ำ แล้วข้ามไปทำขั้นตอนถัดไป

(6) ปรับเกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 6 ดังนี้

1 คะแนน สรุปผลการเรียนรู้ได้ แต่อาจจะ**ไม่**สอดคล้องกับวัตถุประสงค์บางส่วน หรือข้อความที่สรุปยัง**ไม่**สมบูรณ์หลายส่วน

ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ไปใช้จริง

ผู้วิจัยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่ปรับปรุงจากการศึกษานำร่องไปใช้จริง โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2558 ในจังหวัดร้อยเอ็ด สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดร้อยเอ็ด ในช่วงปิดภาคเรียนฤดูร้อน ปีการศึกษา 2558 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 30 คน ซึ่งได้มาโดยการรับนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบ 5A

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ความสามารถด้านอภิปัญญา และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

4.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 พลังงาน ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 44 คาบ ประกอบด้วย การทดสอบก่อนเรียน 4 คาบ การทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 36 คาบ และการทดสอบหลังเรียน 4 คาบ

4.5 การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยดังนี้

1) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบ 2 ฉบับ คือ แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า โดยกำหนดผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ร่วมกันตรวจให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญา และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

2) ดำเนินการทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A จำนวน 12 แผน ใช้เวลาแผนละ 3 คาบ โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองด้วยตนเอง

3) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียนด้วยแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาทุกครั้ง รวมทั้งสิ้น 12 ครั้ง โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า โดยกำหนดผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ร่วมกันตรวจให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญา

4) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียนด้วยแบบทดสอบ 2 ฉบับ คือ แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า กำหนดผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัย และอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ร่วมกันตรวจให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญา และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกันกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน

4.6 การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.6.1 สถิติพื้นฐาน

1) ค่าร้อยละ โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 57-58)

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าร้อยละ
	f	แทน	ค่าความถี่ที่ต้องการแปลให้เป็นร้อยละ
	n	แทน	ค่าจำนวนความถี่ทั้งหมด

2) ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 73)

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

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

3) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 79)

$$SD = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	SD	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	N	แทน	จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.6.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1) ค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 116-117)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2) ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร (ลิวน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 209-211)

2.1) ค่าความยากง่าย

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมดที่ทำข้อนั้น

2.2) ค่าอำนาจจำแนก

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_U	แทน	จำนวนคนกลุ่มเก่งที่ตอบข้อนั้นถูก
	R_L	แทน	จำนวนคนกลุ่มอ่อนที่ตอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

3) ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดความสามารถด้าน อภิปัญญา โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2545)

3.1) ค่าความยากง่าย

$$P = \frac{\sum H + \sum L}{2NM}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	$\sum H$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	$\sum L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนคนในแต่ละกลุ่ม
	M	แทน	คะแนนเต็ม

3.2) ค่าอำนาจจำแนก

$$D = \frac{\sum H + \sum L}{NM}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าความยากง่าย
	$\sum H$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	$\sum L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนคนในแต่ละกลุ่ม
	M	แทน	คะแนนเต็ม

4) ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson)
(ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 197-198)

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

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้น ๆ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้น ๆ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

5) ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรการค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach)
(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 125-126)

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

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

4.6.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) สถิติทดสอบค่าที่แบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 1 และ 3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญา และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 104)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{(N-1)}}} \quad \text{และ } df = N - 1$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที่
	D	แทน	ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่
	N	แทน	จำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

2) สถิติทดสอบค่าที่แบบกลุ่มเดียว (One-sample t-test แบบ One tail test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 1 และ 3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญา และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังการทดลองเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2540: 240)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad \text{และ } df = n - 1$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	μ	แทน	เกณฑ์มาตรฐาน
	S	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริม
อภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริม
อภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริม อภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา มีวิธีดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน
ดังรายละเอียดในบทที่ 3 โดยผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนา
รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา 3 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดการเรียนรู้ตาม
แนวทฤษฎีสรวคินิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ และแนวคิดการเรียนรู้การสอนโดยใช้
อภิปัญญา โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนั้นมีขั้นตอนที่ชัดเจน สามารถปฏิบัติ
ตามได้อย่างเป็นระบบระเบียบ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีชื่อว่า 5A โดยชื่อรูปแบบ
เป็นอักษรย่อของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ (Awareness) ขั้นตอนที่ 2
ทำแผนดำเนินงาน (Action Plan) ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ (Accomplishment) ขั้นตอนที่ 4
ประเมินผล (Assessment) และขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ (Application) โดยกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละ
ขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ เป็นขั้นที่ครูเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะ
เรียนรู้ จากนั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตระหนักรู้ (Awareness) ให้ครอบคลุมองค์ประกอบของอภิปัญญา 3
องค์ประกอบ คือ ตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness) ว่ามีความรู้วิทยาศาสตร์เดิมอะไรบ้างที่
สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้สถานการณ์ที่กำหนดได้ ตระหนักรู้ในงาน (Task awareness) ว่ามี
ประเด็นสำคัญอะไรบ้างที่สามารถเรียนรู้ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ และตระหนักรู้ในกลวิธี
(Strategy awareness) ว่ามีวิธีการทดลองอย่างไรที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้ประเด็นสำคัญของ
สถานการณ์ที่กำหนดได้

ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องวางแผนดำเนินการเรียนรู้ซึ่งอาศัยข้อมูลจากขั้นตระหนักรู้ โดยแผนดำเนินการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ วัตถุประสงค์การทดลอง (จะเรียนรู้อะไร) ขั้นตอนการทดลอง (จะเรียนรู้อย่างไร) และการออกแบบตารางบันทึกผล โดยนักเรียนใช้วิธีระดมความคิดเพื่อเขียนร่างแผนดำเนินการเรียนรู้ภายในกลุ่มย่อย จากนั้นให้นำเสนอแผนดำเนินการเรียนรู้หน้าชั้นเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น สุดท้ายนักเรียนจึงร่วมกันอภิปรายสรุปแผนดำเนินการเรียนรู้ของกลุ่มตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ลงมือดำเนินการเรียนรู้และกำกับติดตามการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และบันทึกผลตามที่กำหนดไว้ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรก นักเรียนลงมือปฏิบัติแล้วกำกับติดตามการเรียนรู้ พบว่า ทดลองตามขั้นตอนนั้นได้สำเร็จ นักเรียนจึงบันทึกผล แล้วดำเนินการทดลองและบันทึกผลในขั้นตอนถัดไปจนครบ และกรณีที่สอง นักเรียนลงมือปฏิบัติและกำกับติดตามการเรียนรู้ พบว่า ทดลองตามขั้นตอนนั้นไม่สำเร็จ นักเรียนจะต้องหาแนวทางแก้ไขโดยปรึกษาเพื่อนหรือปรึกษาครู จากนั้นจึงทดลองซ้ำอีกครั้ง และกำกับติดตามการเรียนรู้จนมั่นใจว่าทำสำเร็จ นักเรียนจึงบันทึกผล แล้วดำเนินการทดลองและบันทึกผลในขั้นตอนถัดไปจนครบ

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สรุปผลการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ว่าสามารถดำเนินการได้สำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร โดยนักเรียนตัวแทนกลุ่มรายงานผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน ดังนี้ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง (รู้อะไรบ้าง) 2) การตระหนักรู้ในงาน (อยากเรียนรู้อะไร) 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี (จะเรียนรู้ได้อย่างไร) 4) การวางแผนดำเนินงาน 5) การดำเนินงานให้สำเร็จ และ 6) การประเมินผลการเรียนรู้ เมื่อครบทุกกลุ่มแล้วเพื่อนนักเรียนมีบทบาทร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปผลการเรียนรู้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนได้ยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียนไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในเหตุการณ์นั้น โดยเพื่อนนักเรียนมีบทบาทร่วมกันประเมินความถูกต้องในการประยุกต์ใช้ความรู้

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีความสามารถด้านอภิปัญญาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50

สมมติฐานข้อที่ 1 เป็นการใช้นิเทศการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation technique) โดยให้ผู้ตรวจคะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัยและครูวิทยาศาสตร์ 2 คน ทำการตรวจคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา แล้วนำมาหาคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาจากผู้ตรวจคะแนน 3 คน จากนั้นจึงนำมาทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples) ผลดังตาราง 14

ตาราง 14 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ก่อนเรียนและหลังเรียน

ความสามารถด้าน อภิปัญญา	N	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
			$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. ด้านตระหนักรู้ในตนเอง	30	12.00	1.61	0.85	6.94	1.98	13.59**	0.000
2. ด้านตระหนักรู้ในงาน	30	12.00	1.25	0.86	7.51	1.53	18.47**	0.000
3. ด้านตระหนักรู้ในกลวิธี	30	12.00	0.93	0.94	7.58	1.33	25.31**	0.000
4. ด้านการวางแผน	30	12.00	1.22	0.91	6.78	1.55	15.48**	0.000
5. ด้านการกำกับติดตาม	30	12.00	2.37	1.31	7.88	2.73	10.99**	0.000
6. ด้านการประเมินผล	30	12.00	0.70	1.21	8.47	1.93	21.01**	0.000
ภาพรวม	30	72.00	8.08	2.96	45.16	9.14	21.89**	0.000

** $p < .01$

จากตาราง 14 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาทุกด้านและภาพรวมของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 โดยด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนน้อยที่สุด ได้แก่ การวางแผน และสูงที่สุด ได้แก่ การประเมินผล

นอกจากนี้ สมมติฐานข้อที่ 1 เป็นการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้อภิปัญญาแบบ 5A หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50 ด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One-sample t-test แบบ One tail test) ผลดังตาราง 15

ตาราง 15 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้อภิปัญญาแบบ 5A หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50

ความสามารถด้าน อภิปัญญา	N	คะแนน เต็ม	เกณฑ์	หลังเรียน		t	p
				$\bar{x}$	S.D.		
1. ด้านตระหนักรู้ในตนเอง	30	12.00	6.00	6.94	1.98	2.52**	0.008
2. ด้านตระหนักรู้ในงาน	30	12.00	6.00	7.51	1.53	5.40**	0.000
3. ด้านตระหนักรู้ในกลวิธี	30	12.00	6.00	7.58	1.33	6.51**	0.000
4. ด้านการวางแผน	30	12.00	6.00	6.78	1.55	2.75**	0.005
5. ด้านการกำกับติดตาม	30	12.00	6.00	7.88	2.73	3.76**	0.000
6. ด้านการประเมินผล	30	12.00	6.00	8.47	1.93	7.00**	0.000
ภาพรวม	30	72.00	36.00	45.16	9.14	5.31**	0.000

** p < .01

จากตาราง 15 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้อภิปัญญาแบบ 5A หลังเรียนทุกด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

นอกจากนี้ พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียน 2 ด้าน ที่มีคะแนนค่อนข้างต่ำกว่าด้านอื่น ได้แก่ ด้านการตระหนักรู้ในตนเอง และด้านการวางแผน

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีพัฒนาการความสามารถด้านอภิปัญญาระหว่างเรียนสูงขึ้น

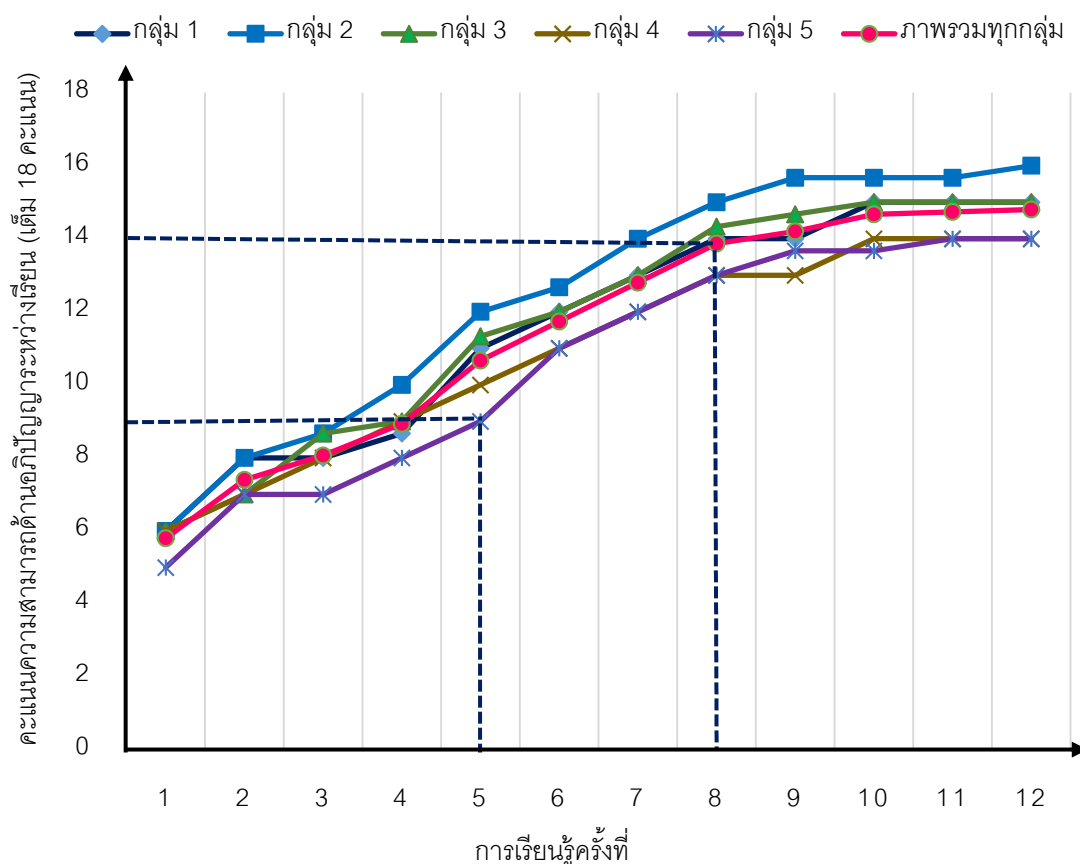
สมมติฐานข้อที่ 2 เป็นการนำคะแนนความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A รายกลุ่มและภาพรวม มาทำการวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถด้านอภิปัญญา ระหว่างเรียน 12 ครั้ง โดยคะแนนเต็มครั้งละ 18 คะแนน ผลดังตาราง 16

ตาราง 16 คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ระหว่างเรียน 12 ครั้ง

ครั้งที่	คะแนนเต็ม	ระหว่างเรียน					เฉลี่ยทุกกลุ่ม
		กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	
1	18.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.00	5.80
2	18.00	8.00	8.00	7.00	7.00	7.00	7.40
3	18.00	8.00	8.67	8.67	8.00	7.00	8.07
4	18.00	9.00	10.00	9.00	9.00	8.00	8.93
5	18.00	11.00	12.00	11.33	10.00	9.00	10.67
6	18.00	12.00	13.00	12.00	11.00	11.00	11.80
7	18.00	13.00	14.00	13.00	12.00	12.00	12.80
8	18.00	14.00	15.00	14.33	13.00	13.00	13.87
9	18.00	14.00	15.00	14.67	13.33	13.33	14.07
10	18.00	15.00	15.67	15.00	14.00	13.67	14.67
11	18.00	15.00	15.67	15.00	14.00	14.00	14.67
12	18.00	15.00	16.00	15.00	14.00	14.00	14.80

จากตาราง 16 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ระหว่างเรียน 12 ครั้ง ทั้งในรายกลุ่มและภาพรวมของทุกกลุ่มมีแนวโน้มพัฒนาการสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 โดยครั้งแรกมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.80 และครั้งสุดท้ายมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.80

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาระหว่างเรียนของนักเรียน 5 กลุ่ม และภาพรวมทุกกลุ่ม ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A จำนวน 12 ครั้ง โดยมีคะแนนเต็มครั้งละ 18 คะแนน มาเขียนเป็นกราฟ แสดงดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 พัฒนาการความสามารถด้านอภิปัญญาระหว่างเรียนของนักเรียนรายกลุ่ม 5 กลุ่ม และภาพรวม ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A 12 ครั้ง

จากภาพประกอบ 10 พบว่า นักเรียนรายกลุ่ม 5 กลุ่ม และภาพรวมทุกกลุ่ม เมื่อเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ผ่านไป 5 ครั้ง นักเรียนจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาสูงกว่าร้อยละ 50 (9 จาก 18 คะแนน)

นอกจากนี้ ยังพบว่า นักเรียนรายกลุ่ม 5 กลุ่ม และภาพรวมทุกกลุ่ม ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ช่วงแรกครั้งที่ 1 - 8 มีแนวโน้มคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ และช่วงหลังครั้งที่ 8 เป็นต้นไป จะเริ่มมีแนวโน้มคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาที่ค่อนข้างคงที่ (เปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเทียบกับช่วงแรก)

สำหรับการเปรียบเทียบตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาควรปรับปรุงและระดับสติปัญญาดีมาก จากสถานการณ์และคำถามเรื่องแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา แสดดังตาราง 17

สถานการณ์ นักเรียนกับเพื่อนยืนบนสเก็ตบอร์ดหันหน้าเข้าหากัน จับมือกัน เมื่อนักเรียนออกแรงดึงหรือแรงผลักมือเพื่อน ผลจะเป็นอย่างไร จงออกแบบแผนดำเนินการเรียนรู้ เพื่อตอบคำถามของสถานการณ์นี้ กำหนดอุปกรณ์ คือ สเก็ตบอร์ด 2 อัน และเครื่องชั่งสปริง 2 อัน

คำถาม

1. นักเรียนคิดว่าความรู้วิทยาศาสตร์เดิมที่เคยเรียนมามีอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้เรียนรู้สถานการณ์นี้ได้ จงเขียนอธิบายความรู้เดิมพอสังเขป (วัดการตระหนักรู้ในตนเอง)
2. นักเรียนคิดว่าประเด็นสำคัญที่สามารถเรียนรู้จากสถานการณ์นี้ มีกี่ประเด็นอะไรบ้าง จงเขียนอธิบายประเด็นสำคัญพอสังเขป (วัดการตระหนักรู้ในงาน)
3. จากข้อ 2. เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วนักเรียนคิดว่าวิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้ประเด็นที่เลือกมามีขั้นตอนการทดลองอย่างไร จงเขียนอธิบายขั้นตอนการทดลองพอสังเขป (วัดการตระหนักรู้ในกลวิธี)

ตาราง 17 การเปรียบเทียบคำตอบนักเรียนที่มีระดับความสามารถด้านสติปัญญาควรปรับปรุงและดีมาก

ความสามารถด้าน สติปัญญา	คำตอบของนักเรียน	
	ระดับสติปัญญาควรปรับปรุง	ระดับสติปัญญาดีมาก
1. การตระหนักรู้ ในตนเอง	- แรง แรงลัพธ์ - แรงดึง แรงผลัก - แรงกับการเคลื่อนที่ - การเคลื่อนที่ของวัตถุ - น้ำหนักของคนมีหน่วยกิโลกรัม	- แรงดึง (F) มีหน่วยนิวตัน (N) , - น้ำหนัก (mg) มีหน่วยนิวตัน (N) - แรงลัพธ์ไม่เท่ากับศูนย์มากกระทำวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ทิศทางเดียวกันกับแรงลัพธ์
2. การตระหนักรู้ ในงาน	ประเด็นสำคัญมี 3 ประเด็น คือ - เมื่อดึงเพื่อน หรือผลักเพื่อน แล้วจะเป็นอย่างไร - เมื่อออกแรงดึงกันและกัน จะมีการเคลื่อนที่ - การออกแรงกระทำกันและกัน	ประเด็นสำคัญมี 2 ประเด็น คือ - เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงดึงจากมือเพื่อนกลับมาที่มือเรา ขนาดเท่าใด - เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วเรากับเพื่อนจะมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด

ตาราง 17 (ต่อ)

ความสามารถด้าน อภิปัญญา	คำตอบของนักเรียน	
	ระดับอภิปัญญาควรปรับปรุง	ระดับอภิปัญญาดีมาก
3. การตระหนักรู้ ในกลวิธี	เลือกประเด็นเมื่อตั้งเพื่อนหรือผลัก เพื่อนแล้วจะเป็นอย่างไร โดยให้เรา และเพื่อนออกแรงกระทำกันและกัน แล้วสังเกตว่าเป็นอย่างไร <u>หรือ</u> ให้เรากับเพื่อนออกแรง กระทำกันและกัน แล้วสังเกตแรงที่ เกิดขึ้นว่าเป็นอย่างไร	เลือกประเด็น เมื่อเราออกแรงดึง มือเพื่อน แล้วจะมีแรงดึงจากมือ เพื่อนกลับมาที่มือเรา ขนาดเท่าใด ทดลองดังนี้ 1. นักเรียน 2 คน ใช้ตะขอ เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวกัน 2. ให้คนซ้ายดึงตาชั่งสปริงด้วย แรง 10 นิวตัน คนขวาอยู่เฉย ๆ แล้วให้เพื่อนที่เหลือ อ่านขนาดของ แรงดึงจากเครื่องชั่งสปริงของคน ด้านขวา แล้วบันทึกผล 3. ทำซ้ำข้อ 2 แต่เปลี่ยนขนาด แรงดึงเป็น 20 และ 30 นิวตัน

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานข้อที่ 3 เป็นการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples) ผลดังตาราง 18

ตาราง 18 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	30	36.00	11.93	1.96	58.22**	0.000
หลังเรียน	30	36.00	26.57	2.54		

** $p < .01$

จากตาราง 18 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

นอกจากนี้สมมติฐานข้อที่ 3 เป็นการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One-sample t-test แบบ One tail test) ผลดังตาราง 19

ตาราง 19 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (25.20 จาก 36 คะแนน)

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	เกณฑ์	$\bar{x}$	S.D.	t	p
หลังเรียน	30	36.00	25.20	26.57	2.54	2.49**	0.003

** $p < .01$

จากตาราง 19 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริม
อภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้าน
 - 2.1 ความสามารถด้านอภิปัญญา
 - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

2. สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีความสามารถด้าน
อภิปัญญาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 50)
2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีพัฒนาการ
ความสามารถด้านอภิปัญญาระหว่างเรียนสูงขึ้น
3. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and
development) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสารแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

- 1.1 ศึกษานโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริมอภิปัญญา
- 1.2 ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับระดับอภิปัญญาของนักเรียนไทย
- 1.3 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A
- 1.4 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ประกอบด้วย การศึกษาแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ การจัดทำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย การศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยเพื่อกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย การจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญและการทดลองใช้

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษานำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 27 คน โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 12 แผน และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างทดลองด้วยแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา 12 ครั้ง โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 36 คาบ ทั้งนี้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล การจัดบรรยากาศในชั้นเรียน การบริหารจัดการเวลา ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำข้อบกพร่องที่พบนั้นมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น ก่อนนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง

ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ไปใช้จริง

เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ไปใช้จริงกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดร้อยเอ็ด ในช่วงปีภาคเรียนฤดูร้อน ปีการศึกษา 2558 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 30 คน ซึ่งได้มาโดยการรับนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย การทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบ 2 ฉบับ 4 คาบ การทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A จำนวน 12 แผน 36 คาบ และการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน 4 คาบ รวมใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยทั้งสิ้น 44 คาบ

4. สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอเสนอสรุปผลการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริม อภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีขั้นตอนชัดเจน สามารถปฏิบัติตามได้อย่างเป็นระบบ โดยชื่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A นั้น เป็น อักษรย่อของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ (Awareness) ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน (Action Plan) ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ (Accomplishment) ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล (Assessment) และขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ (Application)

นอกจากนี้ การวิจัยครั้งนี้ได้คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญาสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีโครงสร้างประกอบด้วยความเป็นมา แนวคิดหลักการ ความมุ่งหมาย เนื้อหาสาระ แนวทางการจัดการเรียนรู้ บทบาทครูและบทบาทนักเรียน สื่อการเรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินผล เพื่อกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ไปใช้จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

ตอนที่ 2 ประสิทธิภาพของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อ ส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

1. คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ทุกด้านและภาพรวม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุด ได้แก่ การประเมินผล ส่วนด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่ำที่สุด ได้แก่ การวางแผน

2. คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ระหว่างเรียน 12 ครั้ง ทั้งรายกลุ่มและภาพรวมของทุกกลุ่มมีแนวโน้มพัฒนาการสูงขึ้น โดยการเรียนรู้ครั้งที่ 5 เป็นต้นไป คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 50 และการเรียนครั้งที่ 8 เป็นต้นไปคะแนนเฉลี่ยมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่

3. คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. อภิปรายผลการวิจัย

5.1 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนวิทยาศาสตร์ในบริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจาก ประการแรก ผู้วิจัยใช้แนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรณนิยม (Constructivism) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา (Metacognition) แล้วทำการสังเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีชื่อว่า 5A ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นตอนที่ 1 ตระหนัก ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล และขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ โดยแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้นั้น มีการกำหนดบทบาทครูและบทบาทนักเรียนที่ชัดเจน ทำให้สามารถปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของทีศนา แชมมณี (2546: 4) ที่กล่าวว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นต้องมีแนวคิด ทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐาน โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ควรมีกระบวนการหรือขั้นตอนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ มีวิธีการและเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ที่จะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพเป็นไปตามแนวคิดทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐาน และประการที่สอง ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่พัฒนาขึ้น โดยการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบกับองค์ประกอบของอภิปัญญา ความเหมาะสมในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้โดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ตามเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้ ตลอดจนดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะเพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และประการที่สาม ผู้วิจัยได้ศึกษานำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ เวลาเรียน สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จากนั้นจึงสรุปปัญหา แนวทางปรับปรุงแก้ไข และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้พร้อมนำไปใช้จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ประสิทธิภาพของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

5.2.1 ประสิทธิภาพด้านความสามารถด้านอภิปัญญา

จากสรุปผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในทุกด้านและภาพรวม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบ 5A มุ่งเน้นให้นักเรียนเผชิญสถานการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ จากนั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตระหนักรู้ในตนเองโดยการทบทวนความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานเดิมของนักเรียนที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้เรื่องที่จะเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำลังจะเรียนรู้ เกิดการตระหนักรู้ในงานโดยกำหนดประเด็นสำคัญที่สงสัยหรือต้องการเรียนรู้ได้ และเกิดการตระหนักรู้ในกลวิธีโดยการคิดหาวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้เรื่องที่จะเรียนรู้ได้ โดยทั้ง 3 ส่วนนี้ เป็นการพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ในตนเอง (Self-knowledge) ความรู้ในงาน (Task knowledge) และความรู้ในกลวิธี (Strategy knowledge) ซึ่งถือว่าเป็นความรู้ในอภิปัญญา (Metacognitive knowledge) จากนั้นนักเรียนจะได้วางแผนดำเนินการเรียนรู้ ลงมือดำเนินการเรียนรู้และกำกับติดตามการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง โดย 3 ส่วนนี้ เป็นการพัฒนานักเรียนในด้านการวางแผน (Planning) การกำกับติดตาม (Monitoring) และการประเมินผล (Evaluating) ซึ่งถือว่าเป็นประสบการณ์อภิปัญญา (Cognitive experience) (Flavell, 1985: 103-110) โดยการเรียนรู้ในลักษณะนี้เป็นการฝึกฝนการใช้ความสามารถด้านอภิปัญญาในกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบระเบียบและต่อเนื่อง โดยการวิจัยครั้งนี้ฝึกฝนการใช้ความสามารถด้านอภิปัญญาตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 12 แผน จนกระทั่งนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในอภิปัญญาอย่างถ่องแท้ จึงเห็นได้ว่าการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ในครั้งนี้ช่วยส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของจุฑารัตน์ ชนานุสาสน์ (2546: 82-83) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาและเมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนั้น ผลการวิจัยยังพบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ได้เน้นการฝึกฝนให้นักเรียนใช้ความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้อย่างเป็นระบบต่อเนื่องกัน กล่าวคือ นักเรียนได้ฝึกฝนการวางแผนการเรียนรู้ ฝึกฝนการดำเนินการเรียนรู้และกำกับติดตามความสำเร็จตามแผนดำเนินการเรียนรู้ และฝึกฝนการสรุปและประเมินผลการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยช่วงแรกนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับการเรียนรู้ลักษณะนี้ จึงส่งผลให้มีความสามารถด้านอภิปัญญาอยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อนักเรียนได้ฝึกฝนใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้เป็นวงจรซ้ำกันก็จะเริ่มมีความเข้าใจและมีความสามารถด้านอภิปัญญาที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ สอดคล้องกับแนวคิดของเบเกอร์ และบราวน์ (Baker; & Brown. 1984) ที่กล่าวว่าจัดการการเรียนรู้จะต้องฝึกฝนให้นักเรียนใช้อภิปัญญาอย่างเป็นระบบและต่อเนื่องกันจึงจะทำให้นักเรียนมีอภิปัญญาที่สูงขึ้น เมื่อนักเรียนได้ฝึกฝนใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ครบ 12 ครั้ง จึงทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 50 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการตั้งเกณฑ์ร้อยละ 50 จะเห็นได้ว่าตั้งไว้ไม่สูงมาก เพราะความสามารถด้านอภิปัญญาเป็นสิ่งที่ยากและต้องใช้เวลาในการพัฒนาแบบค่อยเป็นค่อยไป อีกทั้งยังต้องใช้เวลาในการฝึกที่นานเพียงพอจึงจะสามารถพัฒนาความสามารถด้านอภิปัญญาให้สูงขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอังคาร์ เทพรัตนันท์ (2557: 39-41) ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยเสริมการคิดอภิปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอภิปัญญา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีการคิดอภิปัญญาหลังเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 51.14 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 50 โดยอภิปรายผลว่าการตั้งเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่ไม่สูงมาก และผลคะแนนอภิปัญญาหลังเรียนที่สะท้อนว่าไม่สูงมากเช่นกัน มีเหตุผลเพราะความสามารถด้านอภิปัญญาเป็นทักษะการคิดที่ซับซ้อนจำเป็นต้องใช้ระยะเวลา ยาวนานและสม่ำเสมอในการฝึกฝนจึงจะพัฒนาให้นักเรียนเกิดความสามารถด้านอภิปัญญาได้

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยความสามารถด้านอภิปัญญาแต่ละด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปัญญาหลังเรียนด้านที่คะแนนเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ ได้แก่ การวางแผน ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ขั้นตอนที่ 2 การวางแผนดำเนินการเรียนรู้ นักเรียนต้องประมวลข้อมูลจากอภิปัญญา 3 ส่วน คือ การตระหนักรู้ในตนเอง การตระหนักรู้ในงาน และการตระหนักรู้ในกลวิธี เพื่อนำมาใช้ในการเขียนแผนดำเนินการเรียนรู้ ประกอบด้วยการกำหนดจุดประสงค์ ขั้นตอนทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลที่ถูกต้องสอดคล้องกัน โดยการเรียนรู้ลักษณะนี้นักเรียนจะไม่คุ้นชินกับการออกแบบแผนดำเนินการเรียนรู้เองทั้งหมด และเป็นการเรียนรู้ที่ค่อนข้างยากเนื่องจากต้องใช้

การคิดในระดับสูง กล่าวคือ นักเรียนต้องคิดอย่างละเอียดละออเพื่อพิจารณาข้อมูลต่าง ๆ แล้วนำมาใช้ในการวางแผนดำเนินการเรียนรู้ ให้ความถูกต้อง สมบูรณ์ และสอดคล้องซึ่งกันและกันในทุก ๆ ส่วน (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. 2553: 190) และความสามารถด้านอภิปัญญาด้านที่คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ได้แก่ การประเมินผล เป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล นักเรียนตัวแทนกลุ่มจะได้ฝึกฝนอภิปัญญาด้านการประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ โดยเตรียมข้อมูลและฝึกฝนการสรุปและประเมินผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียนทุกครั้ง รวม 12 ครั้ง โดยเพื่อนร่วมชั้นเรียนต้องแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อเสนอวิธีการปรับปรุงการสรุปและประเมินผลการเรียนรู้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เช่น การเขียนขั้นตอนทดลองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น การสรุปผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ยิ่งขึ้น การประเมินผลการเรียนรู้ว่าถูกต้องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ อย่างไร เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนมีความสามารถด้านอภิปัญญาด้านการประเมินผลสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของพัทธ ทองตัน (2545: 55-56) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 22 แผน ผลการศึกษาพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีเมตาคอกนิชันรายด้านและภาพรวมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยด้านที่มีเมตาคอกนิชันสูงที่สุด ได้แก่ ด้านการประเมินผล

นอกจากนั้น ผลการดำเนินการทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญากับนักเรียน พบปัญหาว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับข้อสอบลักษณะนี้ ซึ่งนักเรียนจะต้องคิดและถ่ายทอดผ่านการเขียน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เกิดความเหนื่อยล้าระหว่างการทำข้อสอบ และนักเรียนบางคนไม่ตั้งใจทำข้อสอบในข้อหลัง ๆ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจประเด็นคำถามบางข้อ ทำให้นักเรียนไม่พยายามเขียนตอบในข้อนั้น หรือนักเรียนเว้นว่างไม่ตอบในข้อนั้น ส่งผลให้นักเรียนบางส่วนมีคะแนนความสามารถด้านอภิปัญญาอยู่ในระดับต่ำ ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วนักเรียนอาจมีความสามารถด้านอภิปัญญาที่สูงกว่านั้นก็ได้ โดยการตรวจให้คะแนนอภิปัญญา พบว่า ช่วงแรกต้องใช้เวลารวบรวมก่อนช้านาน เนื่องจากต้องพิจารณาคำตอบของนักเรียนในข้อนั้นเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญาที่กำหนดไว้ แต่หลังจากตรวจไปสักระยะจะเห็นว่า คำตอบของนักเรียนคนอื่น ๆ ในข้อเดียวกันจะมีส่วนที่คล้ายคลึงกันทำให้การตรวจให้คะแนนสามารถทำได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การตรวจให้คะแนนอภิปัญญาบางข้อเท่านั้นที่มีความคาบเกี่ยวกันของการให้คะแนนระหว่าง 2 คะแนน กับ 1 คะแนน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation technique) (วรรณิ์ แกมเกตุ. 2551) โดยให้ตรวจให้คะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัยและครูวิทยาศาสตร์อีก 2 คน ร่วมกันตรวจให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญา เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงในการให้คะแนนและช่วยขจัดอุปสรรคด้านความลำเอียงออกไป

5.2.2 ประสิทธิภาพด้านการพัฒนาความสามารถด้านอภิปญญา

จากสรุปผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปญญาของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ระหว่างเรียน 12 ครั้ง ทั้งรายกลุ่มและภาพรวมของทุกกลุ่มมีแนวโน้มพัฒนาการสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีการแบ่งนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม เพื่อฝึกการใช้ความสามารถด้านอภิปญญาทั้งหมด 12 วงจร ตามแผนการจัดการเรียนรู้ 12 แผน โดยนักเรียนจะได้เขียนบันทึกความสามารถด้านอภิปญญาในการเรียนรู้ทุกครั้ง ซึ่งช่วงแรก พบว่า นักเรียนเขียนได้น้อยมาก หรือบางคนเขียนได้มากแต่ไม่ตรงกับประเด็นที่ต้องการ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนอาจสื่อสารผ่านการเขียนได้ไม่ดี หรือนักเรียนยังขาดความสามารถในด้านการเขียนอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์เดิมที่นำมาใช้ในการเรียนรู้ ขาดทักษะการเขียนอธิบายประเด็นสำคัญที่ต้องการเรียนรู้ ขาดทักษะการเขียนขั้นตอนการทดลอง ขาดทักษะการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง เมื่อพิจารณากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ทุกครั้งนั้น พบว่า นักเรียนจะได้ระดมความคิดภายในกลุ่ม แล้วนำผลการระดมความคิดมาร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในห้องเรียน โดยครูจะเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกในการอธิบายความรู้ที่นักเรียนได้จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น แล้วนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนการที่ตนเองได้กำหนดไว้ทุกครั้ง รวมทั้งสิ้น 12 ครั้ง โดยครูมีบทบาทในการช่วยแก้ไขปัญหาระหว่างการทดลอง เช่น การแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือทดลองที่ถูกต้อง แนะนำวิธีการอ่านค่าจากเครื่องมือทดลอง และแนะนำวิธีการบันทึกผลการทดลองที่ถูกต้อง ฯลฯ ซึ่งทำให้นักเรียนในกลุ่มสามารถช่วยกันบันทึกความสามารถด้านอภิปญญาได้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 5 นำไปสู่ข้อค้นพบที่สำคัญประการหนึ่ง คือ นักเรียนทุกกลุ่มบันทึกความสามารถด้านอภิปญญาจนได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านอภิปญญาทั้งรายกลุ่มและภาพรวมสูงกว่าร้อยละ 50 (9 คะแนน จากเต็ม 18 คะแนน) ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลเนื่องมาจากนักเรียนเริ่มมีความคุ้นเคยกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบ 5A และมีพัฒนาการทางความสามารถด้านอภิปญญาทั้ง 6 องค์ประกอบ ที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 8 นำไปสู่ข้อค้นพบที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ นักเรียนเริ่มมีความสามารถด้านอภิปญญาที่ค่อนข้างคงที่ทุกกลุ่ม ซึ่งถ้าพิจารณาจากคะแนนความสามารถด้านอภิปญญา พบว่า คะแนนอยู่ในช่วง 13-15 คะแนน (จากคะแนนเต็ม 18) ซึ่งถือว่าคะแนนมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างน้อยลงเมื่อเทียบกับช่วงครั้งที่ 1-8 พบว่า คะแนนอยู่ในช่วง 5.6-13 คะแนน

5.2.3 ประสิทธิภาพด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากสรุปผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ มุ่งฝึกอภิปรายปัญหาด้านการตระหนักรู้ในตนเอง โดยนักเรียนต้องอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์เดิมที่นำมาใช้ประกอบการเรียนรู้ให้สมบูรณ์ ตลอดจนอธิบายสัญลักษณ์และหน่วยของปริมาณที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้อง และการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน ที่ฝึกอภิปรายด้านการวางแผน โดยนักเรียนเขียนแผนดำเนินการเรียนรู้ ซึ่งต้องฝึกการนำความรู้วิทยาศาสตร์เดิมมาใช้ในการวางแผนให้ถูกต้อง ถือเป็นการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้น การเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 3 การดำเนินงานให้สำเร็จ นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติการทดลองและกำกับติดตามให้สำเร็จทุกขั้นตอนตามแผนดำเนินการเรียนรู้ โดยนักเรียนต้องสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองส่งผลให้เกิดความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง การเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล นักเรียนต้องสรุปผลการเรียนรู้ที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ และประเมินความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ โดยนักเรียนตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการเรียนรู้ จากนั้นนักเรียนทุกกลุ่มจึงแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อร่วมกันสรุปความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Cross; & Paris. 1988) เมื่อเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ครบ 12 ครั้ง จึงทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 โดยการตั้งเกณฑ์ร้อยละ 70 ถือว่าเป็นเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง เพราะเชื่อว่าการที่นักเรียนได้ฝึกฝนใช้อภิปรายในการวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ลงมือดำเนินการกำกับติดตามผลการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้อย่างเป็นระบบต่อเนื่องกัน 12 ครั้ง จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อาจารย์ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองอย่างเต็มที่ ทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณรงค์ฤทธิ์ ประเสริฐสุข (2554: 67-69) ที่ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการพัฒนาเมตาคอกนิชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องงานและพลังงาน โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 70.48 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยมีการอภิปรายว่าการเรียนรู้โดยกลวิธีเมตาคอกนิชันจะมุ่งให้นักเรียนตระหนักรู้ในความรู้วิทยาศาสตร์เดิมของตนเอง ตระหนักรู้ในประเด็นวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ ตระหนักรู้ในวิธีการทดลอง เพื่อให้นักเรียนวางแผน กำกับติดตามและประเมินผลการเรียนรู้เป็นวงจรซ้ำกัน ส่งผลให้นักเรียนเรียนรู้อาจารย์อย่างมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 ในที่สุด

นอกจากนั้น การเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องยกตัวอย่าง เหตุการณ์แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนักเรียน กลุ่มอื่น ๆ ช่วยกันประเมินความถูกต้องในการประยุกต์ใช้ความรู้ ซึ่งถือเป็นการพัฒนาให้นักเรียนมี ความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สอดคล้องกับการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร การเรียนรู้แบบ 7E โดยการเรียนรู้ในขั้นที่ 7 การประยุกต์ใช้ มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ ไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันของตนเอง ซึ่งทำให้นักเรียนจดจำความรู้วิทยาศาสตร์อย่างมั่นคงยิ่งขึ้น อันเป็นการส่งเสริมผลทางฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น (Eisenkraft. 2003; ประสาท เนิ่งเฉลิม. 2550) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวัชรพร พองจันทร์ และคนอื่น ๆ (2558: 30) ที่ศึกษา ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก วิชาชีววิทยา สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการ เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับ นโยบายการจัดการศึกษาระดับชาติ ในมิติการพัฒนาคุณภาพและศักยภาพของเยาวชนไทยด้าน อภิปัญญาเพื่อให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้บริหารสถานศึกษาควร ส่งเสริมสนับสนุนให้ครูวิทยาศาสตร์นำไปใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ต่อไป

1.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ในการ จัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ เนื่องจากผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยการใช้จริง

1.3 ครูวิทยาศาสตร์ที่นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ ช่วงแรกของการ จัดการเรียนรู้ควรช่วยกำกับและช่วยเหลือนักเรียนในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอนอย่างใกล้ชิด เช่น การใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การช่วยเหลือออกแบบแผน ดำเนินการเรียนรู้ การช่วยเหลือให้คำแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือทดลองและอ่านค่าอย่างถูกต้อง ตลอดจนแนะนำวิธีการบันทึกผลการทดลองที่ถูกต้อง เป็นต้น หลังจากทีนักเรียนเริ่มคุ้นชินกับการทำ กิจกรรมแล้ว ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอนด้วยตนเองอย่างเต็มที่

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ทำการวิจัยผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา โดยเพิ่มการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากนักเรียนรายบุคคล โดยอาจทำการศึกษาให้ลงรายละเอียดเชิงลึกผ่านการสัมภาษณ์นักเรียน การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ และการศึกษาการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายกรณี

2.2 ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาวิชาชีพ (Professional development) ในการอบรมครูที่สนใจ นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ไปใช้ เพื่อให้สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมอภิปัญญาและสามารถออกแบบแบบทดสอบอภิปัญญาที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนของตนเองได้

2.3 ทำการวิจัยผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา โดยใช้ระยะเวลาในการฝึกฝนอภิปัญญาให้ยาวนานมากขึ้น เพื่อให้ นักเรียนสามารถฝึกฝนอภิปัญญาได้มากกว่า 12 ครั้ง ซึ่งน่าจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีระดับอภิปัญญาที่สูงขึ้นได้อีก





บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). ผลการประเมินคุณภาพทางการศึกษา ปีการศึกษา 2540. กรุงเทพฯ: สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- (2554). แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จรุง ขำพงศ์. (2542). ผลของการใช้กลวิธีเมตาคognitionชั้นที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์. (2546). ผลของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคognitionชั้นที่มีต่อการพัฒนาเมตาคognitionชั้นในการอ่านและการแก้ปัญหา และต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ณรงค์ฤทธิ์ ประเสริฐสุข. (2554). ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ การพัฒนาเมตาคognition และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน โดยใช้กลวิธีเมตาคognition. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ดิเรก พรสีมา; และคนอื่น ๆ. (2542). รายงานการวิจัยประกอบร่างพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ประเด็นพัฒนาวิชาชีพครู. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- ดำเนิน ยาทำม. (2548). ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้ปัญหา. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- พิศนา แหมมณี. (2546). *รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2551). *รูปแบบการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2553). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). *การพัฒนาการสอน*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). *การพัฒนาการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพรินต์ติ้ง.
- ประสาธน์ เนืองเฉลิม. (2550). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ขั้น. *วารสารวิชาการ*. 10(4): 25-30.
- พัทธ ทองตัน. (2545). *ผลของการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์และการพัฒนาเมตาคอกนิชันของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). เมตาคอกนิชัน. ใน *วิทยาการด้านการคิด*. หน้า 155-168. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป.
- (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2537). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ยุทธการ สืบแก้ว. (2551). *การพัฒนาแบบวัดคอบัญญา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดและการประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- รัตนา สิงห์กุล. (2547). *รูปแบบการสอน*. สืบค้นเมื่อ 14 มกราคม 2556, จาก http://sps.lpru.ac.th/script/show_article.pl?mag_id=11&group_id=50&article_id=910
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2539). *หลักการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- (2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- ละเอียด รักษ์เฝ้า. (2528). รูปแบบการสอนเป็นกลุ่มที่ให้ผลการเรียนใกล้เคียงกับผลการสอนแบบครู
หนึ่งคนต่อนักเรียนหนึ่งคน. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วรรณิ์ แกมเกตุ. (2551). วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรพร พองจันทร์; และคนอื่น ๆ. (2558, พฤษภาคม – สิงหาคม). ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร
สืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, Silpakorn University
ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ. 8(2): 301-314.
- ศรินธร วิทสิรินันท์; ทิศนา แหมมณี; และพิมพ์นั้ เดชะคุปต์. (2544). ทฤษฎีและแนวคิดร่วมสมัย
เกี่ยวกับการคิดจากประเทศทางซีกโลกตะวันตก. ใน วิทยาการด้านการคิด. หน้า 26-71.
กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป.
- ศุภลักษณ์ สินธนา. (2545). การศึกษาการคิดอภิमानโดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์โครงสร้างเชิง
เส้น: การวิเคราะห์กลุ่มพหุ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลการศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สทศ.). (2555). ผลการคะแนนสอบ
O-NET ปีการศึกษา 2555-2558 ชั้น ม.3. สืบค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2558, จาก
http://www.niets.or.th/index.php/research_th/view/8
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม
วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2551ก). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริม
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2551ข). ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาสตรึนานาชาติ โครงการ PISA แล TIMSS.
กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2555). การวัดผลประเมินผลวิทยาสตรึ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สมจิตร ทรัพย์อัมระโมย. (2540). ผลของการใช้รูปแบบเพื่อพัฒนาเมตาคognitionชั้นที่มีต่อเมตาคognition
ชั้นและสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ด.
(จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

- สุจิตรา ศรีกมล. (2533). การพัฒนารูปแบบการสอนด้านภาษาไทยเพื่อความเข้าใจโดยใช้กลวิธีการอ่าน-การคิดสำหรับนักเรียนโรงเรียนประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ด. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุดารัตน์ มนต์นิมิต. (2545). การใช้เทคนิคการคิดออกเสียงเป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เพื่อจัดสอนซ่อมเสริม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สุเทียบ ละอองทอง. (2545). การพัฒนารูปแบบการสอนอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- สุธรรม อารีกุล. (2540). รายงานการวิจัยประกอบร่างพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ประเด็นพัฒนาวิชาชีพครู. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์. (2537). เอกสารประกอบการสอนวิชา ปถ.511 การพัฒนาหลักสูตรและการสอนในระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: เซเว่น พรินติ้ง กรุ๊ป.
- (2545ก). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2556, จาก <http://www.moc.moe.go.th/sites/default/files/prb1.pdf>
- (2545ข). แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545-2559). กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- อรุณี สถิตย์ภาติกุล. (2534). การพัฒนารูปแบบการสอนคำศัพท์วิชาภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตามแนวยุทธศาสตร์การสอนภาษาแบบผสมผสานของมาร์ตัน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- อวยพร เรืองศรี. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอภิमानกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินูญานินธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- อังการ์ เทพรัตน์นันท. (2557, กรกฎาคม – ธันวาคม). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดย
เสริมการคิดแก้ปัญหาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ และ
ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสวนศรี
วิทยา จังหวัดชุมพร. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. 7(2): 34-43.
- Alonso, E. (1999). *A Meta-Analysis of the Metacognition of Gifted Children*. Dissertation,
Ed.D. Photocopied.
- Anderson, H.O. (2003). *Teaching Science as Inquiry*. Indiana: Indiana University.
- Anderson, L.W.; & Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and
Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York:
Longman.
- Antrony, J.N. (2004). *Educational Assessment of Students*. Newjersy: Personaleducation.
- Baker, L.; & Brown, A.L. (1984). *Metacognition Skills and Reading: Handbook of Reading
Research*. New York: Longman.
- Baker, T. (1960, April). What Can We Do to Make Our Children Capable of Thinking of
Themselves ?. *Science Education*. 34: 153-155.
- Beyer, B K. (1987). *Practice Strategies for the Teaching of Thinking*. Boston: Allyn and
Bacon.
- Bloom, B.S. (1956). *Taxonomy of Education Objective Handbook I: Cognitive Domain*.
New York: David Mac Kay.
- Bohlin, S.L. (2000). *Effectiveness of Instruction in Rubric Use in Improving Fourth-Grade
Students' Science Open-Response Outcomes*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Brown, A.L.; & Smiley, S.S. (1977). Rating the Importance of Structural Unit of Prose
Passages: A Problem of Metacognition Development. *Child Development*. 48: 1-8.
- Brunign, R.H.; Schraw, G.J.; & Ronning, R.R. (1999). *Cognitive Psychology and Instruction*.
3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- Bybee, R.; et al. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and
Applications*. Colorado, CO: BSCS.
- Cross, D.R.; & Paris, S.G. (1988). Developmental and Instructional Analyses of Children's
Metacognition and Reading Comprehension. *Journal of Educational Psychology*.
80(2): 131-142.

