ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

นิชกานต์ สฤษดิ์ไพศาล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นิชกานต์ สฤษดิ์ไพศาล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....ภัทรภร ชัยประเสริฐ.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

.....ปทองสพ.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....อารมณ์ เพชรชื่น.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น)

.....ภัทรภร ชัยประเสริฐ.....กรรมการ

(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

.....ปทองสพ.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

.....สมศิริ.....กรรมการ

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)

วันที่ 11 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผศ.ดร.ปริญญา ทองสอน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ อีกทั้งให้กำลังใจมาโดยตลอดระยะเวลาในการวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาร่วมสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู และนักเรียน โรงเรียนดาราสมุทรศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการหาคุณภาพของเครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณครอบครัว คณาจารย์ และเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาบุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ ความเมตตากรุณาแก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา จนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยได้ด้วยดี

นิชกานต์ สฤษดิ์ไพศาล

58910200: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ/ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

นิชกานต์ สฤษดิ์ไพศาล: ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (THE EFFECTS OF LEARNING MANAGEMENT USING SCIENTIFIC METHODS WITH HIGHER-ORDER QUESTIONS TO PROMOTE LEARNING ACHIEVEMENT, INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS, AND ANALYTICAL THINKING ABILITY OF 7 GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ภัทรภร ชัยประเสริฐ, วท.ด., ปริญญา ทองสอน, ศษ.ด. 250 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

58910200: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: SCIENTIFIC METHODS WITH HIGHER-ORDER QUESTIONS/ LEARNING ACHIEVEMENT/ INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS/ ANALYTICAL THINKING ABILITY.

NICHAKAN SARIDPAISAN: THE EFFECTS OF LEARNING MANAGEMENT USING SCIENTIFIC METHODS WITH HIGHER-ORDER QUESTIONS TO PROMOTE LEARNING ACHIEVEMENT, INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS, AND ANALYTICAL THINKING ABILITY OF 7 GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: PATTARAPORN CHAIPRASERT, Ph.D., PARINYA THONGSORN, Ph.D. 250 P. 2017.

The purposes of this research were to compare learning achievement, integrated science process skills, and analytical thinking ability of students after using scientific methods with higher-order questions before and after learning, and to compare learning achievement, integrated science process skills, and analytical thinking ability of students after learning with the scientific methods with higher-order questions with 70 percent criteria. The participants were 38 of grade seven students who studied in the second semester of 2016 academic year from Darasamutr Sriracha School using cluster random sampling. The research instruments consist of 1) Scientific methods with higher-order questions lesson plans, 2) Learning Achievement Test, 3) Integrated Science Process Skills Test, and 4) Analytical Thinking Ability Test. The data were statistically analyzed by mean, standard deviation, and t-test.

The results of this study indicated that:

1. Learning achievement, integrated science process skills, and analytical thinking ability after learning with the scientific methods with higher-order questions were higher than before learning with a statistically significant at .05 level.

2. Learning achievement, integrated science process skills, and analytical thinking ability after learning with the scientific methods with higher-order questions were higher than 70 percent criteria with a statistically significant at .05 level.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…….. ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……. จ

สารบัญ…… ฉ

สารบัญตาราง…….. ซ

สารบัญภาพ……. ฎ

บทที่

1 บทนำ……... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……. 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย……... 6

สมมติฐานของการวิจัย……... 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย……. 7

ขอบเขตของการวิจัย…….. 7

กรอบแนวคิดในการวิจัย…… 8

นิยามศัพท์เฉพาะ……... 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……... 13

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551……... 15

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้……... 27

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์…… 35

เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง…… 53

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ
เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง……..... 67

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน…… 70

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์…….. 81

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์…….. 93

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…… 106

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	110
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	110
รูปแบบการวิจัย.....	110
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	111
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	111
วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	129
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	130
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	131
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	135
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	135
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	135
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	136
5 สรุป และอภิปรายผล.....	140
สรุปผลการวิจัย.....	140
อภิปรายผลการวิจัย.....	141
ข้อเสนอแนะ.....	149
บรรณานุกรม.....	150
ภาคผนวก.....	156
ภาคผนวก ก.....	157
ภาคผนวก ข.....	162
ภาคผนวก ค.....	203
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	250

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 สาระการเรียนรู้เรื่องบรรยากาศ..... 24

2-2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง.. 68

3-1 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design..... 111

3-2 การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องบรรยากาศ..... 112

3-3 การวิเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องบรรยากาศ
จำนวน 7 แผน..... 115

3-4 วิเคราะห์ข้อสอบจำแนกตามจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด.. 119