- Dick, W.; & Garey, L. (1985). *The Systematic Design of Instruction*. Glenview, IL: Scott, Foresman, and Company.
- Driver, R.; & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*. 13(1): 105-122.
- Duke, D.L. (1990). Developing Teacher Evaluation Systems that Promote Professional Growth. *Journal of Personnel Evaluation in Education*. 4(2): 60-65.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*. 70(6): 56-59.
- Ellis, J.D.; & Maxwell, D.E. (1995). *Intervening in the Professional Development of Science Teacher: The Colorado Science Teaching Enhancement Program*. A paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. San Francisco, CA.
- 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. 2nd ed. Newjersey: Prentice-Hall.
- Gardner, R.; & Alexander, P.A. (1989). Metacognition: Answered Unanswered Questions. *Educational Psychologist*. 24(2): 143-158.
- Garofalo, J.; & Lester, F.K. (1985). Metacognition, Cognitive Monitoring and Mathematical Performance. *Journal of Research in Mathematics Education*. 16(3): 163-176.
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: Mc Graw-Hill Company.
- 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*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Hickman, J.B. (1999). *Analysis of Electronic Learning Logs Pencil-and-Paper Journals: Constructing Understanding in a Unit of Magnetism (Constructivism, Ninth-Grade)*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Huber, F.E. (2001). *Effects of Concept Mapping on Learning Anatomy and Transfer of Anatomy Knowledge to Kinesiology in Health Sciences Students*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.

- International Association for the Evaluation of Education Achievement (IEA). (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. MA: TIMSS & PIRIS International Study Center.
- Johnson, K.A.; & Foa, L.J. (1989). *Instructional Design: New Alternatives for Effective Education and Training*. New York: National University Continuing Education.
- Joyce, B.; & Weil, M. (1986). *Models of Teaching*. 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Joyce, B.; Weil, M.; & Shower, B. (1992). *Models of Teaching*. 4th ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Kenton, J.M. (2002). *Metacognition and Meteorology: Using Reflective Thinking Strategies to Help Novice Weather Forecasters adopt Effective Forecasting strategies*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Kibler, R.J. (1974). *Behavioral Objectives and Instruction*. Boston: Allyn and Bacon.
- Klopfer, E.L. (1971). *Hand Book on Formation and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill.
- Legare, G. (2002). *An Investigation of the Effect of Task Design on the Development of Critical Thinking Skills by Engineering Students*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Livingston, J.A. (1997). *Metacognition: An Overview*. Retrieved January 15, 2013, from: <http://www.gse.buffalo.edu/fas/shuell/cep564/Metacog.htm>
- Lomangino, A.G. (2000). *Emergent Self-Regulatory Activity among Young Children during Scientific Inquiry: An Analysis of Six Kindergarten Children*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Longo, P.J. (2000). *Visual Thinking Networking Promote Long-term Meaningful Learning and Achievement for 9th Grade Earth Science Students*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Materna, L.E. (2000). *Impact of Concept-Mapping upon Meaningful Learning and Metacognition among Foundation-Level Associate-Degree Nursing Students*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.

- 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*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Parker, M.J. (1999). *The Effect of a Shared, Intranet Science Learning Environment on Academic Behaviors of Problem-Solving and Metacognitive Reflection*. Dissertation, Ed.D. Photocopied.
- Patricia, A.G. (1997). *Independent Learning and Literacy*. Boston: Allyn and Bacon.
- Pearsall, S.H. (1999). *Effects of Metacognitive Exercise on the Development of Scientific Reasoning (Fifth Graders, Sixth Graders)*. Dissertation, Ed.D. Columbia University. Photocopied.
- Plants, R.T. (2000). *The Relationship of Motivation and Metacognition to Academic Performance in Graduate Medical Education*. Dissertation, Ed.D. University of Memphis. Photocopied.
- Rahikainen, R.L. (2002). *Learning through Cognitive and Collaborative Problem-Solving Process in Technological Product Development*. Dissertation, Ed.D. Faculty of Education University of Tampere. Photocopied.
- Schiering, M.S. (1999). *The Effects of Learning –Style Instructional Resources of Fifth-Grade Suburban-Students' Metacognition, Achievement, Attitudes, and Ability to Teach Themselves*. Dissertation, Ed.D. St. John's University. Photocopied.
- Seyedmonir, M. (2000). *The Development and Validation of Science Learning Inventory (SLI): A conceptual change framework*. Dissertation, Ed.D. West Virginia University. Photocopied.
- Thorndike, R.L. (1950). How Children Learn the Principles and Techniques of Problem-Solving. 49th Yearbook of the National Society for the Study of Education. 192-216.
- Tien, L.T. (1998). *Fostering Expert Inquiry Skills and Beliefs about Chemistry through the MORE Laboratory Experience*. Dissertation, Ph.D. (Science and Mathematics Education). Berkeley: Graduate Division University of California. Photocopied.

- Zahorik, J.A. (1995). *Constructivist teaching*. IN: Phi Delta Kappa Educational Foundation.
- Zaltas, F.D. (1999). *Reflections and Arguments in the Construction of Shared Knowledge about the Bioethical Issues of Genetic Engineering*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). New York: Teachers College Columbia University. Photocopied.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวก ข

- คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
- ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล



คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A
เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมวล
รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโภาค
ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ

นายธนวุฒิ ลาตวงษ์

คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A
เป็นส่วนหนึ่งของปฏิญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

สังคมโลกในศตวรรษที่ 21 เป็นสังคมในยุคโลกาภิวัตน์ที่ได้เข้าสู่สังคมแห่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันประกอบด้วยข้อมูล ข่าวสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งมีลักษณะสำคัญ กล่าวคือ มีความหลากหลาย ซับซ้อน เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา มีประโยชน์เป็นอเนกอนันต์หากนำไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม และมีโทษก่อให้เกิดปัญหาอย่างร้ายแรงหากขาดความรู้และการคิดใคร่ครวญอย่างถูกวิธี ดังนั้นการดำเนินชีวิตในยุคปัจจุบันนี้จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินคุณค่า เพื่อใคร่ครวญเลือกใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนพร้อมที่จะป้องกันและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2551ก: 1)

การจัดการศึกษาในประเทศไทยนั้น องค์กรที่มีส่วนรับผิดชอบในการจัดการศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญตามที่กล่าวมาข้างต้น ดังที่ปรากฏในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 ในหมวดที่ 4 ว่าด้วยแนวทางการจัดการศึกษา มาตราที่ 4(2) ที่กำหนดว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้ประโยชน์และป้องกันแก้ไขปัญห (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545ก: 13) ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กำหนดวิสัยทัศน์และเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสถานศึกษา เพื่อมุ่งพัฒนาให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด จินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา การจัดการ และพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ หลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง อันจะนำไปสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความหมายอย่างแท้จริง (สสวท, 2546: 3)

การพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้เป็นระบบระเบียบนั้น นักเรียนจะต้องมีกระบวนการควบคุมการคิดและกำกับติดตามการคิดในกระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างเป็นระบบระเบียบเช่นกัน เรียกกระบวนการนี้ว่า “อภิปัญญา” (Metacognition) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง (Learning about Learning) หรือคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง (Thinking about Thinking) สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีเป้าหมายในการเรียนรู้ที่ชัดเจน คือการวางแผนการเรียนรู้ มีการควบคุมกำกับติดตามการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ และมีการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองที่มีประสิทธิภาพ (Garofalo; & Lester. 1985: 163-176)

ดังนั้นผู้วิจัยในฐานะนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงมีความมุ่งหมายในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่พัฒนาขึ้นนั้น จะมีประสิทธิภาพสามารถช่วยส่งเสริมความสามารถด้านอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชนไทย อันจะเป็นการทำให้เยาวชนไทยเกิดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์บรรลุตามวิสัยทัศน์และเป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในที่สุด

2. แนวคิดและหลักการ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนามาบนพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดการเรียนรู้ 3 แนวคิด คือ แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคนิยม (Constructivism) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา (Metacognition) มีรายละเอียดดังนี้

1) แนวคิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคนิยม (Constructivism) ผู้วิจัยยึดตามแนวคิดของ Driver & Oldham (1986) Ellis & Maxwell (1995) และสุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2537) ซึ่งการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคนิยม สรุปลขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้ดังนี้

- ขั้นนำ ขั้นทบทวน ขั้นจัดผู้เรียนอยู่ในประสบการณ์
- ขั้นเปลี่ยนแนวคิด ขั้นสำรวจจมโนทัศน์ ขั้นสำรวจ/ค้นพบ/สร้าง
- ขั้นอธิบาย ขยายมโนทัศน์
- ขั้นนำเสนอและประเมินผล
- ขั้นนำความคิดมาประยุกต์

2) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) ผู้วิจัยยึดการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ตามแนวคิดของ สสวท. (2554) และ Biological Science Curriculum Studies (BSCS) (Joyce; & Shower. 1992) และการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ของไอเซนคาร์ท (Eisenkraft. 2003) ดังนี้

2.1) การเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สรุปได้ดังนี้

- ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
- ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
- ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
- ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
- ขั้นประเมินผล (Evaluation)

2.2) การเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7E มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สรุปได้ดังนี้

- ขั้นตรวจสอบความรู้อยู่เดิม (Elicitation Phase)
- ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)
- ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)
- ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)
- ขั้นขยายความคิด (Expansion Phase/Elaboration Phase)
- ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)
- ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase)

3) แนวคิดจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา (Metacognition) ซึ่งยึดตามแนวคิดของ พิมพ์พันธุ์ เดชชะคุปต์ (2544) ฟลาวเวล (Flavell. 1985) คอร์ทและปารีส (Cross; & Paris. 1988) และ กาโรฟาโล และเลสเตอร์ (Garofalo; & Lester. 1985) ซึ่งการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานแนวคิดอภิปัญญา มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

- การตระหนักรู้ในตนเอง (Self-awareness)
- การตระหนักรู้ในงาน (Task awareness)
- การตระหนักรู้ในกลวิธี (Strategy awareness)
- การวางแผน (Planning)
- การกำกับติดตาม (Monitoring)
- การประเมินผล (Evaluating)

จากแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดการเรียนรู้ 3 แนวคิด คือ แนวคิดการเรียนรู้ตาม ทฤษฎีสรคณิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ และแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้อภิปัญญา และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดการเรียนรู้ 3 แนวคิด ตามที่ กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริม อภิปัญญา ที่มีขั้นตอนชัดเจนสามารถปฏิบัติตามได้อย่างเป็นระบบระเบียบ ได้รูปแบบการจัดการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีชื่อว่า 5A โดยชื่อรูปแบบเป็นอักษรย่อขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ (Awareness)
- ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน (Action plan)
- ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ (Accomplishment)
- ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล (Assessment)
- ขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ (Application)

3. ความมุ่งหมาย

รูปแบบการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีความมุ่งหมายในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. เพื่อให้นักเรียนฝึกการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง
2. เพื่อให้นักเรียนฝึกการคิดและการกำกับติดตามการคิดในกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของตนเอง
3. เพื่อให้นักเรียนฝึกการตระหนักรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ ประกอบด้วย การตระหนักรู้ในตนเอง การตระหนักรู้ในงาน การตระหนักในกลวิธี
4. เพื่อให้นักเรียนฝึกกำกับควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ประกอบด้วย การวางแผนดำเนินการเรียนรู้ การกำกับติดตามการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้
5. เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจหลักการ ทฤษฎีวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เพื่ออธิบายการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอย่างเหมาะสม

4. เนื้อหาสาระ

เนื้อหาสาระในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 งานและพลังงาน ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ใช้เวลาทั้งสิ้น 36 คาบ โครงสร้างเนื้อหาสาระ แสดงดังตาราง ก

ตาราง ก โครงสร้างของเนื้อหาสาระ

มาตรฐาน 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน การเรียนรู้ และตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา (คาบ)
ว 4.1 ม.3/1	1. อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	- วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง - เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุ แล้ววัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งซึ่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์	3
ว 4.1 ม.3/2	2. ทดลองและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ทุกแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาได้ตอบด้วยขนาดของแรงเท่ากันแต่มีทิศทางตรงข้าม - การนำความรู้เรื่องแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาไปใช้อธิบาย เช่น การชักเย่อ การจุดบั้งไฟ	3
ว 4.1 ม.3/3	3. ทดลองและอธิบายแรงพยุขของของเหลวที่กระทำต่อวัตถุ	- แรงพยุข คือ แรงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่จมของวัตถุ - ของเหลวที่มีความหนาแน่นมากจะมีแรงพยุخمาก - วัตถุที่ลอยได้ในของเหลวจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของของเหลว	3

ตาราง ก (ต่อ)

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน การเรียนรู้ และตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา (คาบ)
ว 4.2 ม.3/1	1. ทดลองและอธิบายความแตกต่างระหว่างแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- แรงเสียดทานสถิตเป็นแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะหยุดนิ่ง ส่วนแรงเสียดทานจลน์เป็นแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะเคลื่อนที่ - การเพิ่มแรงเสียดทาน เช่น การออกแบบรองเท้าเพื่อกันลื่น - การลดแรงเสียดทาน เช่น การใช้น้ำมันหล่อลื่นที่จุดหมุน	3
ว 4.2 ม.3/2	2. ทดลองและวิเคราะห์โมเมนต์ของแรง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่อมีแรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุน วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการหมุน - การวิเคราะห์โมเมนต์ของแรงในสถานการณ์ต่าง ๆ	3
ว 4.2 ม.3/3	3. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวตรงและแนวโค้ง	- การเคลื่อนที่ของวัตถุมีทั้งการเคลื่อนที่ในแนวตรง เช่น การตกแบบเสรี และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง เช่น การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกบาสเกตบอลในอากาศ การเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุที่ถูกเชือกแล้วแกว่ง เป็นต้น	3

ตาราง ก (ต่อ)

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน การเรียนรู้ และตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา (คาบ)
ว 5.1 ม.3/1	1. อธิบายพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงานและ ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณเหล่านี้ รวมทั้งนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การให้งานแก่วัตถุเป็นการถ่ายโอน พลังงานให้วัตถุ พลังงานนี้เป็นพลังงานกล ซึ่งประกอบด้วยพลังงานศักย์และพลังงาน จลน์ พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุ ขณะวัตถุเคลื่อนที่ ส่วนพลังงานศักย์โน้ม ถ่วงของวัตถุเป็นพลังงานของวัตถุที่อยู่สูง จากพื้นโลก	6
		- กฎการอนุรักษ์พลังงานกล่าวว่า พลังงาน รวมของวัตถุไม่สูญหายแต่สามารถเปลี่ยน จากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้	
		- การนำกฎการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ ประโยชน์ในการอธิบายปรากฏการณ์ เช่น พลังงานน้ำเหนือเขื่อนเปลี่ยนรูปจาก พลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์ ปั่นจั่นตอกเสาเข็ม	3
ว 5.1 ม.3/2	2. ทดลองและอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างความ ต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์	- ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความ ต้านทานมีความสัมพันธ์กันตามกฎของ โอห์ม - การนำกฎของโอห์มไปใช้วิเคราะห์ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	3

ตาราง ก (ต่อ)

มาตรฐาน การเรียนรู้ และตัวชี้วัด	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา (คาบ)
ว 5.1 ม.3/3	3. คำนวณพลังงานไฟฟ้าของ ไฟฟ้าของ เครื่องใช้ไฟฟ้า และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของ เครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของการคิดค่า ไฟฟ้าและเป็นแนวทางในการประหยัด พลังงานไฟฟ้าในบ้าน	3
ว 5.1 ม.3/4	4. สังเกตและอภิปราย การต่อวงจรไฟฟ้าใน บ้านอย่างถูกต้อง ปลอดภัยและประหยัด	- การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านต้องออกแบบ วงจร ติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า อย่างถูกต้อง โดยการต่อสวิตช์แบบอนุกรม ต่อเข้ากับแบบขนานและเพื่อความปลอดภัย ต้องต่อสายดินและฟิวส์ รวมทั้งต้องคำนึงถึง การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด	3

การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ ตามเนื้อหาสาระในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้
แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดเป็น 3 หน่วย คือ
แรงและการเคลื่อนที่ พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า ใช้เวลาทั้งสิ้น 36 คาบ ประกอบด้วยแผนการจัดการ
เรียนรู้ 12 แผน ได้แก่ ความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการเคลื่อนที่ แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา
แรงพยางค์ แรงเสียดทาน โมเมนตัมของแรง การเคลื่อนที่ในแนวตรงและแนวโค้ง งานและกำลัง
พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้าในบ้าน และ
พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ ดังตาราง ข

ตาราง ข การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
1.แรงและการเคลื่อนที่	ว 4.1 ม.3/1	1.อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	- วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลงเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง - เมื่อแรงลัพธ์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งซึ่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์	1.ความเร่ง และผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการเคลื่อนที่	3
	ว 4.1 ม.3/2	2.ทดลองและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ทุกแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาได้ตอบด้วยขนาดของแรงเท่ากันแต่มีทิศทางตรงข้าม - การนำความรู้เรื่องแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาไปใช้อธิบาย เช่น ชักเย่อ จุดบั้งไฟ	2. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา	3
	ว 4.1 ม.3/3	3. ทดลองและอธิบายแรงพยุขของของเหลวที่กระทำต่อวัตถุ	- แรงพยุข คือ แรงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่จมของวัตถุ - ของเหลวที่มีความหนาแน่นมากจะมีแรงพยุขมาก - วัตถุที่ลอยได้ในของเหลวจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของของเหลว	3. แรงพยุข	3

ตาราง ข (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
ว 4.2 ม.3/1	1. ทดลองและอธิบายความแตกต่างระหว่างแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- แรงเสียดทานสถิตเป็นแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะหยุดนิ่ง ส่วนแรงเสียดทานจลน์เป็นแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุขณะเคลื่อนที่ - การเพิ่มแรงเสียดทาน เช่น การออกแบบบรอนเท้าเพื่อกันลื่น - การลดแรงเสียดทาน เช่น การใช้น้ำมันหล่อลื่นที่จุดหมุน	4. แรงเสียดทาน	3	
ว 4.2 ม.3/2	2. ทดลองและวิเคราะห์โมเมนต์ของแรง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่อมีแรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้เกิดโมเมนต์ของแรงรอบจุดหมุน วัตถุจะเปลี่ยนสภาพการหมุน - การวิเคราะห์โมเมนต์ของแรงในสถานการณ์ต่าง ๆ	5. โมเมนต์ของแรง	3	
ว 4.2 ม.3/3	3. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นแนวตรงและแนวโค้ง	- การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตรง เช่น การตกแบบเสรี และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง เช่น การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกบาสเกตบอลในอากาศ การเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุที่ผูกเชือกแล้วแกว่ง เป็นต้น	6. การเคลื่อนที่ในแนวตรงและแนวโค้ง	3	

ตาราง ข (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
2. พลังงานกล	ว 5.1 ม.3/1	1. อธิบายพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงานและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านี้ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- การให้งานแก่วัตถุเป็นการถ่ายโอนพลังงานให้วัตถุ พลังงานนี้เป็นพลังงานกล ซึ่งประกอบด้วยพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ - พลังงานจลน์เป็นพลังงานของวัตถุขณะวัตถุเคลื่อนที่ ส่วนพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุเป็นพลังงานของวัตถุที่อยู่สูงจากพื้นโลก - กฎการอนุรักษ์พลังงานกล่าวว่า พลังงานรวมของวัตถุไม่สูญหายแต่สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง - การนำกฎการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ประโยชน์ในการอธิบายปรากฏการณ์ เช่น พลังงานน้ำเหนือเขื่อนเปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์ บั่นจั่นตอกเสาเข็ม	7. งานและกำลัง 8. พลังงานจลน์และ พลังงานศักย์โน้มถ่วง 9.กฎการอนุรักษ์ พลังงาน	3 3 3

ตาราง ข (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
3. พลังงานไฟฟ้า	ว 5.1 ม.3/2	2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทานมีความสัมพันธ์กันตามกฎของโอห์ม - การนำกฎของโอห์มไปใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	10. ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	3
	ว 5.1 ม.3/3	3. คำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ พลังงานไฟฟ้าในบ้าน	- การคำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของการคิดค่าไฟฟ้าและเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในบ้าน	11. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน	3
	ว 5.1 ม.3/4	4. สังเกตและอธิบายการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน อย่างถูกต้อง ปลอดภัย	- การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านต้องออกแบบวงจร ติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างถูกต้อง โดยการต่อสวิตช์แบบอนุกรม ต่อเข้ากับแบบขนานและเพื่อความปลอดภัยต้องต่อสายดินและฟิวส์ รวมทั้งต้องคำนึงถึงการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด	12. การใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้าน	3
รวมใช้เวลาดังกล่าว					36

5. แนวทางการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A มีแนวปฏิบัติดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตระหนักรู้ (A: Awareness) เป็นขั้นที่ครูเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ จากนั้นนักเรียนจึงตระหนักรู้ในตนเอง โดยการทบทวนว่านักเรียนมีความรู้วิทยาศาสตร์เดิมอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้สถานการณ์ที่กำหนดได้ (รู้อะไรบ้าง) จากนั้นนักเรียนจึงตระหนักรู้ในงาน โดยการกำหนดประเด็นสำคัญที่สามารถเรียนรู้จากสถานการณ์ที่กำหนดได้ (ต้องการเรียนรู้อะไร) จากนั้นนักเรียนจึงตระหนักรู้ในกลวิธี โดยการคิดวิธีการทดลองที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้สถานการณ์ที่กำหนดได้ (จะเรียนรู้อย่างไร) สุดท้ายนักเรียนสรุปการตระหนักรู้ในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน (A: Action plan) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ใช้ข้อมูลจากขั้นตระหนักรู้เพื่อกำหนดแผนดำเนินการเรียนรู้ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผล โดยนักเรียนร่วมกันระดมความคิดเพื่อทำร่างแผนดำเนินงานในกลุ่มย่อย จากนั้นให้นำเสนอแผนดำเนินงานหน้าชั้นเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น สุดท้ายนักเรียนสรุปแผนดำเนินงานในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินงานให้สำเร็จ (A: Accomplishment) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติการเรียนรู้และกำกับติดตามความสำเร็จในการเรียนรู้ของตนเอง โดยนักเรียนจะต้องระบุขั้นตอนการทดลองที่ทำได้สำเร็จ จากนั้นจึงอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร และนักเรียนจะต้องระบุขั้นตอนการทดลองที่ทำไม่สำเร็จ แล้วอธิบายวิธีหาทางแก้ไข จากนั้นจึงอธิบายว่าจะปฏิบัติการทดลองต่อไปอย่างไร สุดท้ายนักเรียนสรุปการดำเนินงานในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผล (A: Assessment) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สรุปผลการเรียนรู้และประเมินผลการเรียนรู้ว่ามีความถูกต้อง บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร สุดท้ายนักเรียนจึงสรุปการประเมินผลในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ จากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มรายงานผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียนจนครบทุกกลุ่ม แล้วเพื่อนนักเรียนมีบทบาทร่วมกันอภิปรายผลการเรียนรู้ว่าถูกต้องหรือไม่ อย่างไร และครูมีบทบาทช่วยอธิบายเสริมความรู้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 ประยุกต์ใช้ (A: Application) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ยกตัวอย่างเหตุการณ์แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ มีบทบาทประเมินความถูกต้องในการประยุกต์ใช้ความรู้ และครูมีบทบาทช่วยอธิบายเสริมความรู้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์แบบ 5A สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

เพื่อให้สะดวกในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ผู้วิจัย
จึงกำหนดบทบาทครูและบทบาทนักเรียน แสดงดังตาราง ค

ตาราง ค บทบาทครูและบทบาทนักเรียนสำหรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A

ลำดับขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตระหนักรู้ (Awareness) เป็นขั้นเสนอสถานการณ์ วิทยาศาสตร์ เพื่อให้ นักเรียนตระหนักรู้ในความ เดิมของตนเองที่ต้องใช้ ในการเรียนรู้ ตระหนักรู้ใน ประเด็นสำคัญที่สงสัยหรือ อยากเรียนรู้จาก สถานการณ์ และตระหนักรู้ ในวิธีการทดลองที่เป็นไปได้ ที่สามารถนำมาใช้ในการ เรียนรู้	● สร้างความสนใจด้วยการเสนอ สถานการณ์วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง กับเนื้อหาที่จะเรียนรู้ ● เปิดโอกาสให้นักเรียนเก็บรวบรวม ข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ที่ กำหนดให้อย่างละเอียด ● กระตุ้นให้นักเรียนตระหนักรู้ในความ เดิมของตนเอง โดยใช้คำถามทบทวน ความรู้พื้นฐานเดิม ทำให้ทราบว่ารู้ อะไรบ้างแล้ว ซึ่งจะต้องใช้ในการ เรียนรู้ในบทเรียน ● ประเมินความเข้าใจเบื้องต้นของ นักเรียน หากพบว่ามีข้อบกพร่องต้อง แก้ไขด้วยการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจ ก่อนทำกิจกรรม ● กระตุ้นให้นักเรียนพิจารณา สถานการณ์แล้วกำหนดประเด็น สำคัญที่สงสัยหรืออยากเรียนรู้จาก สถานการณ์ ทำให้ทราบว่าต้องการจะ เรียนรู้อะไร ● เป็นผู้ช่วยเหลือให้นักเรียนเขียนสรุป ข้อมูลการตระหนักรู้ในบันทึกการใช้ อภิปัญญาในการเรียนรู้	● ทุกคนมีส่วนร่วมในการสังเกต อธิบายและทำกิจกรรมในชั้น เรียนอย่างเต็มความสามารถ ● มีส่วนร่วมในการออกมาเก็บข้อมูล เพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ที่ กำหนดให้อย่างละเอียด ● อภิปรายเกี่ยวกับพื้นฐานความรู้ เดิมของตนเอง และความรู้ที่ต้อง ใช้ในการเรียนรู้ในบทเรียน ● อภิปรายประเด็นสำคัญที่สงสัย หรือประเด็นที่อยากเรียนรู้ ● เขียนสรุปข้อมูลการตระหนักรู้ ในบันทึกการใช้อภิปัญญาใน การเรียนรู้

ตาราง ค (ต่อ)

ลำดับขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 2 ขั้นทำแผน ดำเนินการ (Action plan) เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดแผน ดำเนินการเรียนรู้ของตนเอง ประกอบด้วยกำหนดยุทธศาสตร์ (จะเรียนรู้อะไร) การกำหนดขั้นตอนการทดลอง (จะเรียนรู้อย่างไร) และ การออกแบบตารางบันทึกผล	- แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย และแบ่งหน้าที่เพื่อเตรียมพร้อมทำกิจกรรม - นำเสนอตัวอย่างการทำแผนดำเนินงานที่ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ วิธีการ/ ขั้นตอน และตารางบันทึกผลการเรียนรู้ - เปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายและระดมความคิดภายในกลุ่มย่อยเพื่อเขียนร่างแผนดำเนินงาน โดยครูทำหน้าที่แนะนำแนวทางที่เหมาะสม - ให้นักเรียนนำร่างแผนดำเนินงานมานำเสนอเพื่ออภิปรายแลกเปลี่ยนกับกลุ่มอื่นในห้องเรียน เพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อย โดยครูเป็นผู้ช่วยขยายความเข้าใจของนักเรียนให้ชัดเจน - เป็นผู้ช่วยเหลือให้นักเรียนเขียนสรุปแผนดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มให้สมบูรณ์ ในบันทึกการใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้	- แบ่งกลุ่มย่อยประมาณ 4-6 คน และแบ่งหน้าที่รับผิดชอบ - ใช้ตัวอย่างแผนดำเนินงานในการอภิปรายและระดมความคิดภายในกลุ่มย่อยเพื่อเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ ทำให้ทราบว่า จะเรียนรู้ อะไร และคัดเลือกวิธีการ/ ขั้นตอนในการดำเนินการเรียนรู้ ทำให้ทราบว่า จะเรียนรู้อย่างไร แล้วเขียนร่างแผนดำเนินงานกลุ่มย่อย - นำเสนอร่างแผนการดำเนินงาน เพื่อแลกเปลี่ยนกับกลุ่มอื่นในห้องเรียน และตรวจสอบ เปรียบเทียบข้อดีข้อด้อย และความเป็นไปได้ในการลงมือปฏิบัติ - ลงข้อสรุปร่วมกันในกลุ่มย่อย เพื่อสรุปแผนดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดของกลุ่มในแบบบันทึกการใช้ อภิปัญญาในการเรียนรู้
ขั้นตอนที่ 3 ขั้นดำเนินการให้สำเร็จ (Accomplishment) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ลงมือ ดำเนินการเรียนรู้และกำกับ ติดตามความสำเร็จตาม วัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และบันทึก ผลการทดลองให้ถูกต้อง	- ให้โอกาสนักเรียนลงมือดำเนินงานตามยุทธศาสตร์ วิธีการ/ ขั้นตอน ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ - เตือนนักเรียนให้ทบทวนขั้นตอนที่ละขั้นเมื่อมั่นใจว่าขั้นตอนนั้นสำเร็จจึงให้บันทึกผล แล้วดำเนินงานในขั้นตอนถัดไป - อำนวยความสะดวกให้คำปรึกษาที่ดี และแนะนำแนวการแก้ไขอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรม	- ลงมือปฏิบัติตามแผนดำเนินงาน โดยทำหน้าที่ตามที่รับผิดชอบ - ทบทวนขั้นตอนการดำเนินงานทีละขั้นอย่างละเอียด เมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงบันทึกผล ก่อนดำเนินงานในขั้นตอนถัดไป จนครบทุกขั้นตอน - ขอคำปรึกษาจากครู เมื่อพบว่าบางขั้นตอนไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผน เพื่อหาวิธีการแก้ไขที่เหมาะสมก่อนดำเนินการต่อไป

ตาราง ค (ต่อ)

ลำดับขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประเมินผล (Assessment) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สรุปผลการเรียนรู้และประเมินผลการเรียนรู้ว่าถูกต้อง บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร แล้วนำเสนอผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน	● ให้นักเรียนเตรียมข้อมูลนำเสนอผลการดำเนินงาน ประเมินผลการดำเนินงาน และข้อค้นพบที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ที่ตนเองได้เรียนรู้ แล้วเขียนสรุปในบันทึกการใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้ ● แนะนำให้นักเรียนสามารถนำเสนอผลการดำเนินงานด้วยรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตารางบันทึกผล แผนภาพ หรือการบรรยายสรุป ● กระตุ้นและช่วยเหลือให้นักเรียนแต่สร้างคำอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้ค้นพบจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ● ประเมินระดับอภิปัญญานักเรียนโดยใช้ข้อมูลจากบันทึกการใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้และข้อมูลจากการรายงาน แล้วให้คะแนนในแบบประเมินการสะท้อน อภิปัญญา ● ครูนำอภิปรายสรุปผลการดำเนินการเรียนรู้ และความรู้วิทยาศาสตร์ที่ต้องเรียนรู้ให้ครบถ้วน	● เตรียมข้อมูลในการนำเสนอผลการดำเนินงาน ประเมินผลการดำเนินงาน และข้อค้นพบที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ที่ตนเองได้เรียนรู้ แล้วเขียนสรุปในบันทึกการใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้ ● เตรียมคำอธิบายผลการดำเนินงาน ประเมินผลการดำเนินงาน และข้อค้นพบที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ ● ตัวแทนกลุ่มรายงานผล โดยอาศัยข้อมูลจากบันทึกการใช้อภิปัญญาในการเรียนรู้ ในการรายงานผลการดำเนินงาน ประเมินผลการดำเนินงาน และข้อค้นพบที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ ประมาณ 5 - 7 นาที ● นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการดำเนินการเรียนรู้ และความรู้วิทยาศาสตร์ที่ต้องเรียนรู้ให้ครบถ้วน
ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประยุกต์ใช้ (Application) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้เสนอตัวอย่าง และอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์	● ครูนำเสนอตัวอย่างและอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ● ครูกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาตัวอย่างเหตุการณ์แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	● นักเรียนคิดหาตัวอย่างเหตุการณ์แล้วอธิบายการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ● นักเรียนร่วมกันอภิปรายประเมินความถูกต้องของการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

6. สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 แผน โดยแต่ละประกอบด้วยใบความรู้ แบบฝึกหัด อุปกรณ์การทดลอง วิดีทัศน์ รายชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด มีดังต่อไปนี้

1. ความเร่ง และผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการเคลื่อนที่
2. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา
3. แรงพุง
4. แรงเสียดทาน
5. โมเมนต์ของแรง
6. การเคลื่อนที่ในแนวตรงและแนวโค้ง
7. งานและกำลัง
8. พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง
9. กฎการอนุรักษ์พลังงาน
10. ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
11. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน
12. การใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้าน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 ฉบับ ได้แก่

1. แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา
2. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา
3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

7. แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

แนวการวัดและการประเมินผล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน กล่าวคือ 1) วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย 3 ช่วง คือ ก่อนการเรียน ระหว่างการเรียนทุกครั้ง และหลังการเรียน มีรายละเอียดดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบ 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า กำหนดผู้ตรวจคะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ร่วมกันตรวจให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญา และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการเรียน

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการเรียนด้วยแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า กำหนดผู้ตรวจคะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ร่วมกันตรวจให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญา

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง โดยใช้แบบวัด 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้า กำหนดผู้ตรวจคะแนน 3 คน ได้แก่ ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน ร่วมกันตรวจให้คะแนนอภิปัญญา และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นฉบับเดียวกันกับที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน

ส่วนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยเครื่องมือ 3 ฉบับ ได้แก่ 1) แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา 2) แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา และ 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1. แบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย 24 ข้อ ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน มีรายละเอียดดังนี้

1.1 สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้ 4 สถานการณ์

1.2 คำถามปลายเปิดสถานการณ์ละ 6 ข้อ เพื่อประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา 6 องค์ประกอบ กล่าวคือ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง 2) การตระหนักรู้ในงาน 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี 4) การวางแผน 5) การกำกับติดตาม และ 6) การประเมินผล

1.3 แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบแบบรูปรีด 4 ระดับ

2. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เป็นแบบบันทึกที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการเรียน มีลักษณะดังนี้

2.1 กำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียนรู้เรื่องละ 1 สถานการณ์ โดยการจัดการเรียนรู้มีทั้งหมด 12 เรื่อง รวมทั้งสิ้น 12 สถานการณ์

2.2 กำหนดคำถามปลายเปิดสถานการณ์ละ 6 ข้อ เพื่อประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา 6 องค์ประกอบ กล่าวคือ 1) การตระหนักรู้ในตนเอง 2) การตระหนักรู้ในงาน 3) การตระหนักรู้ในกลวิธี 4) การวางแผน 5) การกำกับติดตาม และ 6) การประเมินผล

1.3 กำหนดแนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบแบบรูปรีค 4 ระดับ

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน ลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ เพื่อวัดความสามารถทางด้านพุทธิปัญญาของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ 6 ระดับ คือ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า





ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แรงและการเคลื่อนที่
เรื่อง แรงเสียดทาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558
เวลา 3 คาบ 150 นาที

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 4.2 ม.3/1 ทดลองและอธิบายความแตกต่างระหว่างแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระสำคัญ

ความหมายของแรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน (friction: f) คือ แรงที่ต้านสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เกิดขึ้นที่พื้นผิวสัมผัสของวัตถุและมีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือตรงข้ามทิศที่วัตถุพยายามจะเคลื่อนที่ไป โดยแรงเสียดทานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ ลักษณะของพื้นผิวที่สัมผัสของวัตถุและแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสกระทำต่อวัตถุ

ประเภทของแรงเสียดทาน

แรงเสียดทานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แรงเสียดทานสถิต (static friction: f_s) คือ แรงต้านสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เกิดขึ้นเมื่อวัตถุหยุดนิ่งจนกระทั่งวัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่พอดี โดยแรงเสียดทานสถิตจะมีค่ามากที่สุดเท่ากับแรงดึงที่ทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่พอดี

2. แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction: f_k) คือ แรงต้านสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ โดยแรงเสียดทานจลน์จะมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต

ประโยชน์ของแรงเสียดทานในชีวิตประจำวัน

การเคลื่อนที่ของวัตถุใด ๆ จะมีแรงเสียดทานเกี่ยวข้องเสมอ โดยกิจกรรมบางอย่างจำเป็นต้องมีแรงเสียดทานจึงจะทำให้เคลื่อนที่ได้สะดวกขึ้น เช่น การปีนต้นไม้ ถ้าผิวสัมผัสระหว่างมือ เท้า และ ต้นไม้เป็นผิวลื่นจะทำให้ปีนขึ้นได้ยากกว่าพื้นผิวที่ขรุขระ หรือกรณียางรถยนต์ส่วนใหญ่จะทำด้วยวัสดุที่มีความผิดเพื่อเพิ่มแรงเสียดทาน เป็นต้น

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของแรงเสียดทาน
2. ประเภทของแรงเสียดทาน
 - 2.1 แรงเสียดทานสถิต
 - 2.2 แรงเสียดทานจลน์
3. ประโยชน์ของแรงเสียดทานในชีวิตประจำวัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ด้านผลสัมฤทธิ์วิทยาศาสตร์

เมื่อเรียนคาบนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายและอธิบายความแตกต่างของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ได้
2. ทดลอง แปลผลการทดลองและสรุปผลการทดลองเรื่องแรงเสียดทานได้
3. คำนวณหาแรงเสียดทานและปริมาณที่เกี่ยวข้องจากเหตุการณ์ที่กำหนดได้
4. ประเมินวิธีที่เหมาะสมในการประยุกต์ความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ชีวิตประจำวันได้

จุดประสงค์ด้านความสามารถด้านอภิปัญญา

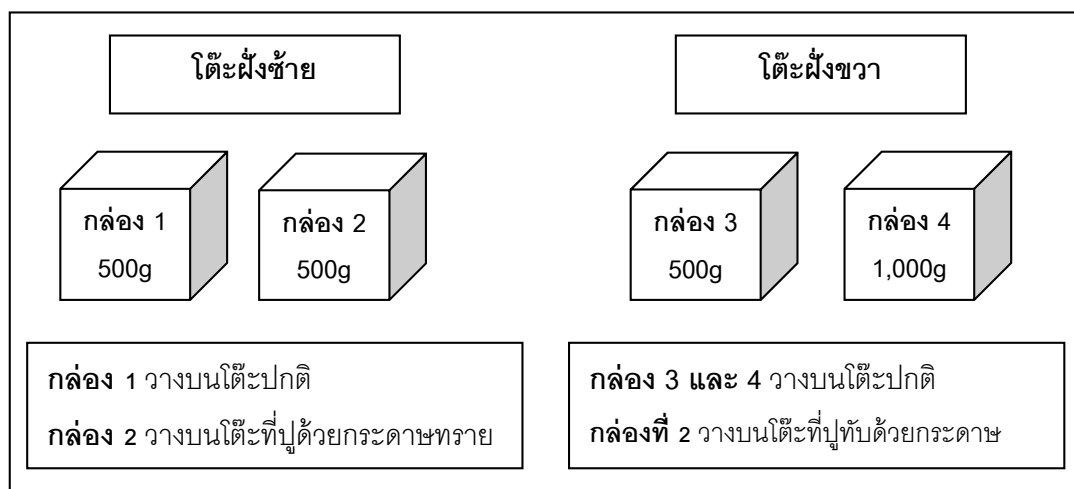
เมื่อกำหนดสถานการณ์วิทยาศาสตร์เรื่องแรงเสียดทานให้ นักเรียนสามารถ

1. ระบุนิยามวิทยาศาสตร์เดิมของตนเองที่สามารถนำมาประกอบการเรียนรู้สถานการณ์ได้ (รู้อะไรบ้าง)
2. กำหนดประเด็นสำคัญที่ตนเองจะเรียนรู้จากสถานการณ์ได้ (จะเรียนรู้อะไร)
3. บอกวิธีการที่สามารถนำมาใช้ศึกษาสิ่งที่ตนเองจะเรียนรู้จากสถานการณ์ได้ (จะเรียนรู้อย่างไร)
4. เขียนแผนดำเนินการเรียนรู้สิ่งที่ตนเองจะเรียนรู้จากสถานการณ์ได้
5. ดำเนินการเรียนรู้และกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเองตามแผนดำเนินการเรียนรู้ได้
6. ประเมินสรุปผลการดำเนินการเรียนรู้และสรุปความรู้เรื่องแรงเสียดทานที่เรียนรู้ได้

กิจกรรมการเรียนรู้ (150 นาที)

ขั้นตอนที่ 1 การตระหนักรู้ (Awareness) (30 นาที)

1. ครูจัดสถานการณ์วิทยาศาสตร์เรื่องแรงเสียดทาน โดยวางกล่องกระดาษขนาดใหญ่ 4 กล่อง บนโต๊ะหน้าชั้นเรียน ดังนี้



2. ครูขอตัวแทนนักเรียน 1 คน ทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนในห้องเรียนสังเกต คาดคะเนคำตอบ และบันทึกในกระดานบันทึกของกลุ่ม ดังนี้

2.1 เมื่อใช้ตาชั่งสปริงตึงกล่องที่ 1 และ 2 เพียงเบา ๆ นักเรียนคิดว่ากล่องทั้งสองจะเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด

2.2 เมื่อใช้ตาชั่งสปริงตึงกล่องที่ 1 และ 2 ด้วยแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นักเรียนคิดว่ากล่องทั้งสองจะเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด

2.3 เมื่อใช้ตาชั่งสปริงตึงกล่องที่ 3 และ 4 เพียงเบา ๆ นักเรียนคิดว่ากล่องทั้งสองจะเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด

2.4 เมื่อใช้ตาชั่งสปริงตึงกล่องที่ 3 และ 4 ด้วยแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นักเรียนคิดว่ากล่องทั้งสองจะเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด

3. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนออกมาสังเกตสถานการณ์หน้าชั้นเรียนเพิ่มเติมทีละ 2 กลุ่ม เช่น ออกแรงดันกล่อง สัมผัสผิวกล่อง สัมผัสพื้นผิวโต๊ะ ยกกล่อง ฯลฯ แล้วกลับไปอภิปรายกับเพื่อนภายในกลุ่มเกี่ยวกับประเด็นสำคัญที่สังเกตได้จากสถานการณ์

- (ตัวอย่างประเด็นสำคัญ)
- กล่องน้ำหนักไม่เท่ากัน
 - พื้นผิวมีลักษณะต่างกัน
 - ต้องออกแรงดันกล่องด้วยแรงที่ต่างกันกล่องจึงเคลื่อนที่

4. นักเรียนกำหนดแนวทางการศึกษาเรียนรู้สถานการณ์ที่กำหนดของตนเอง โดยครูใช้คำถามช่วยให้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์ดังนี้ ดังนี้

4.1 นักเรียนคิดว่าตนเองมีความรู้วิทยาศาสตร์เดิมอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาเรียนรู้สถานการณ์ที่กำหนดให้ จงอธิบายพอสังเขป (**รู้อะไรบ้าง**)

- (**แนวคำตอบ**)
- แรงที่กระทำวัตถุ (F) มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
 - น้ำหนักของวัตถุ (mg) มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
 - แรงลัพธ์เกิดจากผลรวมของแรงหลาย ๆ แรง
 - แรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์มากระทำวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์นั้น)

4.2 นักเรียนคิดว่าประเด็นสำคัญที่ตนเองสามารถศึกษาเรียนรู้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีอะไรบ้าง (**อยากเรียนรู้อะไร**)

- (**แนวคำตอบ**)
- เมื่อออกแรงดึงกล่อง แล้วทำไมกล่องไม่เคลื่อนที่
 - เมื่อวางกล่องน้ำหนักเท่ากันบนพื้นผิวต่างกัน แรงที่ดึงกล่องให้เคลื่อนที่จะเท่ากันหรือไม่
 - เมื่อวางกล่องน้ำหนักต่างกันบนพื้นผิวเดียวกัน แรงที่ดึงกล่องให้เคลื่อนที่จะเท่ากันหรือไม่)

4.3 ถ้านักเรียนเลือกประเด็นสำคัญจากข้อ 4.2 มา 1 ประเด็น นักเรียนจะมีขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาเรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมาอย่างไร (**จะเรียนรู้อย่างไร**)

- (**แนวคำตอบ**)
- วางกล่องที่น้ำหนักเท่ากันบนพื้นผิวต่างกัน แล้วใช้เครื่องชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้กล่องเคลื่อนที่
 - วางกล่องที่น้ำหนักต่างกันบนพื้นผิวเดียวกัน แล้วใช้เครื่องชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้กล่องเคลื่อนที่)

5. นักเรียนอภิปรายในกลุ่มเพื่อสรุปการตระหนักรู้ 3 ประเด็น แล้วเขียนในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เรื่อง แรงเสียดทาน ดังนี้

5.1 การตระหนักรู้ในตนเอง (**รู้อะไรบ้าง**)

5.2 การตระหนักรู้ในงาน (**อยากเรียนรู้อะไร**)

5.3 การตระหนักรู้ในกลวิธี (**จะเรียนรู้ได้อย่างไร**)

ขั้นตอนที่ 2 การเขียนแผนดำเนินงาน (Action Plan) (20 นาที)

6. นักเรียนในกลุ่มวางแผนดำเนินการเรียนรู้ จากนั้นส่งตัวแทนกลุ่มออกมาจับอุปกรณ์การทดลอง เรื่อง แรงเสียดทาน

7. นักเรียนระดมความคิดในกลุ่มโดยอาศัยข้อมูลจากการตระหนักรู้ในขั้นตอนที่ 1 เพื่อเขียนแผนดำเนินงาน (Action Plan) ฉบับร่าง ประกอบด้วย

7.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

7.2 ขั้นตอนการทดลอง

7.3 ออกแบบตารางบันทึกผล

8. นักเรียนตัวแทนกลุ่มนำเสนอร่างแผนดำเนินงานหน้าชั้นเรียน เมื่อครบทุกกลุ่มจึงร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบ ข้อดี ข้อด้อย และความเป็นไปได้ของแผนดำเนินงานของแต่ละกลุ่ม โดยครูเป็นผู้ช่วยเสนอแนะแผนดำเนินการเรียนรู้ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

9. นักเรียนระดมความคิดในกลุ่มเพื่อสรุปแผนดำเนินงานศึกษาเรียนรู้ที่เหมาะสมที่สุด แล้วเขียนสรุปในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เรื่องแรงเสียดทาน

ขั้นตอนที่ 3 การดำเนินงานให้สำเร็จ (Accomplishment) (50 นาที)

10. นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองและกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง ว่าทำสำเร็จตามแผนดำเนินการเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร แล้วเขียนสรุปในบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

10.1 เมื่อนักเรียนสามารถทำการทดลองขั้นตอนใดสำเร็จ นักเรียนต้องเขียนระบุว่าทำขั้นตอนนั้นสำเร็จแล้ว จึงทำการบันทึกผล แล้วทำการทดลองขั้นตอนถัดไป