3-5 การกำหนดจำนวนข้อของแบบทดสอบที่ต้องการ ให้สอดคล้องกับ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ต้องการวัด เรื่องบรรยากาศ..... 125

3-6 กำหนดองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์และจำนวนแบบวัดที่ต้องการ..... 128

4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลัง
การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้
คำถามระดับสูง..... 136

4-2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัด
การเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง
เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน)..... 136

4-3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง..... 137

4-4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ
เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
(14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน)..... 138

4-5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน
ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ
เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง..... 138

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (15 คะแนน จากคะแนนเต็ม 21 คะแนน)..... 139

ข-1 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อากาศและบรรยากาศ..... 163

ข-2 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รังสีจากดวงอาทิตย์..... 165

ข-3 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อุณหภูมิของอากาศ..... 167

ข-4 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ความดันอากาศ..... 169

ข-5 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ลม..... 171

ข-6 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ความชื้นของอากาศ..... 173

ข-7 ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง เมฆและฝน..... 175

ข-8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 177

ข-9 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 60 ข้อ..... 180

ข-10 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 30 ข้อ..... 182

ข-11 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับทักษะที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่องบรรยากาศ... 184

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-12 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 30 ข้อ..... 186

ข-13 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 20 ข้อ..... 187

ข-14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมการคิดวิเคราะห์ ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องบรรยากาศ... 189

ข-15 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบ วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 30 ข้อ..... 191

ข-16 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบ วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 21 ข้อ..... 192

ข-17 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)..... 194

ข-18 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ได้จากการทำแบบทดสอบ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)..... 195

ข-19 คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบ วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 21 คะแนน)..... 196

ข-20 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1..... 197

ข-21 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน)..... 198

ข-22 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1..... 199

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-23 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (14 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน)..... 200

ข-24 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1..... 201

ข-25 การคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (15 คะแนนจากคะแนนเต็ม 21 คะแนน)..... 202

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย…….. 8

2-1 ขั้นตอนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์…… 38

2-2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์…….. 44

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ในโลกมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงมากขึ้นในหลายด้านโดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจการค้า ดังจะเห็นได้จากความพยายามแข่งขันกันยกระดับคุณภาพและประสิทธิภาพในการดำเนินกิจการทางเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ ด้วยการยกระดับเทคโนโลยีที่สูงขึ้นควบคู่ไปกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ให้สามารถสร้าง ใช้งาน และทำงานด้วยวิทยาการที่ก้าวหน้าดังกล่าว และเป็นที่เห็นได้อย่างชัดเจนว่า การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีควบคู่ไปกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้สามารถก้าวทันความก้าวหน้าของความรู้นั้น เป็นเงื่อนไขสำคัญที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาประเทศ ทั้งด้านเนื้อหาความรู้ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และในด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นการสร้างประชากรของประเทศให้มีพื้นฐานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์จึงเป็นปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็น (สถาบันทรัพยากรมนุษย์, 2544, หน้า 1) เพราะวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต ซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดแบบมีวิจารณญาณ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2547) ที่ต้องการจะอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยผู้ที่ศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process) ในการสืบเสาะหาความรู้ (Scientific inquiry) การแก้ปัญหา ประกอบด้วย การสังเกต การสำรวจตรวจสอบ (Investigation) การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ การรวบรวมและการอธิบายข้อมูลอย่างมีเหตุผล ซึ่งจะใช้ข้อเท็จจริงมากกว่าการใช้ความรู้สึกหรือสัมผัสอื่น ๆ สุดท้ายเป็นการสรุปข้อมูลดังกล่าวทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มพูนตลอดเวลา (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 บทบัญญัติในหมวดที่ 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 24 ข้อ 2-3 ที่กล่าวสรุปได้ว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้ต้องจัดให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา และจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542, หน้า 8-9) จากบทบัญญัติดังกล่าว ผู้สอนจึงจำเป็นต้องศึกษานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้หรือแนวคิดใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ใน

การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (พรภิมล พรพีรชนม์, 2550, หน้า 155) ซึ่ง หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ก็เป็นกลไกสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วย ให้เกิดผลสำเร็จตามแนวทางการจัดการศึกษา คือมีจุดมุ่งหมายมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมาย เพื่อพัฒนาเยาวชนให้มีความรู้และทักษะ โดยการจัดการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและอาศัย กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น กระบวนการสร้างความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการ เรียนรู้จากประสบการณ์จริง กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และกระบวนการปฏิบัติ (วิไลวรรณ แสนพาน, 2555, หน้า 88-89) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์หลายท่านก็เห็นพ้องต้องกันว่า การสอน วิทยาศาสตร์จะประสบผลสำเร็จถ้าใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544) การใช้ทักษะต่าง ๆ โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับ การสังเกต การคิดวิเคราะห์ และการปฏิบัติทดลอง (สถาบันทรัพยากรมนุษย์, 2544, หน้า 145) ถือเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงควรเน้นการสอนผู้เรียนให้รู้จักและใช้ทักษะ เหล่านี้ในการแสวงหาความรู้ต่าง ๆ การได้มาซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นอกเหนือ ไปจากการได้ข้อเท็จจริงทางเนื้อหาวิชา ถือเป็นคุณค่าสูงสุดของการเรียนวิทยาศาสตร์ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544) ดังนั้นผู้สอนจึงจำเป็นต้องศึกษาทำความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อ สามารถเลือกใช้กระบวนการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แต่ในปัจจุบันพบว่าการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น ไม่ประสบ ผลสำเร็จเท่าที่ควร มีปัญหาขาดแคลนครูที่มีความรู้ความสามารถจริง ๆ ในการสอน กล่าวคือปัญหา การขาดแคลนครูที่จบตรงสาขาที่สอน อีกทั้งในการเรียนการสอนเน้นแต่ความรู้ในเชิงท่องจำ มากกว่าการใช้สติปัญญาในการคิดค้นและเสาะแสวงหาความรู้ กล่าวอีกในหนึ่งคือเน้นเนื้อหา มากกว่ากระบวนการ มีการเรียนด้านปฏิบัติการทดลองน้อยมากทั้ง ๆ ที่การปฏิบัติทดลองนั้นโดย หลักการแล้วถือเป็นหัวใจสำคัญและเป็นแนวทางหลักในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่แตกต่าง จากการเรียนการสอนวิชาอื่น ๆ (สถาบันทรัพยากรมนุษย์, 2544) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้เรียนขาด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขาดโอกาสในการพัฒนากระบวนการคิดระดับสูง และ การเรียนที่เน้นเนื้อหาทำให้ผู้เรียนขาดความสนใจในการเรียน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียน วิทยาศาสตร์ต่ำไม่เป็นไปตามเป้าหมาย (ณัฐกา นาเลื่อน, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถของผู้เรียนระดับชาติ (O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระดับประเทศ ปีการศึกษา 2555-2558 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือ 35.37, 37.95, 38.62 และ 37.63 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.)) ตามลำดับ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนดาราสมุทร

ศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในปีการศึกษา 2555-2558 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ 39.01, 39.04, 41.60 และ 38.18 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยของโรงเรียนและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยระดับประเทศ ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากคะแนนเฉลี่ยนั้นยังไม่ถึงร้อยละ 50 ของคะแนนทั้งหมด นอกจากนี้การสัมภาษณ์ครูผู้สอนโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และจากประสบการณ์การปฏิบัติการสอนใน 1 ภาคเรียนที่ผ่านมา ซึ่งทำให้ทราบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับที่ต่ำ เนื่องจากจำนวนนักเรียนที่มีมาก ครูไม่สามารถดูแลและกระตุ้นให้นักเรียนคิดได้อย่างทั่วถึง การตั้งคำถามของครูในห้องเรียนเป็นคำถามความรู้ความจำไม่ได้เน้นความสามารถในการคิด เนื้อหาในหลักสูตรของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ครูมักจัดการเรียนการสอนแบบบรรยาย ทำให้ผู้เรียนไม่ค่อยมีโอกาสได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตัวเอง ทั้งนี้ก็เพราะเวลาที่มีจำกัด จำนวนนักเรียนที่มีมาก และความยุ่งยากในการเรียนการสอน (สริตา สุนทรภัคร, สัมภาษณ์, 15, 18 และ 29 กุมภาพันธ์ 2559) อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ การสัมภาษณ์ครูผู้สอน และประสบการณ์การปฏิบัติการสอน สรุปได้ว่า การที่ผู้เรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผู้เรียนมีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ เนื่องมาจากการเรียนที่เน้นเนื้อหาและเน้นการสอนแบบบรรยายเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ขาดความสนใจ และความกระตือรือร้นในการเรียน ครูไม่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ ไม่มีขั้นตอนที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะด้านต่าง ๆ (สุจิตร เอกพิมพ์, 2556) ดังนั้นในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาจึงถือว่ายังไม่ถูกทิศทางที่ควรจะเป็น ครู และบุคคลที่เกี่ยวข้องควรตระหนักในบทบาทหน้าที่ในการพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะเหล่านี้อย่างเร่งด่วน (นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, 2557) จึงจำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยตอบสนองวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้ เพราะวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์อย่างมีลำดับขั้นตอน เป็นวิธีที่ผู้เรียนได้เรียนรู้และดำเนินกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง ทำให้เกิดความสนใจ เกิดความเข้าใจ และจดจำได้นาน (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553) การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีความเหมาะสมกับการปฏิบัติการทดลอง เป็นการฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และยังทำให้ได้ฝึกกระบวนการคิด คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดริเริ่มสร้างสรรค์ และมีการคิดแก้ปัญหาแบบวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็น