10.2 เมื่อนักเรียนไม่สามารถทำการทดลองขั้นตอนใดได้สำเร็จ ต้องเขียนระบุว่าทำขั้นตอนนั้นทำไม่สำเร็จ แล้วจะต้องปรึกษาเพื่อนในกลุ่มหรือปรึกษาครูเพื่อหาแนวทางแก้ไข จากนั้นจึงลงมือปฏิบัติการทดลองซ้ำอีกครั้ง เมื่อพบว่าทำได้สำเร็จแล้ว จึงทำการบันทึกผล แล้วดำเนินการทดลองในขั้นตอนถัดไปจนครบ

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล (Assessment) (30 นาที)

11. นักเรียนในกลุ่มร่วมกันสรุปผลการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนรู้ว่าสามารถทำได้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร แล้วเขียนสรุปในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เรื่อง แรงเสียดทาน

12. นักเรียนเตรียมรายงานผลการเรียนรู้หน้าชั้นเรียน รายละเอียดดังนี้

1) การตระหนักรู้

- 1.1) การตระหนักรู้ในตนเอง (รู้อะไรบ้าง)
- 1.2) การตระหนักรู้ในงาน (อยากเรียนรู้อะไร)
- 1.3) การตระหนักรู้ในกลวิธี (จะเรียนรู้ได้อย่างไร)

2) การเขียนแผนดำเนินงาน

- 2.1) วัตถุประสงค์การทดลอง
- 2.2) ขั้นตอนการทดลอง
- 2.3) ออกแบบตารางบันทึกผล

3) การดำเนินงานให้สำเร็จ

4) การประเมินผลการเรียนรู้

13. นักเรียนตัวแทนกลุ่ม 2 คน (ไม่ซ้ำคนที่รายงานครั้งที่แล้ว) คิดแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เรื่อง ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า บนกระดาน แล้วรายงานผลการเรียนรู้ 3 นาที จนครบทุกกลุ่ม

14. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเรียนรู้ผลการเรียนรู้ของกลุ่มอื่น เช่น เรียนรู้การออกแบบขั้นตอนการทดลอง เรียนรู้การออกแบบตารางบันทึกผล เรียนรู้วิธีการบันทึกผล ฯลฯ โดยให้เวลาในการเรียนรู้จุดละ 2 นาที จากนั้นให้หมุนเวียนเรียนรู้ผลการเรียนรู้ของกลุ่มถัดไป จนครบทุกกลุ่ม

15. นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปความรู้ เรื่องแรงเสียดทาน โดยครูใช้คำถามช่วยกระตุ้น ดังนี้

● แรงเสียดทาน คืออะไร

(แนวคำตอบ แรงเสียดทาน คือแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ พื้นผิวสัมผัสระหว่างวัตถุ และแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ)

● นักเรียนจะนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

(แนวคำตอบ การลดแรงเสียดทานของรถยนต์โดยการลดน้ำหนักในรถยนต์ เช่น ไม่เก็บสิ่งของที่ ไม่ได้ใช้งานทิ้งไว้บนรถยนต์ ไม่ทิ้งหนังสือไว้บนรถยนต์)

16. ครูสรุปเพิ่มเติมความรู้ เรื่องแรงเสียดทาน ให้สมบูรณ์ โดยติดกระดาศชาร์ตที่เขียนสรุปบนกระดานดำ จากนั้นให้นักเรียนจดลงในสมุดให้ครบถ้วน ดังนี้ (รายละเอียดตามสาระสำคัญ)

- ความหมายแรงเสียดทาน
- ประเภทของแรงเสียดทาน
- การนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน

17. ครูแสดงตัวอย่างการคำนวณเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

ตัวอย่าง วางวัตถุมวล 4 กิโลกรัม บนพื้นที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.25

จงคำนวณหาแรงเสียดทานสถิต (คำตอบ 10 นิวตัน)

ขั้นตอนที่ 5 การนำไปใช้ (Application) (20 นาที)

18. ครูให้นักเรียน 3 นาที เพื่อคิดหาวิธีการเพิ่มหรือลดแรงเสียดทาน ไปใช้ให้เกิดประโยชน์หรือใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

19. ครูสุ่มถามนักเรียนกลุ่มละ 1 คน ให้เสนอแนวความคิดการประยุกต์ความรู้เรื่องแรงเสียดทาน ไปใช้ให้เกิดประโยชน์หรือใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันทีละกลุ่ม ให้นักเรียนทุกคนในห้องเรียน ร่วมกันประเมินสรุปความเหมาะสมของแนวคิดของเพื่อน จนครบทุกกลุ่ม

20. นักเรียนคำนวณเรื่อง แรงเสียดทาน โดยให้ตัวแทนกลุ่มละ 2 คน ออกมาช่วยกันทำโจทย์ บนกระดาน เพื่อนในชั้นเรียนร่วมกันตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ ดังนี้

โจทย์ ออกแรง 20 นิวตัน ลากวัตถุมวล 4 กิโลกรัม ที่วางบนพื้นที่มีความเสียดทาน พบว่าวัตถุจะเริ่มเคลื่อนที่พอดี จงหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต (คำตอบ 0.5)

21. ครูแจกใบความรู้ เรื่อง แรงเสียดทาน เพื่อให้นักเรียนนำไปทบทวนและศึกษาเพิ่มเติม และแจกแบบฝึกหัดเรื่อง แรงเสียดทาน ให้นักเรียนทำเป็นการบ้าน

สื่อการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในการสาธิตสถานการณ์วิทยาศาสตร์

ลำดับ	รายการ	จำนวน
1	กล่องกระดาษขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเหมือนกัน	4 กล่อง
2	กระดาษทรายขนาด A4	2 แผ่น
3	ถุงทราย 500 กรัม	5 ถุง

2. สื่อการเรียนรู้ที่แต่ละกลุ่มได้รับในการทำกิจกรรม

ลำดับ	รายการ	จำนวน
1	เครื่องชั่งสปริง	2 อัน
2	ถุงทราย 500 กรัม	4 ถุง
3	กระดาษทรายขนาด A4	1 แผ่น
4	แผ่นพลาสติกหุ้มปกหนังสือขนาด 50*50 ซม.	1 แผ่น

- แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา เรื่อง แรงเสียดทาน
- แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา เรื่อง แรงเสียดทาน
- ใบความรู้ เรื่อง แรงเสียดทาน
- แบบฝึกหัด เรื่อง แรงเสียดทาน
- แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ (ผู้วิจัยใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนารูปแบบฯ)

การวัดประเมินผลการเรียนรู้

1. การวัดประเมินผลด้านผลสัมฤทธิ์วิทยาศาสตร์

รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ประเมินผล
1. บอกความหมายและอธิบายความแตกต่างของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ได้	- ให้ทำแบบฝึกหัดเรื่องแรงเสียดทาน - ให้ตอบคำถามรายกลุ่ม รายบุคคล	- แบบฝึกหัดเรื่องแรงเสียดทาน - ข้อคำถามในแผนการจัดการเรียนรู้	- ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องร้อยละ 70 - ตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70
2. ทดลอง แปลผล และสรุปผลการทดลองเรื่องแรงเสียดทานได้	- ให้ออกแบบทดลองทำการทดลองสรุปผลการทดลอง - ให้รายงานผลการทดลองหน้าชั้นเรียน	- การทดลองและการรายงานผลการทดลองหน้าชั้นเรียน	- ออกแบบและได้ทดลองถูกต้องเหมาะสมกับเนื้อหา - รายงานผลทดลองถูกต้องร้อยละ 70
3. คำนวณแรงเสียดทานและปริมาณที่เกี่ยวข้องจากเหตุการณ์ที่กำหนดได้	ให้ทำแบบฝึกหัดเรื่อง แรงเสียดทาน	แบบฝึกหัดเรื่องแรงเสียดทาน	ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องร้อยละ 70
4. ประเมินและเลือกวิธีที่เหมาะสมในการนำความรู้แรงเสียดทานไปใช้ประโยชน์	- ให้นำเสนอแนวคิดและประเมินเพื่อเลือกวิธีการนำความรู้แรงเสียดทานไปใช้ประโยชน์	- การนำเสนอแนวคิดและประเมินเพื่อเลือกวิธีการนำความรู้แรงเสียดทานไปใช้ประโยชน์	- เสนอวิธีการนำความรู้ไปใช้ได้ถูกต้อง - ประเมินและเลือกวิธีการที่เหมาะสมได้ถูกต้อง

2. การวัดประเมินผลความสามารถด้านอภิปัญญา

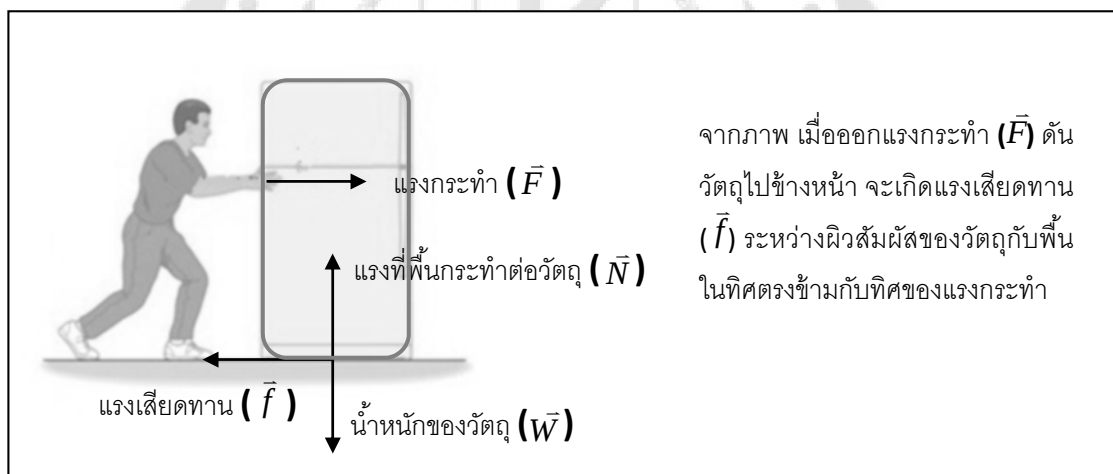
รายการ	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ประเมินผล
1. ระบุความรู้ วิทยาศาสตร์เดิมที่ สามารถนำมาประกอบการ เรียนรู้สถานการณ์ได้ (รู้อะไรบ้าง)	ให้เขียนความรู้ วิทยาศาสตร์เดิมที่ สามารถนำมาใช้ เรียนรู้สถานการณ์	- แบบบันทึก อภิปัญญา - แบบประเมิน อภิปัญญา	- ระบุได้ว่าแรงลัพธ์จะมี ผลทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไป ตามทิศทางของแรงลัพธ์
2. กำหนดประเด็นสำคัญที่ ตนเองจะเรียนรู้จาก สถานการณ์ได้ (จะเรียนรู้อะไร)	ให้เขียนประเด็น สำคัญที่ตนเองจะ เรียนรู้จาก สถานการณ์	- แบบบันทึก อภิปัญญา - แบบประเมิน อภิปัญญา	- ระบุได้ว่าทั้งน้ำหนัก และพื้นผิวสัมผัส มีผลต่อแรงที่ดึงให้วัตถุ เคลื่อนที่ (แรงเสียดทาน)
3. บอกวิธีการที่สามารถใช้ ศึกษาสิ่งที่ตนเองจะเรียนรู้ จากสถานการณ์ได้ (จะเรียนรู้อย่างไร)	ให้เขียนวิธีการที่ เป็นไปได้ที่สามารถ นำมาใช้เรียนรู้ สถานการณ์	- แบบบันทึก อภิปัญญา - แบบประเมิน อภิปัญญา	- ระบุขั้นตอนศึกษา น้ำหนักและพื้นผิวสัมผัส มีผลต่อแรงเสียดทานได้ ถูกต้อง
4. ทำแผนดำเนินการ ศึกษาสิ่งที่ตนเองจะเรียนรู้ จากสถานการณ์ได้	ให้เขียนวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการเรียนรู้ และตารางบันทึกผล	- แบบบันทึก อภิปัญญา - แบบประเมิน อภิปัญญา	- ระบุวัตถุประสงค์ ขั้นตอน ตารางบันทึก การศึกษาน้ำหนักและ พื้นผิวสัมผัสมีผลต่อแรง เสียดทานได้ถูกต้อง
5. ดำเนินการเรียนรู้และ กำกับติดตามการเรียนรู้ ตามแผนดำเนินงานได้	ให้ดำเนินการและ กำกับติดตาม การเรียนรู้ตาม แผนดำเนินงาน	- แบบบันทึก อภิปัญญา - แบบประเมิน อภิปัญญา	- ระบุขั้นตอนที่ทำ สำเร็จ/ไม่สำเร็จตามแผน พร้อมแนวทางแก้ไข และบันทึกผลได้ถูกต้อง
6. ประเมินสรุปผลการ ดำเนินการเรียนรู้ และ สรุปความรู้วิทยาศาสตร์ ที่เรียนรู้ได้	ให้รายงานสรุปผล การเรียนรู้ และสรุป ความรู้วิทยาศาสตร์	- แบบบันทึก อภิปัญญา - แบบประเมิน อภิปัญญา	เขียนรายงานสรุปผลการ เรียนรู้ได้ครบถ้วน และ สรุปความรู้วิทยาศาสตร์ ว่าแรงเสียดทานขึ้นกับ น้ำหนักและผิวสัมผัส

ใบความรู้ เรื่อง แรงเสียดทาน

เมื่อออกแรงดึงหรือดันวัตถุที่วางอยู่บนพื้น จะพบว่าวัตถุจะไม่เคลื่อนที่ถ้าแรงกระทำไม่มากพอ แต่ถ้าออกแรงกระทำมากพอวัตถุจะเคลื่อนที่ได้ และเมื่อหยุดออกแรงกระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลงและหยุดในที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีแรงชนิดหนึ่งที่คอยต้านไม่ให้วัตถุเคลื่อนที่ หรือคอยต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกแรงชนิดนี้ว่า “**แรงเสียดทาน (Friction)**”

ความหมายของแรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน (Friction) คือ แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุที่พยายามเคลื่อนที่ หรือกำลังเคลื่อนที่ไปบนผิวของอีกวัตถุหนึ่ง เนื่องจากมีแรงภายนอกมากระทำ โดยแรงเสียดทานจะเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุทั้งสอง และมีทิศตรงข้ามกับทิศของแรงที่พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ หรือทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทานเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)



ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน

แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1. **พื้นผิวสัมผัส** ถ้าผิวสัมผัสหยาบหรือขรุขระ แรงเสียดทานจะมีค่ามาก ส่วนผิวสัมผัสเรียบหรือลื่น แรงเสียดทานจะมีค่าน้อย

2. **แรงที่วัตถุกดพื้นผิวในแนวตั้งฉาก** ถ้าวัตถุมีแรงกดพื้นมาก แรงเสียดทานจะมีค่ามากกว่าวัตถุที่มีแรงกดพื้นน้อย

ประเภทของแรงเสียดทาน

แรงเสียดทานมี 2 ประเภท คือ

1. **แรงเสียดทานสถิต (Static Friction = f_s)** คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ เกิดขึ้นขณะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้ววัตถุยังไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานสถิตมีได้หลายค่า โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามแรงที่กระทำ แรงเสียดทานสถิตมีค่ามากที่สุดในขณะที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ เรียกว่าแรงเสียดทานสถิตสูงสุด ซึ่งหาได้จากสมการ

$$f_s = \mu_s N$$

โดย f_s คือ แรงเสียดทานสถิต มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

μ_s คือ สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต

N คือ แรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉาก ซึ่งมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ

2. **แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction = f_k)** คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุได้รับแรงกระทำแล้ววัตถุเกิดการเคลื่อนที่ โดยขนาดของแรงเสียดทานจลน์จะมีค่าคงที่เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ หาได้จากสมการ

$$f_k = \mu_k N$$

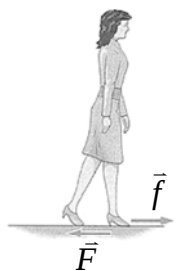
โดย f_k คือ แรงเสียดทานจลน์ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

μ_k คือ สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์

N คือ แรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉาก ซึ่งมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ

ประโยชน์ของแรงเสียดทานในชีวิตประจำวัน

แรงเสียดทานจะเกิดขึ้นทุกครั้งที่วัตถุหนึ่งพยายามเคลื่อนที่ไปบนอีกวัตถุหนึ่ง โดยจะต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในชีวิตประจำวันมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นมากมาย เช่น

	การเดิน โดยเท้าจะออกแรง ($\vec{F}$) กระทำกับพื้นไปทางด้านหลัง ทำให้เกิดแรงเสียดทาน ($\vec{f}$) เกิดแรงเสียดทานที่พื้นกระทำต่อเท้า ในทิศไปข้างหน้า ทำให้คนเดินไปข้างหน้าได้
	การเคลื่อนที่ของรถยนต์ โดยล้อรถจะหมุนไปด้านหลังทำให้เกิดแรงเสียดทาน ($\vec{f}$) ในทิศตรงข้ามกับการหมุนของล้อ

แรงเสียดทานมีทั้งประโยชน์และโทษ ในชีวิตประจำวันมนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากแรงเสียดทานมากมาย แต่ในบางกรณีแรงเสียดทานก็มีโทษ ดังนั้นจึงต้องมีการลดและเพิ่มแรงเสียดทานดังตัวอย่างต่อไปนี้

การลดแรงเสียดทาน สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การขัดถูผิววัตถุให้เรียบและลื่น เพื่อช่วยลดแรงเสียดทาน เช่น กระดานลื่นในสนามเด็กเล่นถูกขัดให้เรียบทำให้ลื่นลงมาได้ง่าย

2. การใช้สารหล่อลื่นผิว เช่น น้ำ น้ำมัน จาระบี เพื่อแยกผิวสัมผัสไม่ให้ยึดติดกัน

3. การใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ล้อ ตลับลูกปืน

การเพิ่มแรงเสียดทาน

1. การหยุดรถโดยการเบรก เป็นการเพิ่มแรงเสียดทาน ช่วยทำให้ล้อหยุดหมุนหรือหมุนช้าลง

2. การเดินบนพื้นต้องอาศัยแรงเสียดทาน จึงควรใช้รองเท้าที่เป็นพื้นยางและมีลวดลายขรุขระ เพื่อเพิ่มแรงเสียดทานทำให้เวลาเดินไม่ลื่นล้มได้ง่าย

3. พื้นห้องน้ำมักจะเปียกน้ำอยู่เสมอซึ่งอาจทำให้ลื่นไถลได้ง่าย จึงต้องปูพื้นห้องน้ำด้วยกระเบื้องที่มีผิวขรุขระ เพื่อช่วยเพิ่มแรงเสียดทานทำให้มีแรงยึดเกาะระหว่างเท้ากับพื้น

แบบฝึกหัด เรื่อง แรงเสียดทาน

ชื่อ-นามสกุล เลขที่.....

- ตอนที่ 1** จงเขียนเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อที่เห็นด้วย และเครื่องหมาย x หน้าข้อที่ไม่เห็นด้วย
- 1) แรงเสียดทานมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่เสมอ
- 2) แรงเสียดทานเกิดขึ้นเมื่อวัตถุสองชิ้นสัมผัสกัน
- 3) พื้นถนนเปียกจะมีแรงเสียดทานน้อยกว่าพื้นถนนแห้ง
- 4) แรงเสียดทานเป็นปริมาณเวกเตอร์
- 5) แรงเสียดทานสถิต เกิดขึ้นเมื่อวัตถุยังไม่เคลื่อนที่
- 6) แรงเสียดทานจลน์ เกิดขึ้นเมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่
- 7) แรงเสียดทานสถิต มีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานจลน์
- 8) ขั้วนมมีมวล 80 กิโลกรัม ขณะเดินจะมีแรงเสียดทานน้อยพอมีมวล 40 กิโลกรัม

ตอนที่ 2

1. แรงเสียดทาน คืออะไร

.....

.....

.....

2. ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานมีอะไรบ้าง จงอธิบายพอสังเขป

.....

.....

.....

.....

3. แรงเสียดทานแบ่งออกเป็นกี่ประเภท จงอธิบายพอสังเขป

.....

.....

.....

.....

.....

4. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์

ความเหมือน

ความแตกต่าง

.....	
.....	
.....	

5. วางวัตถุมวล 4 กิโลกรัม บนพื้นที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.25 จงหาแรงเสียดทานสถิต

.....
.....
.....

6. วางมวล 5 กิโลกรัม บนพื้นที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.5 จงหาแรงที่ทำให้กล่องเคลื่อนที่พอดี

.....
.....
.....

7. ออกแรงขนาด 25 นิวตัน ผลักวัตถุมวล 50 กิโลกรัม ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปบนพื้นราบด้วยความเร็วคงที่ได้ จงคำนวณหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์

.....
.....
.....
.....

8. จงยกตัวอย่างแรงเสียดทานในชีวิตประจำวัน 1 ตัวอย่าง และอธิบายวิธีการนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม

.....
.....
.....
.....

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- ตัวอย่างแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา
- ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา
- ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

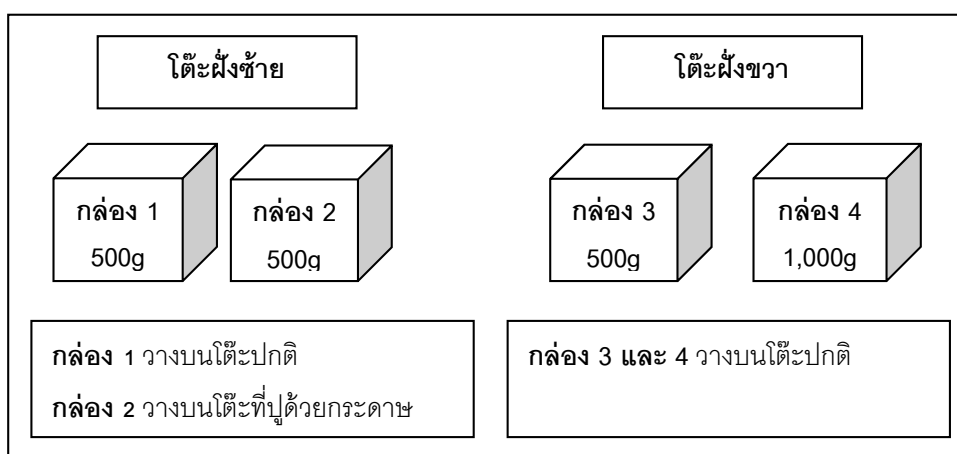


ตัวอย่างแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา
เรื่อง แรงเสียดทาน

กลุ่มที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ แล้วตอบคำถาม ข้อที่ 1-6

สถานการณ์ วางกล่อง 4 ใบ บนโต๊ะหน้าชั้นเรียน ดังรูป
นักเรียนต้องออกแรงดึงกล่องแต่ละกล่องเท่ากันหรือไม่
กล่องจึงจะเคลื่อนที่



เมื่อนักเรียนได้สังเกตสถานการณ์วิทยาศาสตร์ที่กำหนดแล้ว ให้ปรึกษาในกลุ่ม
แล้วเขียนสรุปแผนดำเนินการเรียนรู้และการติดตามความสำเร็จของการเรียนรู้ของตนเอง

กำหนดอุปกรณ์ คือ ถุงทราย 4 ถุง ตาชั่งสปริง 2 อัน กระดาษทราย 1 แผ่น
และแผ่นพลาสติก 1 แผ่น

1. การตระหนักรู้ (9 คะแนน)

1. การตระหนักรู้ในตนเอง (3 คะแนน)

นักเรียนคิดว่าความรู้วิทยาศาสตร์เดิมที่เคยเรียนมาอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาเรียนรู้สถานการณ์นี้ได้ จงเขียนอธิบายความรู้เดิมพอสังเขป

2. การตระหนักรู้ในงาน (3 คะแนน)

นักเรียนคิดว่าประเด็นสำคัญที่สามารถศึกษาเรียนรู้จากสถานการณ์นี้ มีกี่ประเด็น อะไรบ้าง จงเขียนอธิบายประเด็นสำคัญพอสังเขป

3. การตระหนักรู้ในกลวิธี (3 คะแนน)

จากข้อ 2 เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วนักเรียนคิดว่าวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีวิธีการทดลองอย่างไร จงเขียนอธิบายขั้นตอนการทดลองพอสังเขป

5. การดำเนินงานให้สำเร็จ (3 คะแนน)

ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อกำกับติดตามการเรียนรู้ ว่าทำสำเร็จตามแผนดำเนินการเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร พร้อมอธิบายพอสังเขป ดังนี้

การทดลองขั้นที่ ☐ ดำเนินการสำเร็จ
☐ ไม่สามารถดำเนินการสำเร็จ นักเรียนแก้ไขโดย

การทดลองขั้นที่ ☐ ดำเนินการสำเร็จ
☐ ไม่สามารถดำเนินการสำเร็จ นักเรียนแก้ไขโดย

การทดลองขั้นที่ ☐ ดำเนินการสำเร็จ
☐ ไม่สามารถดำเนินการสำเร็จ นักเรียนแก้ไขโดย

การทดลองขั้นที่ ☐ ดำเนินการสำเร็จ
☐ ไม่สามารถดำเนินการสำเร็จ นักเรียนแก้ไขโดย

การทดลองขั้นที่ ☐ ดำเนินการสำเร็จ
☐ ไม่สามารถดำเนินการสำเร็จ นักเรียนแก้ไขโดย

ตารางบันทึกผล (บันทึกผลให้เรียบร้อย)

6. การประเมินผล (3 คะแนน)

6.1) นักเรียนสรุปผลการเรียนรู้ ได้ดังนี้

6.2) จากการสรุปผลการเรียนรู้ในข้อ 6.1) นักเรียนคิดว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร



แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญา

1. ด้านการตระหนักรู้

1.1 การตระหนักรู้ในตนเอง

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	ระบุความรู้ที่สามารถใช้ศึกษาสถานการณ์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ เช่น - แรงดึงดูด (F) มีหน่วยนิวตัน (N) - มวลของวัตถุ (m) มีหน่วยกิโลกรัม (kg) - น้ำหนักของวัตถุ (mg) มีหน่วยนิวตัน (N) - แรงลัพธ์มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์ มากระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุจะเคลื่อนไปในทิศเดียวกันกับแรงลัพธ์ - แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาจะมีขนาดเท่ากันและทิศทางตรงข้ามกัน
2	ระบุความรู้ที่สามารถใช้ศึกษาสถานการณ์ได้ แต่อธิบายสมบูรณ์เพียง สัญลักษณ์หรือหน่วย หรืออธิบาย<u>ไม่</u>สมบูรณ์บางส่วน เช่น - แรง (F) มีหน่วยเป็นนิวตัน - มวล มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) - น้ำหนักของวัตถุ มีหน่วยนิวตัน - เมื่อมีแรงลัพธ์มากระทำวัตถุแล้ววัตถุจะเคลื่อนที่ไปได้ (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด - แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดเท่ากันและทิศทางตรงข้ามกัน
1	ระบุความรู้ที่สามารถใช้ศึกษาสถานการณ์ แต่<u>ไม่</u>อธิบายสัญลักษณ์และ <u>ไม่</u>อธิบายหน่วย หรืออธิบาย<u>ไม่</u>สมบูรณ์หลายส่วน หรือเพียงระบุแต่<u>ไม่ได้</u>อธิบายเลย เช่น - แรง แรงลัพธ์ - มวล น้ำหนักของวัตถุ - แรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าวัตถุเคลื่อนที่ทิศใด) - แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดเท่ากัน (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าทิศ ทางตรงข้ามกันเสมอ)
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

1.2 การตระหนักรู้ในงาน

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	ระบุประเด็นที่สามารถศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ และอธิบาย สมบูรณ์ สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่น - เมื่อวางวัตถุน้ำหนักต่างกันบนพื้นผิวเดียวกัน จะมีผลต่อแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่อย่างไร - เมื่อวางวัตถุน้ำหนักเท่ากันบนพื้นผิวต่างกัน จะมีผลต่อแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่อย่างไร
2	ระบุประเด็นที่สามารถศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ แต่อธิบายยังไม่สมบูรณ์บางส่วน เช่น - เมื่อวางวัตถุน้ำหนักต่างกันบนพื้น จะมีผลต่อแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่อย่างไร (ไม่ได้ระบุพื้นผิวเดียวกัน) - เมื่อวางวัตถุน้ำหนักเท่ากันบนพื้น จะมีผลต่อแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่อย่างไร (ไม่ได้ระบุว่าพื้นผิวต่างกัน)
1	ระบุประเด็นที่สามารถศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ แต่อธิบายยังไม่สมบูรณ์หลายส่วน เช่น - เมื่อวางวัตถุบนพื้นต่าง ๆ แล้วแรงที่ดึงให้วัตถุเคลื่อนเป็นอย่างไร <u>หรือ</u> - เมื่อวางวัตถุบนพื้นผิวต่างกัน แล้วแรงที่ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นอย่างไร (ไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับน้ำหนัก ว่าเท่ากันหรือต่างกัน และ ไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับพื้นผิว ว่าเหมือนกันหรือต่างกัน)
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

1.3 การตระหนักรู้ในกลวิธี

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วอธิบายขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้องทุกขั้นตอนสอดคล้องกัน เช่น - เลือกประเด็นวางวัตถุมวลต่างกันบนพื้นผิวเดียวกัน แล้วจะใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเป็นเท่าใด หรือ - เลือกประเด็นวางวัตถุมวลเท่ากันบนพื้นผิวต่างกัน แล้วจะใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเป็นเท่าใด
2	เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วระบุขั้นตอนการทดลองได้ แต่อธิบาย<u>ไม่</u>สมบูรณ์บางส่วน เช่น - เลือกประเด็นวางวัตถุมวลต่างกันบนพื้น แล้วจะใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเป็นอย่างไร (ไม่ได้อธิบายให้สมบูรณ์ว่าต้องเป็นพื้นผิวเดียวกัน) หรือ - เลือกประเด็นวางวัตถุมวลเท่ากันบนพื้น แล้วใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่มีค่าเท่าใด (ไม่ได้อธิบายให้สมบูรณ์ว่าต้องเป็นพื้นผิวต่างกัน)
1	เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วระบุขั้นตอนการทดลองได้ แต่อธิบาย<u>ไม่</u>สมบูรณ์หลายส่วน เช่น - การวางวัตถุบนพื้น แล้ววัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีค่าเท่าใด (ไม่ได้อธิบายให้สมบูรณ์ว่าวัตถุมีมวลเท่ากันหรือต่างกัน) ไม่ได้อธิบายว่าวางวัตถุบนพื้นผิวเดียวกันหรือต่างกัน และไม่ได้ระบุอุปกรณ์วัดขนาดของแรงดึง)
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. ด้านการกำกับควบคุมตนเอง

2.1 การทำแผนดำเนินงาน

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	ระบุวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผล ที่มีหน่วยกำกับได้ถูกต้อง และสอดคล้องกัน เช่น - ศึกษาการวางวัตถุมวลต่างกันบนพื้นผิวเดียวกัน แรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเท่ากันหรือไม่ โดยจะทดลองวางวัตถุมวลต่างกันบนพื้นผิวเดียวกัน จากนั้นใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเป็นเท่าใด หรือ - ศึกษาการวางวัตถุมวลเท่ากันบนพื้นผิวต่างกัน แรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเท่ากันหรือไม่ โดยจะทดลองวางวัตถุมวลเท่ากันบนพื้นผิวต่างกัน จากนั้นใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเป็นเท่าใด
2	ระบุวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลที่มีหน่วยกำกับถูกต้อง สอดคล้องกัน แต่อธิบายยังไม่สมบูรณ์บางส่วน เช่น - ศึกษาการวางวัตถุมวลต่างกันบนพื้น แรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเป็นอย่างไร โดยจะทดลองวางวัตถุมวลต่างกันบนพื้น จากนั้นใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่ (ไม่ได้อธิบายให้สมบูรณ์ว่าต้องเป็นพื้นผิวเดียวกัน) หรือ - ศึกษาการวางวัตถุมวลเท่ากันบนพื้น แรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะมีขนาดเป็นอย่างไร โดยจะทดลองวางวัตถุมวลเท่ากันบนพื้น จากนั้นใช้ตาชั่งสปริงวัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่ (ไม่ได้อธิบายให้สมบูรณ์ว่าต้องเป็นพื้นผิวต่างกัน หรือ) ตารางบันทึกผลอาจจะระบุหน่วยไม่สมบูรณ์บางส่วน)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	ระบุวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลแต่อาจจะ<u>ไม่</u>สอดคล้องกันบ้าง และอธิบายยัง<u>ไม่</u>สมบูรณ์หลายส่วน เช่น - ศึกษาการวางวัตถุต่าง ๆ กัน บนพื้นผิว แรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไร โดยจะวางวัตถุบนพื้น แล้ววัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่ <u>ไม่ได้</u>อธิบายให้สมบูรณ์ว่าจะวางวัตถุมวลต่างกัน บนพื้นผิวเดียวกัน <u>ไม่ได้</u>ระบุอุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดึง ตารางระบุหน่วย<u>ไม่</u>ถูกต้องหรือ<u>ไม่ได้</u>ระบุหน่วย) <u>หรือ</u> - ศึกษาการวางวัตถุบนพื้นต่าง ๆ แรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไร โดยวางวัตถุบนพื้นต่าง ๆ กัน แล้ววัดแรงที่ใช้ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่ <u>ไม่ได้</u>อธิบายให้สมบูรณ์ว่าจะวางวัตถุมวลเท่ากันหรือต่างกัน <u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าจะวางวัตถุบนพื้นผิวเดียวกันหรือต่างกัน <u>ไม่ได้</u>ระบุอุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดึง ตารางบันทึกผล<u>ไม่</u>ระบุหน่วยหรือหน่วย<u>ไม่</u>ถูกต้องหลายส่วน))
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2.2 การดำเนินการให้สำเร็จ

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	- ระบุว่า มีขั้นตอนที่ทำสำเร็จ จึงบันทึกผลอย่างถูกต้อง และทำขั้นตอนถัดไป จนครบทุกขั้นตอน - ระบุว่า มีขั้นตอนที่ทำไม่สำเร็จ แล้วบอกวิธีแก้ไข เช่น ปรึกษาในกลุ่ม ปรึกษาครู เพื่อหาวิธีการแก้ไขที่เหมาะสม เช่น เปลี่ยนอุปกรณ์ทดลอง ปรับปรุงขั้นตอนทดลอง ฯลฯ แล้วทำการทดลองซ้ำ จึงบันทึกผลอย่างถูกต้อง และทำขั้นตอนถัดไป จนครบทุกขั้นตอน
2	- ระบุว่า มีขั้นตอนที่ทำสำเร็จ จึงบันทึกผลอย่างถูกต้อง และทำขั้นตอนถัดไป จนครบทุกขั้นตอน - ระบุว่า มีขั้นตอนที่ทำไม่สำเร็จ แต่แก้ไขด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม เช่น ไม่ได้ปรึกษาครู แต่มีการทดลองซ้ำอีกครั้ง จึงบันทึกผล และทำขั้นตอนถัดไป จนครบทุกขั้นตอน
1	- ระบุว่า มีขั้นตอนที่ทำสำเร็จ จึงบันทึกผล (แต่บันทึกไม่ถูกต้อง) และทำขั้นตอนถัดไป จนครบทุกขั้นตอน - ระบุว่า มีขั้นตอนที่ทำไม่สำเร็จ แต่แก้ไขด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม เช่น ไม่ปรึกษาเพื่อน ไม่ได้ปรึกษาครู แต่ข้ามขั้นตอนการทดลองนั้นไป ไม่มีการทดลองซ้ำ แล้วจึงบันทึกผล (แต่บันทึกไม่ถูกต้อง) ฯลฯ และจึงทำขั้นตอนถัดไป จนครบทุกขั้นตอน
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

2.3 การประเมินผล

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	- สรุปผลการเรียนรู้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดได้ ถูกต้อง สมบูรณ์ เช่น - เมื่อวางวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันบนพื้นผิวเดียวกัน ขนาดของแรงที่ใช้ดึงให้เคลื่อนที่มีค่าไม่เท่ากัน โดยขนาดแรงดึงแปรผันตรงกับน้ำหนักวัตถุ - เมื่อวางวัตถุที่มีน้ำหนักเท่ากันบนพื้นผิวที่ต่างกัน ขนาดของแรงที่ใช้ดึงให้เคลื่อนที่มีค่าไม่เท่ากัน โดยขนาดแรงดึงแปรผันตรงกับความหยาบของผิวสัมผัส - นักเรียนสามารถประเมินสรุปผลการเรียนรู้ กับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ว่าสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร
2	- สรุปผลการเรียนรู้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดได้ แต่ ข้อความที่สรุปยังไม่สมบูรณ์บางส่วน เช่น - เมื่อวางวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันบนพื้น ขนาดของแรงที่ใช้ดึงให้เคลื่อนที่มีค่าแปรผันตรงกับน้ำหนักของวัตถุ - เมื่อวางวัตถุที่มีน้ำหนักเท่ากันบนพื้น ขนาดแรงที่ใช้ดึงให้เคลื่อนที่มีค่าแปรผันตรงกับความหยาบของผิวสัมผัส (ไม่ได้ระบุพื้นผิวเดียวกัน) - นักเรียนสามารถประเมินสรุปผลการเรียนรู้ กับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ว่าสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร
1	- สรุปผลการเรียนรู้ได้ แต่อาจจะไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์บางส่วน หรือข้อความที่สรุปยังไม่สมบูรณ์หลายส่วน เช่น - เมื่อวางวัตถุบนพื้น แรงที่ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่จะไม่เท่ากัน (ไม่ได้ระบุทั้งน้ำหนักของวัตถุและพื้นผิวสัมผัส) - แรงที่ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่ ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุ (แต่จุดประสงค์กำหนดศึกษาเกี่ยวกับพื้นผิวที่แตกต่างกัน) - นักเรียนสามารถประเมินสรุปผลการเรียนรู้ กับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ว่าสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา
เรื่อง แรงเสียดทาน

คำชี้แจง ผู้ประเมินทำการประเมินความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้ โดยใช้ข้อมูลในแบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญาในการเรียนรู้

กลุ่มที่	คะแนนความสามารถด้านอภิปัญญา						รวมคะแนน
	การตระหนักรู้			การกำกับควบคุมตนเอง			ความสามารถ
	การตระหนักรู้ ในตนเอง (3 คะแนน)	การตระหนักรู้ ในงาน (3 คะแนน)	การตระหนักรู้ ในกลวิธี (3 คะแนน)	การทำแผน ดำเนินงาน (3 คะแนน)	การดำเนินงานให้ สำเร็จ (3 คะแนน)	การประเมินผล (3 คะแนน)	ด้านอภิปัญญา (18 คะแนน)

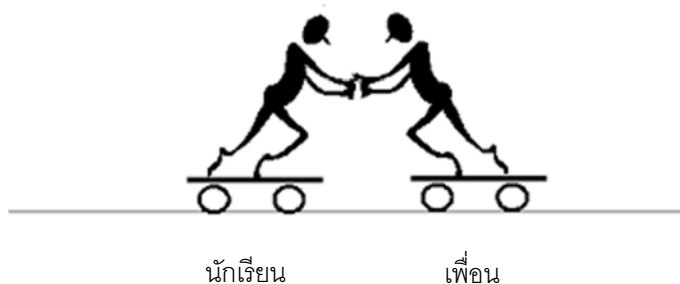
ลงชื่อผู้ประเมิน.....
(.....)



ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม ข้อที่ 1-6

สถานการณ์ นักเรียนกับเพื่อน ยืนบนสเก็ตบอร์ด หันหน้าเข้าหากัน
จับมือประสานกัน ดังรูป
เมื่อนักเรียนออกแรงดึงหรือแรงผลักมือเพื่อน ผลจะเป็นอย่างไร



จงออกแบบแผนดำเนินการเรียนรู้ เพื่อตอบคำถามของสถานการณ์นี้

กำหนดอุปกรณ์ คือ สเก็ตบอร์ด 2 อัน แก้วมีล้อ 2 ตัว และเครื่องชั่งสปริง 2 อัน

คำถาม

1. นักเรียนคิดว่าความรู้วิทยาศาสตร์เดิมที่เคยเรียนมามีอะไรบ้าง ที่สามารถนำมาใช้เรียนรู้สถานการณ์นี้ได้ จงเขียนอธิบายความรู้เดิมพอสังเขป (ระบความรู้เดิม 3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าประเด็นสำคัญที่สามารถเรียนรู้จากสถานการณ์ มีกี่ประเด็น อะไรบ้าง จงเขียนอธิบายประเด็นสำคัญพอสังเขป (ระบุประเด็นสำคัญ 3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2. เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วนักเรียนคิดว่าวิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นที่เลือกมา มีขั้นตอนการทดลองอย่างไร จงเขียนอธิบายขั้นตอนการทดลองพอสังเขป (ระบุขั้นตอนการทดลอง 3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

4. จากข้อ 1-3 นักเรียนจะวางแผนดำเนินการเรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมา 1 ประเด็น อย่างไร
จงเขียนอธิบายพอสังเขป ดังนี้ (ระบุแผนดำเนินการเรียนรู้ 3 คะแนน)

4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.3 ออกแบบตารางบันทึกผล (ไม่ต้องบันทึกผล)

5. จากข้อ 4 ถ้านักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่วางไว้

นักเรียนจะมีวิธีการติดตามความสำเร็จของการทดลองแต่ละขั้นตอนอย่างไร

จงเขียนอธิบายพอสังเขปในประเด็นดังนี้ (ระบุวิธีการติดตามความสำเร็จ 3 คะแนน)

5.1 ถ้านักเรียนสามารถทำการทดลองขั้นตอนใดได้สำเร็จ นักเรียนจะมีวิธีดำเนินการอย่างไร
เพื่อแสดงให้เห็นว่าทำการทดลองขั้นตอนนั้นได้สำเร็จ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5.2 ถ้านักเรียนไม่สามารถทำการทดลองขั้นตอนใดให้สำเร็จ นักเรียนจะมีวิธีดำเนินการอย่างไร
เพื่อแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทำการทดลองขั้นตอนนั้นได้ และจะมีวิธีการแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. นักเรียนจะมีวิธีการสรุปผลการเรียนรู้อย่างไร และมีวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ว่าบรรลุตาม

วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร จงเขียนอธิบายวิธีการมาพอสังเขป ดังนี้

(ระบุวิธีการสรุปและวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ 3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนนสถานการณ์ที่ 1 (ข้อ 1-6)

แนวคำตอบ ข้อ 1

- แรง (F) มีหน่วยนิวตัน (N) , น้ำหนักของวัตถุ (mg) มีหน่วยนิวตัน (N)
- แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงข้ามกัน โดยแรงกิริยา คือแรงที่มือเรากระทำต่อมือเพื่อน ส่วนแรงปฏิกิริยา คือ แรงจากมือเพื่อนกระทำต่อมือเรา
- เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์มากระทำวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกับทิศของแรงลัพธ์ที่มากระทำ

เกณฑ์การให้คะแนน (การตระหนักรู้ในตนเอง)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	- ระบุปริมาณที่เกี่ยวข้อง พร้อมบอกสัญลักษณ์และหน่วยได้สมบูรณ์ เช่น - แรง (F) มีหน่วยนิวตัน (N) , น้ำหนักของวัตถุ (mg) มีหน่วยนิวตัน (N) - ระบุความรู้ที่สามารถใช้ศึกษาสถานการณ์ได้ และอธิบายได้สมบูรณ์ เช่น - แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงข้ามกัน - เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้และวัตถุจะเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับทิศของแรงลัพธ์
2	- ระบุปริมาณที่เกี่ยวข้อง แต่อธิบายเพียงสัญลักษณ์หรือหน่วย เช่น - แรงมีหน่วยนิวตัน , น้ำหนักของวัตถุ มีหน่วยนิวตัน - ระบุความรู้ที่สามารถใช้ศึกษาสถานการณ์ได้ แต่อธิบายยังไม่สมบูรณ์บางส่วน เช่น - แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีขนาดเท่ากัน - แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยามีทิศทางตรงข้ามกัน - แรงลัพธ์ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ (ไม่ได้อธิบายให้สมบูรณ์ว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด)
1	- ระบุเพียงความรู้ที่สามารถใช้ศึกษาสถานการณ์ได้ แต่อธิบายยังไม่สมบูรณ์หลายส่วน หรือเพียงระบุแต่<u>ไม่ได้</u>อธิบายเลย เช่น - แรงกิริยา แรงปฏิกิริยา แรงลัพธ์ - แรงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ (ไม่ได้อธิบายขนาดและทิศทางของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา และไม่ได้อธิบายว่าแรงลัพธ์ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด)
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

แนวคำตอบ ข้อ 2

ประเด็นสำคัญที่สามารถเรียนรู้ได้ คือ

- เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน จะมีแรงตอบได้จากมือเพื่อนกลับมาที่มือเราด้วยแรงขนาดเท่าใด
- เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน จะมีแรงตอบได้จากมือเพื่อนกลับมาที่มือเราในทิศทางใด
- เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน จะทำให้เกิดบอร์ดเคลื่อนที่ในทิศทางใด

เกณฑ์การให้คะแนน (การตระหนักรู้ในงาน)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	ระบุประเด็นที่สามารถศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ และอธิบายสมบรูณ์สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่น - เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบได้กลับมาที่มือเราด้วยแรงขนาดเท่าใด - เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบได้กลับมาที่มือเราในทิศทางใด
2	ระบุประเด็นที่สามารถศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนด แต่อธิบายยัง ไม่ สมบรูณ์บางส่วน เช่น - เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบได้กลับมาที่มือเราเท่าใด (<u>ไม่ได้</u>อธิบายให้ชัดเจนเกี่ยวกับขนาดของแรงตอบได้) - เมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบได้กลับมาที่มือเราอย่างไร (<u>ไม่ได้</u>อธิบายให้ชัดเจนเกี่ยวกับทิศทางของแรงตอบได้)
1	ระบุประเด็นที่สามารถศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนด แต่อาจจะอธิบาย ไม่ สมบรูณ์หลายส่วน เช่น - เมื่อออกแรงดึงมือเพื่อน ผลจะเป็นอย่างไร - เมื่อออกแรงดึงมือเพื่อน จะมีการเคลื่อนที่อย่างไร (<u>ไม่ได้</u> อธิบายขนาดและทิศทางของแรงตอบได้ และ <u>ไม่ได้</u> อธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสเก็ทบอร์ด)
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

แนวคำตอบ ข้อ 3

- เลือกประเด็นการออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบได้จากมือเพื่อนกลับมาที่มือเรา ด้วยแรงขนาดเท่าใด มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. นักเรียน 2 คน นั่งบนเก้าอี้มีล้อเลื่อน แล้วหันหน้าเข้าหากัน
2. นักเรียนถือเครื่องชั่งสปริงคนละ 1 อัน ใช้ตะขอเครื่องชั่งสริงเกี่ยวกัน
3. นักเรียนคนซ้ายดึงเครื่องชั่งสปริงด้วยแรงดึง 10 นิวตัน คนขวานั่งเฉย ๆ

แล้วเพื่อนคนที่ 3 อ่านค่าขนาดของแรงดึงกลับจากเครื่องชั่งสปริงของคนด้านขวา แล้วบันทึกผล

4. ทำซ้ำข้อ 3 แต่เปลี่ยนขนาดแรงดึงเป็น 20 และ 30 นิวตัน ตามลำดับ

หรือ

- เลือกประเด็นการออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบได้จากมือเพื่อนกลับมาที่มือเรา ในทิศทางใด มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. นักเรียน 2 คน นั่งบนเก้าอี้มีล้อเลื่อนแล้วหันหน้าเข้าหากัน
2. นักเรียนคนซ้ายออกแรงเพียงเล็กน้อยดึงมือคนด้านขวา คนขวานั่งเฉย ๆ สังเกตทิศทางของแรงตอบได้จากมือคนด้านขวา และสังเกตทิศทางการเคลื่อนที่ของเก้าอี้ แล้วบันทึกผล
3. ทำซ้ำข้อ 2 แต่ให้คนด้านซ้ายดึงมือคนด้านขวาแรงขึ้น สังเกตทิศทางของแรงตอบได้จากมือคนด้านขวา แล้วบันทึกผล

เกณฑ์การให้คะแนน (การตระหนักรู้ในกลวิธี)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วอธิบายขั้นตอนการทดลองได้ถูกต้อง ทุกขั้นตอนสอดคล้องกัน เช่น - ระบุขั้นตอนทดลองเมื่อเราใช้มือออกแรงดึงมือเพื่อนด้วยแรงขนาดต่าง ๆ จะมีแรงตอบได้กลับมาที่มือเราขนาดเท่าใด โดยให้เราและเพื่อนใช้มือจับตาชั่งสปริงตึงกันและกัน แล้วอ่านค่าแรงดึงของเราและของเพื่อนมี <u>ขนาดเท่าใด</u> <u>หรือ</u> - ระบุขั้นตอนทดลองเมื่อเราใช้มือออกแรงดึงมือเพื่อนด้วยแรงขนาดต่าง ๆ จะมีแรงตอบได้กลับมาที่มือเราทิศทางใด โดยจะสังเกตแรงตอบได้กลับมาที่มือเรามี<u>ทิศทางใด</u>

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
2	เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วระบุขั้นตอนการทดลองได้ แต่อธิบาย<u>ไม่</u>สมบูรณ์บางส่วน เช่น - ระบุขั้นตอนทดลองเมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบโต้กลับมาที่มือเราเท่าใด โดยให้เราและเพื่อนจับตาชั่งสปริงดึงกันและกัน (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าจะวัด<u>ขนาด</u>ของแรงได้กลับมาจากมือเพื่อน) หรือ - ระบุขั้นตอนทดลองเมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบโต้กลับมาที่มือเราอย่างไร โดยให้เราและเพื่อนออกแรงดึงกันและกัน สังเกตผล (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าสังเกต<u>ทิศทาง</u>ของแรงจากมือเราและแรงตอบโต้จากมือเพื่อน)
1	เลือกประเด็นสำคัญมา 1 ประเด็น แล้วระบุขั้นตอนการทดลองได้ แต่อธิบาย<u>ไม่</u>สมบูรณ์หลายส่วน เช่น - ระบุขั้นตอนทดลองเมื่อเราออกแรงกระทำมือเพื่อน ผลจะเป็นอย่างไร โดยให้เราและเพื่อนออกแรงกระทำกันและกัน แล้วสังเกตแรงที่เกิดขึ้น (<u>ไม่ได้</u>อธิบายชัดเจนว่าจะวัด<u>ขนาด</u>ของแรงได้กลับมาจากมือเพื่อน และ<u>ไม่ได้</u>ระบุอุปกรณ์ที่ใช้วัดขนาดของแรง) หรือ - ระบุขั้นตอนทดลองเมื่อเราออกแรงกระทำเพื่อน แล้วสังเกตบอร์ดเคลื่อนที่อย่างไร โดยให้เราและเพื่อนออกแรงกระทำกันและกัน และสังเกตการเคลื่อนที่ (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าจะออกแรงดึง / แรงผลัก และ<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าจะสังเกต<u>ทิศทาง</u>การเคลื่อนที่ของสเก็ตบอร์ด)
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

แนวคำตอบ ข้อ 4

- เลือกประเด็นการออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบโต้จากมือเพื่อนกลับมาที่มือเรา ด้วยแรงขนาดเท่าใด

4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาการออกแรงดึงมือเพื่อนด้วยแรงขนาดต่าง ๆ แล้วจะมีแรงตอบโต้จากมือเพื่อนกลับมาที่มือเราด้วยแรงขนาดเท่าใด

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นักเรียน 2 คน ถือตราชั่งสปริงคนละ 1 อัน นั่งบนเก้าอี้หันหน้าเข้าหากัน
2. นักเรียนใช้ตะขอเครื่องชั่งสปริงเกี่ยวกัน
3. นักเรียนคนด้านซ้ายดึงเครื่องชั่งสปริงด้วยแรงเบา ๆ คนด้านขวานั่งเฉย ๆ

อ่านค่าขนาดแรงดึงคนด้านซ้าย และค่าขนาดแรงดึงกลับของคนด้านขวา แล้วบันทึกผล

4. ทดลองซ้ำข้อ 3 แต่เปลี่ยนขนาดแรงดึงให้มากขึ้น

4.3 ตารางบันทึกผล

ขนาดแรงที่เราดึงมือเพื่อน (นิวตัน)	ขนาดแรงตอบโต้จากมือเพื่อน (นิวตัน)

หรือ - เลือกประเด็นการออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบโต้จากมือเพื่อนกลับมาที่มือเรา จะมีทิศทางใด ทำให้สเก็ทบอร์ดเคลื่อนที่อย่างไร

4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง เพื่อศึกษาการออกแรงดึงมือเพื่อนด้วยแรงขนาดต่าง ๆ แล้วจะมีแรงตอบโต้จากมือเพื่อนกลับมาที่มือเราในทิศทางใด

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นักเรียน 2 คน นั่งบนเก้าอี้ มือจับประสานกัน
2. นักเรียนคนด้านซ้ายออกแรงดึงมือคนด้านขวาเบา ๆ คนด้านขวานั่งเฉย ๆ จากนั้นสังเกตทิศทางของแรงตอบโต้จากมือคนด้านขวาและสังเกตทิศทางการเคลื่อนที่ของเก้าอี้ บันทึกผล

3. ทดลองซ้ำข้อ 2 แต่ให้คนด้านซ้ายดึงมือคนด้านขวาแรงขึ้นอีก สังเกตทิศทางของแรงตอบโต้จากมือคนด้านขวา และสังเกตทิศทางการเคลื่อนที่ของเก้าอี้ แล้วบันทึกผล

4.3 ออกแบบตารางบันทึกผล

แรงที่เราดึงมือเพื่อน	ทิศทางแรงของมือเพื่อน	ทิศทางแรงตอบโต้ของมือเพื่อน
ดึงเบา ๆ		
ดึงแรงขึ้น		

เกณฑ์การให้คะแนน (การวางแผน)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	ระบุวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลที่มีหน่วยกำกับได้ถูกต้อง และสอดคล้องกัน เช่น - ศึกษาว่าเมื่อออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบโต้กลับมาที่มือเราด้วย <u>แรงขนาดเท่าใด</u> โดยให้เราและเพื่อนใช้มือจับตาชั่งสปริงดึงกันและกันด้วยแรงขนาดต่าง ๆ แล้วอ่านค่าแรงดึงของเราและของเพื่อน <u>หรือ</u> - ศึกษาว่าเมื่อออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบโต้ที่มือเราใน <u>ทิศทางใด</u> โดยให้เราและเพื่อนออกแรงดึงมือกันและกันด้วยแรงขนาดต่าง ๆ แล้วสังเกตทิศทางของแรงจากมือเราและแรงตอบโต้จากมือเพื่อน
2	ระบุวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลที่มีหน่วยกำกับถูกต้อง สอดคล้องกัน แต่อธิบายยัง <u>ไม่</u> สมบูรณ์บางส่วน เช่น - ศึกษาว่าเมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบโต้กลับมาที่มือเราเท่าใด โดยให้เราและเพื่อนจับตาชั่งสปริงดึงกันและกัน (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าจะวัด <u>ขนาด</u>ของแรงได้กลับมาจากมือเพื่อน) <u>หรือ</u> - ศึกษาว่าเมื่อเราออกแรงดึงมือเพื่อน แล้วจะมีแรงตอบโต้กลับมาที่มือเราอย่างไร โดยให้เราและเพื่อนออกแรงดึงกันและกัน แล้วสังเกตผล (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าสังเกต <u>ทิศทาง</u>ของแรงจากมือเราและแรงตอบโต้จากมือเพื่อน)
1	ระบุวัตถุประสงค์การทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และออกแบบตารางบันทึกผลแต่อาจจะ <u>ไม่</u> สอดคล้องกันบ้าง และอธิบายยัง <u>ไม่</u> สมบูรณ์หลายส่วน เช่น - ศึกษาว่าเมื่อเราออกแรงกระทำมือเพื่อน ผลจะเป็นอย่างไร โดยให้เราและเพื่อนออกแรงกระทำกันและกัน แล้วสังเกตแรงที่เกิดขึ้น - ศึกษาว่าเมื่อเราออกแรงกระทำเพื่อน แล้วสังเกตบอร์ดเคลื่อนที่อย่างไร โดยให้เราและเพื่อนออกแรงกระทำกันและกัน และสังเกตการเคลื่อนที่ (<u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าจะออกแรงดึง / แรงผลัก) <u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าจะวัด <u>ขนาด</u>ของแรง <u>ไม่ได้</u>ระบุอุปกรณ์ที่ใช้วัดขนาดแรง <u>ไม่ได้</u>อธิบายว่าจะสังเกต <u>ทิศทาง</u>การเคลื่อนที่ของสเก็ตบอร์ด (ตารางระบุหน่วยไม่ถูกต้องหรือไม่ได้ระบุหน่วย)
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

แนวคำตอบ ข้อ 5

- เมื่อปฏิบัติการทดลองแล้วมั่นใจว่าขั้นตอนใดทำได้สำเร็จ จะเขียนกำกับหรือทำเครื่องหมาย เพื่อแสดงว่าขั้นตอนนั้นว่าทำได้สำเร็จ แล้วจึงบันทึกผลการทดลอง จากนั้นจึงปฏิบัติการทดลองในขั้นตอนต่อไป จนครบ

- เมื่อปฏิบัติการทดลองแล้วพบว่าขั้นตอนใดที่ไม่สำเร็จ จะเขียนกำกับหรือทำเครื่องหมายเพื่อแสดงว่าขั้นตอนนั้นว่าทำไม่สำเร็จ จากนั้นจะแก้ไขด้วยวิธีการปรึกษามาชิกในกลุ่ม หรือปรึกษาครู เพื่อปรับปรุงขั้นตอนการทดลอง เปลี่ยนอุปกรณ์การทดลอง เปลี่ยนผู้ทดลอง ฯลฯ แล้วปฏิบัติการทดลองซ้ำอีกครั้ง จนมั่นใจว่าทำได้สำเร็จ แล้วจึงบันทึกผลการทดลอง จากนั้นจึงปฏิบัติการทดลองในขั้นตอนต่อไป จนครบ

เกณฑ์การให้คะแนน (การกำกับติดตาม)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	- ระบุวิธีการที่แสดงว่าทดลองขั้นตอนใดสำเร็จ เช่น การทำเครื่องหมายกำกับว่าทำสำเร็จ และอธิบายว่าจากนั้นจะบันทึกผลทดลอง แล้วทำการทดลองต่อไปจนครบ - ระบุวิธีการที่แสดงว่าทดลองขั้นตอนใด<u>ไม่</u>สำเร็จ เช่น การทำเครื่องหมายกำกับว่าทำ<u>ไม่</u>สำเร็จ แล้วบอกวิธีการหาแนวทางแก้ไข เช่น ปรึกษามาชิกปรึกษาครู ฯลฯ แล้วปรับปรุงขั้นตอนทดลองและทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง แล้วจึงบันทึกผลทดลอง และทำการทดลองต่อไปจนครบ
2	- ระบุวิธีการที่แสดงว่าทดลองขั้นตอนใดสำเร็จ เช่น การทำเครื่องหมายกำกับว่าทำสำเร็จ และอธิบายว่าจากนั้นจะบันทึกผลทดลอง แล้วทำการทดลองต่อไปจนครบ - ระบุวิธีการที่แสดงว่าทดลองขั้นตอนใด<u>ไม่</u>สำเร็จ เช่น การทำเครื่องหมายกำกับว่าทำ<u>ไม่</u>สำเร็จ แล้วบอกวิธีการหาแนวทางแก้ไข เช่น ปรึกษามาชิกหรือปรึกษาครู ฯลฯ แล้วปรับปรุงขั้นตอนทดลอง และจึงทดลองต่อไปจนครบ (ไม่ได้อธิบายว่าจะทดลองซ้ำจึงบันทึกผล และทำการทดลองต่อไปจนครบ)
1	- ระบุเพียงขั้นตอนที่ทำสำเร็จ (ไม่ได้อธิบายว่าจะทดลองต่อไปอย่างไร) - ระบุเพียงการทำเครื่องหมายกำกับขั้นตอนที่ทำ<u>ไม่</u>สำเร็จ (ไม่ได้บอกวิธีการหาแนวทางแก้ไข และไม่ได้อธิบายว่าจะทดลองซ้ำจึงบันทึกผล และทำการทดลองต่อไปถัดไป)
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

แนวคำตอบ ข้อ 6

วิธีการสรุปผลการเรียนรู้ เช่น

- ข้าพเจ้าจะใช้วิธีปรึกษากันภายในกลุ่ม หรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่มอื่น หรือศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน หรือสอบถามครู ฯลฯ แล้วจึงช่วยกันสรุปผลการเรียนรู้ให้ถูกต้อง

วิธีการประเมินผลการเรียนรู้ เช่น

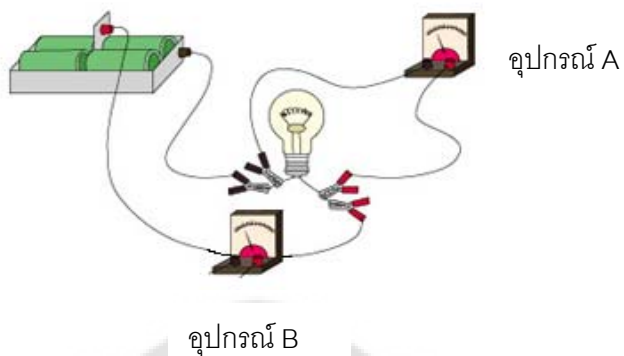
- ข้าพเจ้านำผลการเรียนรู้กลับไปเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ แล้วปรึกษากันภายในกลุ่ม ฯลฯ จากนั้นช่วยกันตรวจสอบว่าผลการเรียนรู้นั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่

เกณฑ์การให้คะแนน (การประเมินผล)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
3	- ระบุวิธีการที่ใช้ในการสรุปผลการเรียนรู้ได้ และอธิบายสมบูรณ์ เช่น ปรึกษากันภายในกลุ่ม แลกเปลี่ยนผลการเรียนรู้กับกลุ่มอื่น ศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือ สอบถามครู ฯลฯ แล้วจึงช่วยกันสรุปผลการเรียนรู้ให้ถูกต้อง - ระบุวิธีการที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ได้ และอธิบายสมบูรณ์ เช่น นำผลการเรียนรู้กลับไปเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ แล้วจะปรึกษากันในกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่มอื่น หรือสอบถามครู ฯลฯ จากนั้นจะช่วยกันตรวจสอบว่าผลการเรียนรู้นั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่
2	- ระบุวิธีการที่ใช้ในการสรุปผลการเรียนรู้ได้ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์บางส่วน เช่น ปรึกษากันภายในกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่มอื่น ศึกษาเพิ่มเติมจากหนังสือ สอบถามครู ฯลฯ แล้วจึงสรุปผลการเรียนรู้ - ระบุวิธีการที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ได้ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์บางส่วน เช่น อธิบายว่าจะปรึกษากันในกลุ่มหรือปรึกษาครู เพื่อช่วยกันตรวจสอบว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่
1	- ระบุวิธีการที่ใช้ในการสรุปผลการเรียนรู้ได้ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์หลายส่วน เช่น ปรึกษากันในกลุ่ม หรือปรึกษาครู - ระบุวิธีการที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ แต่อธิบายไม่สมบูรณ์หลายส่วน เช่น อธิบายเพียงว่าจะปรึกษากันในกลุ่ม หรือ จะดูว่าผลการเรียนรู้อันบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่
0	คำตอบเป็นอย่างอื่น

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จงใช้รูปการต่อวงจรไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยถ่านไฟฉาย หลอดไฟฟ้า อุปกรณ์ A และอุปกรณ์ B ในการตอบคำถามข้อ 1-2



1. อุปกรณ์ A และ B คืออุปกรณ์ใดตามลำดับ

ก. โวลต์มิเตอร์ และแอมมิเตอร์

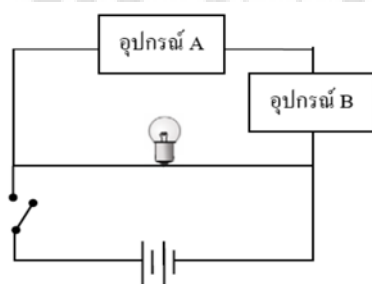
ข. แอมมิเตอร์ และโวลต์มิเตอร์

ค. แอมมิเตอร์ และศักย์มิเตอร์

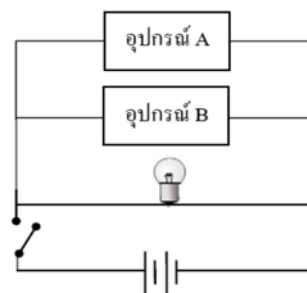
ง. ศักย์มิเตอร์ และแอมมิเตอร์

2. จากรูปที่กำหนดให้ สามารถเขียนเป็นแผนภาพวงจรไฟฟ้าได้ตามข้อใด

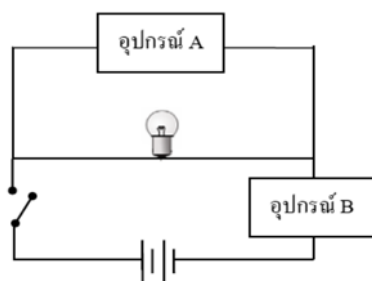
ก.



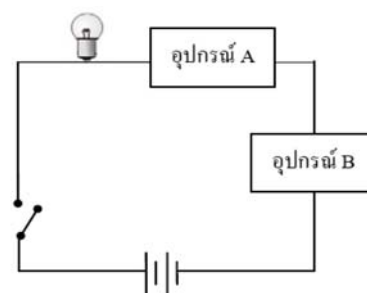
ข.



ค.



ง.



ภาคผนวก ค

การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย



ตาราง 20 ผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A
เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

องค์ประกอบ ที่	องค์ประกอบของรูปแบบ เนื้อหาสาระ	ผลประเมินความสอดคล้อง ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
1	ความเป็นมาและ ความสำคัญ					
	- กล่าวถึงความคาดหวัง ของการจัดการศึกษาเพื่อ ส่งเสริมอภิปัญญาชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- กล่าวถึงความสำคัญของ การพัฒนาด้านอภิปัญญา ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
2	แนวคิดและหลักการ					
	- มีแนวคิดและทฤษฎีการ เรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานพัฒนา รูปแบบฯ ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- มีขั้นตอนและ รายละเอียดการเรียนรู้ตาม รูปแบบที่ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3	จุดมุ่งหมาย					
	- กล่าวถึงการศึกษา ประสิทธิผลของการใช้ รูปแบบที่มีต่อผลการเรียนรู้ ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
4	เนื้อหาสาระ					
	- กำหนดโครงสร้างเนื้อหา ตามตัวชี้วัดและสาระการ เรียนรู้แกนกลางชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 20 (ต่อ)

องค์ประกอบ ที่	องค์ประกอบของรูปแบบ เนื้อหาสาระ	ผลประเมินความสอดคล้อง ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
	- กำหนดหน่วยการเรียนรู้ ตามตัวชี้วัดและสาระการ เรียนรู้แกนกลางชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- กำหนดแผนการเรียนรู้ ตามตัวชี้วัดและสาระการ เรียนรู้แกนกลางชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
5	แนวทางการจัดการเรียนรู้					
	- บอกขั้นตอนและ รายละเอียดการเรียนการ สอนตามรูปแบบฯ ที่ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- บอกบทบาทครู บทบาท นักเรียนในการเรียนการ สอนตามรูปแบบที่ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
6	สื่อการเรียนรู้					
	- กำหนดรายละเอียดของ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- กำหนดรายละเอียดของ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บ รวบรวมข้อมูลชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 20 (ต่อ)

องค์ประกอบ ที่	องค์ประกอบของรูปแบบ เนื้อหาสาระ	ผลประเมินความสอดคล้อง ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
7	แนวทางการวัดประเมินผล การเรียนรู้					
	- บอกวิธีการเก็บรวบรวม ข้อมูลก่อนทดลอง ระหว่าง ทดลอง และหลังทดลอง ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- บอกรายละเอียดของ เครื่องมือที่ใช้ในเก็บรวม รวมข้อมูลชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- บอกเกณฑ์การให้ คะแนนและการตัดสินผล การประเมินที่ชัดเจน	0	1	1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 21 ผลการประเมินความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา ของรูปแบบ
การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา
ตอนต้น

องค์ประกอบ ที่	องค์ประกอบของรูปแบบ เนื้อหาสาระ	ผลการประเมินความ ถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของ ภาษาของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
1	ความเป็นมาและความสำคัญ					
	- กล่าวถึงความคาดหวังของ การจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริม อภิปัญญาชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- กล่าวถึงความสำคัญของ การพัฒนาด้านอภิปัญญา ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
2	แนวคิดและหลักการ					
	- มีแนวคิดและทฤษฎีการ เรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานพัฒนา รูปแบบฯ ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- มีขั้นตอนและรายละเอียด การเรียนรู้ตามรูปแบบที่ ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3	จุดมุ่งหมาย					
	- กล่าวถึงการศึกษา ประสิทธิผลของการใช้รูปแบบ ที่มีต่อผลการเรียนรู้ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 21 (ต่อ)

องค์ประกอบ ที่	องค์ประกอบของรูปแบบ เนื้อหาสาระ	ผลการประเมินความ ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของ ภาษาของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
4	เนื้อหาสาระ					
	- กำหนดโครงสร้างเนื้อหา ตามตัวชี้วัดและสาระการ เรียนรู้แกนกลางชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- กำหนดหน่วยการเรียนรู้ ตามตัวชี้วัดและสาระการ เรียนรู้แกนกลางชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- กำหนดแผนการเรียนรู้ตาม ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ แกนกลางชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
5	แนวทางการจัดการเรียนรู้					
	- บอกขั้นตอนและ รายละเอียดการเรียนการสอน ตามรูปแบบฯ ที่ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- บอกบทบาทครู บทบาท นักเรียนในการเรียนการสอน ตามรูปแบบที่ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 21 (ต่อ)

องค์ประกอบ ที่	องค์ประกอบของรูปแบบ เนื้อหาสาระ	ผลการประเมินความ ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของ ภาษาของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
6	สื่อการเรียนรู้					
	- กำหนดรายละเอียดของ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- กำหนดรายละเอียดของ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บ รวบรวมข้อมูลชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7	แนวทางการวัดประเมินผล การเรียนรู้					
	- บอกวิธีการเก็บรวบรวม ข้อมูลก่อนทดลอง ระหว่าง ทดลอง และหลังทดลอง ชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- บอกรายละเอียดของ เครื่องมือที่ใช้ในเก็บรวบรวม ข้อมูลชัดเจน	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	- บอกเกณฑ์การให้คะแนน และการตัดสินผลการประเมิน ที่ชัดเจน	0	1	1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 22 ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	คนที่				
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 : ความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อการเคลื่อนที่					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 : แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 : แรงเสียดทาน					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 : แรงพุง					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 : โมเมนต์ของแรง					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 : การเคลื่อนที่แนวตรงและแนวโค้ง					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 : งานและกำลัง					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 : พลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 : กฎการอนุรักษ์พลังงาน					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 : ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 : การต่อไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 : การใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้าน					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. สาระสำคัญสอดคล้องกับตัวชี้วัดและ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ตระหนักรู้ มีความ เหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ทำแผนดำเนินงาน มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 ดำเนินงานให้ สำเร็จ มีความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 ประเมินผล มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 ประยุกต์ใช้ มี ความเหมาะสม สอดคล้องจุดประสงค์และรูปแบบ การจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการ ประเมิน
	1	2	3		
8. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
10. ใบความรู้มีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
11. แบบฝึกหัดมีเนื้อหาถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด
12. แบบบันทึกความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสม มากที่สุด
13. แบบประเมินความสามารถด้านอภิปัญญา มีความเหมาะสม สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตาราง 23 ผลการประเมินคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถด้านอภิปัญญา จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และข้อเสนอแนะ

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
สถานการณ์ 1	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-
คำถามข้อ 1	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม จงอธิบายความรู้เดิมพอสังเขป <u>แก้เป็น</u> จงอธิบายพอสังเขป - ผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน เห็นว่าใช้คำเดิมดีแล้วเพื่อให้สอดคล้องกับองค์ประกอบอภิปัญญา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเดิม
คำถามข้อ 2	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม จงอธิบายประเด็นสำคัญพอสังเขป <u>แก้เป็น</u> จงอธิบายพอสังเขป - ผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน เห็นว่าใช้คำเดิมดีแล้วเพื่อให้เกิดความชัดเจนของสิ่งที่ถาม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเดิม
คำถามข้อ 3	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม วิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีขั้นตอนอย่างไร <u>แก้เป็น</u> วิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีขั้นตอนการทดลองอย่างไร ดังนั้น ผู้วิจัยจะปรับตามข้อเสนอแนะ
คำถามข้อ 4	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
คำถามข้อ 5	0	1	1	0.67	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร <u>แก้เป็น</u> นักเรียนจะมีวิธีดำเนินการอย่างไร - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ตัดคำว่า “ตาม” จากเดิม เพื่อแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทำการทดลอง <u>ตาม</u> ขั้นตอนนั้นได้ <u>แก้เป็น</u> เพื่อแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทำการทดลองขั้นตอนนั้นได้ <u>ดังนั้น ผู้วิจัยจะปรับตามข้อเสนอแนะ</u>
คำถามข้อ 6	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 1	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน ให้ปรับภาษาในเกณฑ์เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สรุปได้ดังนี้ 3 คะแนน ระบุได้ และอธิบายได้สมบูรณ์ 2 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายบางส่วนไม่สมบูรณ์ 1 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายหลายส่วนไม่สมบูรณ์ 0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับภาษาจากเดิม แรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์ <u>แก้เป็น</u> เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์มากระทำวัตถุ <u>ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ</u>

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 2	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน ให้ปรับภาษาในเกณฑ์เพื่อให้คะแนนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนี้ 3 คะแนน อธิบายได้สมบูรณ์ 2 คะแนน อธิบายบางส่วนไม่สมบูรณ์ 1 คะแนน อธิบายหลายส่วนไม่สมบูรณ์ 0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 3	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับภาษาในเกณฑ์เพื่อให้คะแนนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนี้ 3 คะแนน เพิ่มคำว่า ทุกขั้นตอนชัดเจน 2 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง 1 คะแนน เพิ่มคำว่า หลายขั้นตอนไม่ชัดเจน 0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ขีดเส้นใต้คำเพื่อความชัดเจนของเกณฑ์ ดังนี้ 3 คะแนน ทุกขั้นตอนชัดเจน 2 คะแนน บางขั้นตอนไม่ชัดเจน 1 คะแนน หลายขั้นตอนไม่ชัดเจน 0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับภาษาจากเดิม ไม่ระบุบทบาทคนด้านขวา แก้เป็น ให้ระบุบทบาทคนด้านขวาอยู่เฉย ๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 4	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. ชิดเส้นได้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการให้คะแนน เช่น ขนาดของแรง ทิศทางของแรง 2. แก้ไขตัวหนาให้เหมือนกันทุกเกณฑ์ เช่น จากเดิม ไม่สมบูรณ์ แก้เป็น ไม่สมบูรณ์ - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับภาษาจากเดิม ไม่ระบุบทบาทคนด้านขวา แก้เป็น ให้ระบุบทบาทคนด้านขวาย้อย ๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 5	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. แก้ไขตัวหนาให้เหมือนกันทุกเกณฑ์ เช่น จากเดิม ไม่สมบูรณ์ ไม่สำเร็จ ไม่อธิบาย แก้เป็น ไม่สมบูรณ์ ไม่สำเร็จ ไม่อธิบาย ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 6	0	1	1	0.67	1	1		1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. ตัดคำว่า “หลากหลายวิธีการ” - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. เกณฑ์ไม่เน้นให้คะแนนที่จำนวนวิธีการ แต่เน้นให้คะแนนที่การอธิบายที่สมบูรณ์ ดังนี้ - วิธีการสรุปฯ เช่น ปรัชญาเพื่อน ปรัชญาครู แล้วช่วยกันสรุปผลการเรียนรู้ให้ถูกต้อง

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
									- วิธีการประเมินฯ เช่น นำผลการเรียนรู้กลับไปเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยกันตัดสินใจว่าสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
สถานการณ์ 2	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-
คำถามข้อ 7	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม จงอธิบายความรู้เดิมพอสังเขป แก้เป็น จงอธิบายพอสังเขป - ผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน เห็นว่าใช้คำเดิมดีแล้วเพื่อให้เกิดความชัดเจนของสิ่งที่ถาม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเดิม
คำถามข้อ 8	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม จงอธิบายประเด็นสำคัญพอสังเขป แก้เป็น จงอธิบายพอสังเขป ผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน เห็นว่าใช้คำเดิมดีแล้วเพื่อให้เกิดความชัดเจนของสิ่งที่ถาม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเดิม
คำถามข้อ 9	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม วิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีขั้นตอนอย่างไร แก้เป็น วิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีขั้นตอนการทดลองอย่างไร ดังนั้น ผู้วิจัยแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
									จากเดิม แรงกิริยา คือแรงที่กล่องกระทำต่อพื้น แก้เป็น แรงกิริยา คือแรงที่น้ำหนักของ กล่องกระทำต่อพื้น จากเดิม แรงเสียดทาน คือแรงต้าน การเคลื่อนที่ แก้เป็น แรงเสียดทาน คือแรงต้าน การเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้ คะแนนข้อ 8	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน ให้ปรับภาษาในเกณฑ์ เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนี้ 3 คะแนน ระบุได้ และอธิบายได้ สมบูรณ์ 2 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายบางส่วน ไม่สมบูรณ์ 1 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายหลายส่วน ไม่สมบูรณ์ 0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้ คะแนนข้อ 9	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับภาษาใน เกณฑ์ เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนี้ 3 คะแนน เพิ่มคำว่าทุกขั้นตอนชัดเจน 2 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง 1 คะแนน เพิ่มคำว่าหลายขั้นตอนไม่ ชัดเจน

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ขีดเส้นใต้คำเพื่อความชัดเจนของเกณฑ์ ดังนี้ 3 คะแนน ทุกขั้นตอนชัดเจน 2 คะแนน บางขั้นตอนไม่ชัดเจน 1 คะแนน หลายขั้นตอนไม่ชัดเจน 0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับภาษา ดังนี้ จากเดิม มีทั้งคำว่า ผลักวัตถุ ดึงวัตถุ แก้เป็น ให้ดึงวัตถุ ให้สอดคล้องกันทั้งหมด ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 10	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. ขีดเส้นใต้คีย์เวิร์ด เพื่อให้ง่ายต่อการให้คะแนน 2. แก้ไขตัวหนาให้เหมือนกันทุกเกณฑ์ เช่น จากเดิม ไม่สมบูรณ์ แก้เป็น ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 11	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. แก้ไขตัวหนาให้เหมือนกันทุกเกณฑ์เช่น จากเดิม ไม่สมบูรณ์ ไม่สำเร็จ ไม่อธิบาย แก้เป็น ไม่สมบูรณ์ ไม่สำเร็จ ไม่อธิบาย ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 12	0	1	1	0.67	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. ตัดคำว่า “หลากหลายวิธีการ” - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. เกณฑ์ไม่เน้นให้คะแนนที่จำนวนวิธีการ แต่เน้นให้คะแนนที่การอธิบายวิธีการที่สมบูรณ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ (ตัวอย่างการแก้ไขตามข้อ 6)
สถานการณ์ 3	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-
คำถามข้อ 13	1	1	1	1	1	1	1	1	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม จงอธิบายความรู้เดิมพอสังเขป แก้ไขเป็น จงอธิบายพอสังเขป - ผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน เห็นว่าใช้คำเดิมดีแล้วเพื่อให้เกิดความชัดเจนของสิ่งที่ถาม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเดิม
คำถามข้อ 14	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม จงอธิบายประเด็นสำคัญพอสังเขป แก้ไขเป็น จงอธิบายพอสังเขป ผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน เห็นว่าใช้คำเดิมดีแล้วเพื่อให้เกิดความชัดเจนของสิ่งที่ถาม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเดิม

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
คำถามข้อ 15	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม วิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีขั้นตอนอย่างไร <u>แก้เป็น</u> วิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีขั้นตอนการทดลองอย่างไร ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
คำถามข้อ 16	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-
คำถามข้อ 17	0	1	1	0.67	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร <u>แก้เป็น</u> นักเรียนจะมีวิธีดำเนินการอย่างไร - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ตัดคำว่า “ตาม” จากเดิม เพื่อแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทำการทดลอง <u>ตาม</u> ขั้นตอนนั้นได้สำเร็จ <u>แก้เป็น</u> เพื่อแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทำการทดลองขั้นตอนนั้นได้สำเร็จ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
คำถามข้อ 18	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 13	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน ให้รับภาษาในเกณฑ์เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สรุปได้ดังนี้ 3 คะแนน ระบุได้ และอธิบายได้ สมบูรณ์ 2 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายบางส่วน ไม่สมบูรณ์ 1 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายหลายส่วน ไม่สมบูรณ์ 0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้รับภาษา ดังนี้ จากเดิม งานในการยกกล่อง (W) เท่ากับ แรงคุณระยะทางตามแนวแรง แก้เป็น งานในการยกกล่อง (W) เท่ากับ แรง (F) คุณระยะทางตามแนวแรง (S) ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 14	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน ให้รับภาษาในเกณฑ์เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สรุปได้ดังนี้ 3 คะแนน ระบุได้ และอธิบายได้ สมบูรณ์ 2 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายบางส่วน ไม่สมบูรณ์ 1 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายหลายส่วน ไม่สมบูรณ์ 0 คะแนน ไม่ต้องปรับปรุง ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 15	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับภาษาในเกณฑ์เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนี้ 3 คะแนน เพิ่มคำว่า ทุกขั้นตอนชัดเจน 2 คะแนน ไม่มีข้อเสนอแนะ 1 คะแนน เพิ่มคำว่า หลายขั้นตอน<u>ไม่</u>ชัดเจน 0 คะแนน ไม่มีข้อเสนอแนะ - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ขีดเส้นใต้คำเพื่อความชัดเจนของเกณฑ์ ดังนี้ 3 คะแนน ทุกขั้นตอนชัดเจน 2 คะแนน บางขั้นตอน<u>ไม่</u>ชัดเจน 1 คะแนน หลายขั้นตอน<u>ไม่</u>ชัดเจน 0 คะแนน ไม่มีข้อเสนอแนะ - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับวิธีทดลอง ดังนี้ จากเดิม ยกถุงทราย ขึ้นวางบนโต๊ะ แก้เป็น ยกถุงทราย จากพื้นขึ้นวางบนโต๊ะ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 16	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. ขีดเส้นใต้คีย์เวิร์ดให้ง่ายต่อการให้คะแนน 2. แก้ไขตัวหนาให้เหมือนกันทุกเกณฑ์ เช่น จากเดิม ไม่สมบูรณ์ แก้เป็น ไม่สมบูรณ์

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่านให้ปรับวิธีทดลองดังนี้ จากเดิม ยกถุงทราย ขึ้นวางบนโต๊ะ แก้เป็น ยกถุงทรายจากพื้นขึ้นวางบนโต๊ะ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 17	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. แก้ไขตัวหนาให้เหมือนกันทุกเกณฑ์ เช่น จากเดิม ไม่สมบูรณ์ ไม่สำเร็จ ไม่อธิบาย แก้เป็น ไม่สมบูรณ์ ไม่สำเร็จ ไม่อธิบาย ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 18	0	1	1	0.67	1	1	1	1.00	ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. ตัดคำว่า “หลากหลายวิธีการ” ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 2. เกณฑ์ไม่เน้นให้คะแนนที่จำนวนวิธีการ แต่เน้นให้คะแนนที่การอธิบายวิธีการที่สมบูรณ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ (ตัวอย่างการแก้ไขตามข้อ 6)
สถานการณ์ 4	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-
คำถามข้อ 19	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษา จากเดิม จงอธิบายความรู้เดิมพอสังเขป แก้เป็น จงอธิบายพอสังเขป

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
									- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เห็นว่าใช้คำเดิมดีแล้วเพื่อให้เกิดความชัดเจนของสิ่งที่ถาม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเดิม
คำถามข้อ 20	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม จงอธิบายประเด็นสำคัญพอสังเขป <u>แก้เป็น</u> จงอธิบายพอสังเขป - ผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน เห็นว่าใช้คำเดิมดีแล้วเพื่อให้เกิดความชัดเจนของสิ่งที่ถาม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเดิม
คำถามข้อ 21	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม วิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีขั้นตอนอย่างไร <u>แก้เป็น</u> วิธีการที่ใช้เรียนรู้ประเด็นสำคัญที่เลือกมามีขั้นตอนการทดลองอย่างไร ดังนั้น ผู้วิจัยจะปรับตามข้อเสนอแนะ
คำถามข้อ 22	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-
คำถามข้อ 23	0	1	1	0.67	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับภาษาจากเดิม นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร <u>แก้เป็น</u> นักเรียนจะมีวิธีดำเนินการอย่างไร - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ตัดคำว่า “ตาม” จากเดิม เพื่อแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทำการทดลองตามขั้นตอนนั้นได้สำเร็จ

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
	0	1	1	0.67	1	1	1	1.00	แก้เป็น เพื่อแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทำการทดลองขั้นตอนนั้นได้สำเร็จ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
คำถามข้อ 24	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	-
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 19	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้รับภาษาในเกณฑ์เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สรุปได้ดังนี้ 3 คะแนน ระบุได้พร้อมอธิบายสัญลักษณ์ และหน่วยได้สมบูรณ์ 2 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายสมบรูณ์เพียงสัญลักษณ์ หรืออธิบายเพียงหน่วย 1 คะแนน ระบุได้ แต่ไม่ได้อธิบายทั้งสัญลักษณ์และหน่วย 0 คะแนน ไม่มีข้อเสนอแนะ - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับเนื้อหา ดังนี้ จากเดิม พลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ พลังงานที่สะสมในวัตถุที่ แก้เป็น พลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ พลังงานที่อยู่ในวัตถุที่ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 20	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน ให้ปรับภาษาในเกณฑ์เพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนี้ 3 คะแนน ระบุได้ และอธิบายได้ สมบูรณ์ 2 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายบางส่วน ไม่สมบูรณ์ 1 คะแนน ระบุได้ แต่อธิบายหลายส่วน ไม่สมบูรณ์ 0 คะแนน ไม่มีข้อเสนอแนะ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 21	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน ให้ปรับภาษาในเกณฑ์ ดังนี้ 3 คะแนน เพิ่มคำว่า ทุกขั้นตอนชัดเจน 2 คะแนน ไม่มีข้อเสนอแนะ 1 คะแนน เพิ่มคำว่า หลายขั้นตอนไม่ชัดเจน 0 คะแนน ไม่มีข้อเสนอแนะ - ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ขีดเส้นใต้คำเพื่อความชัดเจนของเกณฑ์ ดังนี้ 3 คะแนน ทุกขั้นตอนชัดเจน 2 คะแนน บางขั้นตอนไม่ชัดเจน 1 คะแนน หลายขั้นตอนไม่ชัดเจน 0 คะแนน OK แล้ว ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอภิปรายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ												
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC													
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 22	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. ชีตเส้นใต้คือเวิร์ด เพื่อให้ง่ายต่อการให้คะแนน 2. แก้ไขตัวหนาให้เหมือนกันทุกเกณฑ์ เช่น จากเดิม ไม่สมบูรณ์ แก้เป็น ไม่สมบูรณ์ ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอให้ปรับตารางที่ 22.3 ดังนี้ <table><tr><th>ชื่อ</th><th>น้ำหนัก (นิวตัน)</th><th>E_p</th><th>เปรียบเทียบE_p</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ	ชื่อ	น้ำหนัก (นิวตัน)	E_p	เปรียบเทียบ E_p								
ชื่อ	น้ำหนัก (นิวตัน)	E_p	เปรียบเทียบ E_p																		
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 23	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. แก้ไขตัวหนาให้เหมือนกันทุกเกณฑ์ เช่น จากเดิม ไม่สมบูรณ์ ไม่สำเร็จ ไม่อธิบาย แก้เป็น ไม่สมบูรณ์ ไม่สำเร็จ ไม่อธิบาย ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ												

ตาราง 23 (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ความสอดคล้องกับองค์ประกอบของอธิบายจากผู้เชี่ยวชาญคนที่				ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
	1	2	3	IOC	1	2	3	IOC	
เกณฑ์ให้คะแนนข้อ 24	0	1	1	0.67	1	1	1	1.00	- ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 1. ตัดคำว่า “หลากหลายวิธีการ” ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน เสนอดังนี้ 2. เกณฑ์ต้องไม่ให้คะแนนที่จำนวนวิธีการ แต่เน้นที่การอธิบายวิธีการที่สมบูรณ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจะแก้ไขตามข้อเสนอแนะ (ตัวอย่างการแก้ไขตามข้อ 6)

ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์และระดับการวัดของแบบทดสอบ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผลการประเมินความสอดคล้องของ ข้อสอบกับจุดประสงค์และระดับการ วัดของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	0	0.67	สอดคล้อง
5	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
6	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
10	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
11	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
15	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
16	1	1	0	0.67	สอดคล้อง
17	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
20	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินความสอดคล้องของ ข้อสอบกับจุดประสงค์และระดับการ วัดของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
23	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
24	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
25	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
26	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
27	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
28	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
29	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
30	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
31	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
32	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
33	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
34	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
35	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
36	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
37	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
38	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
39	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
40	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
41	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
42	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
43	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
44	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินความสอดคล้องของ ข้อสอบกับจุดประสงค์และระดับการ วัดของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
45	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
46	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
47	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
48	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
49	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
50	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
51	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
52	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
53	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
54	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
55	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
56	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
57	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
58	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
59	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
60	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 25 ค่าดัชนีความถูกต้องของเนื้อหาของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผลการประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
5	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
6	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
10	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
11	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
16	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
20	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
23	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
24	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
25	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
26	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
27	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
28	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
29	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
30	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
31	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
32	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
33	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
34	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
35	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
36	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
37	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
38	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
39	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
40	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
41	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
42	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
43	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
44	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
45	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
46	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินความถูกต้องของเนื้อหา ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
47	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
48	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
49	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
50	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
51	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
52	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
53	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
54	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
55	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
56	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
57	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
58	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
59	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
60	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 26 ค่าดัชนีความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทาง
การเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผลการประเมินความเหมาะสมของภาษา และการนำไปใช้ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
2	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
5	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
6	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
10	1	0	1	0.67	สอดคล้อง
11	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
16	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
17	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
18	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
20	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
21	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินความเหมาะสมของภาษา และการนำไปใช้ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
23	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
24	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
25	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
26	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
27	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
28	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
29	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
30	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
31	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
32	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
33	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
34	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
35	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
36	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
37	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
38	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
39	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
40	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
41	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
42	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
43	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
44	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
45	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินความเหมาะสมของภาษา และการนำไปใช้ของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
46	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
47	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
48	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
49	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
50	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
51	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
52	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
53	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
54	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
55	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
56	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
57	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
58	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
59	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
60	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 27 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอภิปัญญา

สถานการณ์	ข้อที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	การแปลผล	ข้อสอบที่ใช้จริง
1	1	0.41	0.82	ใช้ได้	ใช้
	2	0.35	0.68	ใช้ได้	ใช้
	3	0.35	0.68	ใช้ได้	ใช้
	4	0.39	0.77	ใช้ได้	ใช้
	5	0.37	0.74	ใช้ได้	ใช้
	6	0.23	0.47	ใช้ได้	ใช้
2	7	0.44	0.88	ใช้ได้	ใช้
	8	0.44	0.88	ใช้ได้	ใช้
	9	0.42	0.85	ใช้ได้	ใช้
	10	0.40	0.80	ใช้ได้	ใช้
	11	0.30	0.60	ใช้ได้	ใช้
	12	0.23	0.45	ใช้ได้	ใช้
3	13	0.31	0.62	ใช้ได้	ใช้
	14	0.29	0.58	ใช้ได้	ใช้
	15	0.25	0.50	ใช้ได้	ใช้
	16	0.29	0.58	ใช้ได้	ใช้
	17	0.33	0.67	ใช้ได้	ใช้
	18	0.22	0.44	ใช้ได้	ใช้
4	19	0.22	0.44	ใช้ได้	ใช้
	20	0.31	0.61	ใช้ได้	ใช้
	21	0.24	0.48	ใช้ได้	ใช้
	22	0.32	0.64	ใช้ได้	ใช้
	23	0.33	0.67	ใช้ได้	ใช้
	24	0.24	0.48	ใช้ได้	ใช้

เมื่อนำข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มา 24 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) มีค่าเท่ากับ 0.93

ตาราง 28 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	การแปลผล	ข้อสอบที่ใช้จริง
1	0.47	-0.10	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
2*	0.38	0.36	ใช้ได้	ใช้
3*	0.36	0.32	ใช้ได้	ใช้
4*	0.24	0.53	ใช้ได้	ใช้
5	0.31	0.19	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
6*	0.40	0.35	ใช้ได้	ใช้
7	0.58	0.14	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
8	0.76	-0.34	ใช้ได้	-
9*	0.22	0.41	ใช้ได้	ใช้
10*	0.22	0.32	ใช้ได้	ใช้
11	0.69	-0.19	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
12*	0.36	0.32	ใช้ได้	ใช้
13*	0.60	0.44	ใช้ได้	ใช้
14	0.62	0.03	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
15	0.29	-0.07	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
16*	0.44	0.36	ใช้ได้	ใช้
17*	0.53	0.44	ใช้ได้	ใช้
18	0.38	0.01	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
19*	0.40	0.52	ใช้ได้	ใช้
20	0.40	-0.03	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
21*	0.44	0.36	ใช้ได้	ใช้
22	0.53	0.04	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	การแปลผล	ข้อสอบที่ใช้จริง
23*	0.22	0.41	ใช้ได้	ใช้
24	0.36	0.13	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
25*	0.33	0.38	ใช้ได้	ใช้
26*	0.36	0.62	ใช้ได้	ใช้
27	0.64	-0.06	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
28*	0.27	0.37	ใช้ได้	ใช้
29*	0.47	0.59	ใช้ได้	ใช้
30*	0.53	0.36	ใช้ได้	ใช้
31*	0.38	0.33	ใช้ได้	ใช้
32*	0.38	0.43	ใช้ได้	ใช้
33	0.36	0.41	ใช้ได้	-
34	0.56	0.13	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
35	0.36	0.33	ใช้ได้	-
36	0.47	0.13	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
37*	0.38	0.29	ใช้ได้	ใช้
38*	0.31	0.29	ใช้ได้	ใช้
39*	0.53	0.47	ใช้ได้	ใช้
40	0.60	-0.02	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
41*	0.49	0.36	ใช้ได้	ใช้
42*	0.31	0.40	ใช้ได้	ใช้
43*	0.29	0.58	ใช้ได้	ใช้
44	0.51	0.19	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
45*	0.58	0.35	ใช้ได้	ใช้

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	การแปลผล	ข้อสอบที่ใช้จริง
46*	0.36	0.31	ใช้ได้	ใช้
47	0.49	0.07	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
48*	0.40	0.39	ใช้ได้	ใช้
49	0.22	0.24	ใช้ได้	-
50*	0.62	0.31	ใช้ได้	ใช้
51	0.42	0.18	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
52	0.42	0.54	ใช้ได้	-
53	0.22	0.04	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	-
54*	0.27	0.54	ใช้ได้	ใช้
55*	0.51	0.36	ใช้ได้	ใช้
56*	0.42	0.54	ใช้ได้	ใช้
57	0.33	0.60	ใช้ได้	-
58*	0.33	0.43	ใช้ได้	ใช้
59*	0.62	0.57	ใช้ได้	ใช้
60*	0.49	0.59	ใช้ได้	ใช้

เมื่อคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มา 36 ข้อ แล้วหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) มีค่าเท่ากับ 0.90

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายธนาวุฒิ ลาตวงษ์
วันเดือนปีเกิด	3 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	91 หมู่ 12 บ้านตลาด ตำบลบัวแดง อำเภอปทุมรัตต์ จังหวัดร้อยเอ็ด 45190
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์
สถานที่ทำงาน	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2546	ครุศาสตรบัณฑิต (มัธยมศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2549	ครุศาสตรมหาบัณฑิต (การศึกษาวิทยาศาสตร์) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2559	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