ประโยชน์ต่อผู้เรียนในการนำวิธีการไปใช้แก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย อีกทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ประสบผลสำเร็จ และเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว (พรพิมล พรพีรชนม์, 2550) ดังนั้นการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรให้ผู้เรียนได้รับทั้งผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ คือตัวเนื้อหาความรู้ และควรปลูกฝังกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนไปด้วยในเวลาเดียวกัน (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศริวรรณ เจษฎารมย์ (2551) ที่ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลจากการศึกษางานวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจริยา ภูสีฤทธิ์ (2550) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ John Dewey ซึ่งผลจากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมานั้น พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ John Dewey มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เฉลี่ยผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือร้อยละ 70

นอกจากนี้ การที่ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จะสามารถสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ควรจะมีความรู้และสามารถใช้เทคนิคและวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ได้ อีกทั้งยังต้องฝึกหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักแสดงความคิดเห็นอยู่เสมอ ครูจึงมีบทบาทสำคัญมากในการพัฒนาความคิดและสติปัญญาของผู้เรียน และเครื่องมือสำคัญที่ครูมักใช้เสมอนั่นคือการตั้งคำถาม (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544, หน้า 154) ซึ่งการใช้คำถามเป็นเทคนิคการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนเกิดการคิดและสนใจค้นคว้าหาคำตอบ (ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง, 2544, หน้า 42) แก้ปัญหาและสรุปแนวความคิดหลักได้ด้วยตนเอง และไม่ว่าครูผู้สอนจะใช้วิธีสอนแบบใด การใช้คำถามก็ยังมีบทบาทสำคัญเสมอในกระบวนการเรียนการสอนนั้น ๆ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 190-191) สำหรับการสอนโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้คำถามเป็นสื่อนำให้เกิดการเรียนรู้ คำถามที่ครูใช้จะเป็นคำถามที่ส่งเสริมการคิดระดับสูง เป็นคำถามระดับสูงที่ให้นักเรียนคิดเชิงนามธรรมโดยอาศัยข้อเท็จจริงหรือคำอธิบายเพื่อนำไปสรุปหาความสัมพันธ์ อ้างอิงเปรียบเทียบ หาเหตุผลและความเชื่อมโยงในเรื่องต่าง ๆ ทั้งนี้เพราะผู้เรียนต้องใช้ความคิดระดับสูงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ขั้นระบุปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และขั้นสรุปผล ซึ่งเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงจะช่วยให้

ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในด้านการคิด เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นอีกด้วย อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการมีส่วนร่วมและเป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วราวรรณ แสงอยู่ (2556) ที่ได้ทำการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น ซึ่งผลการศึกษางานวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และงานวิจัยของนิติกร อ่อนโยน (2551) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ที่จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูง ซึ่งผลจากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมานั้นพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาแนวคิด หลักการ และรายงานการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ทั้งสองวิธีนี้สามารถที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาโดยนำวิธีการจัดการเรียนรู้ข้างต้นมาประยุกต์ใช้ร่วมกันคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และคาดว่าผลจากการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และส่งเสริมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

5. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

6. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

5. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน

6. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เรื่องบรรยากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้เพิ่มขึ้นได้

2. นักเรียนสามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ได้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องบรรยากาศ ไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

3. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอน ที่สนใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง โดยนำข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นอื่น ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชลบุรี เขต 3 อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 8 ห้องเรียน รวม 328 คน โดยนักเรียนทั้ง 8 ห้องเรียนมีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/7 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 38 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ เรื่องบรรยากาศ ในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

3.1 อากาศและบรรยากาศ

3.2 รังสีจากดวงอาทิตย์

3.3 อุณหภูมิของอากาศ

3.4 ความดันอากาศ

3.5 ลม

3.6 ความชื้นของอากาศ

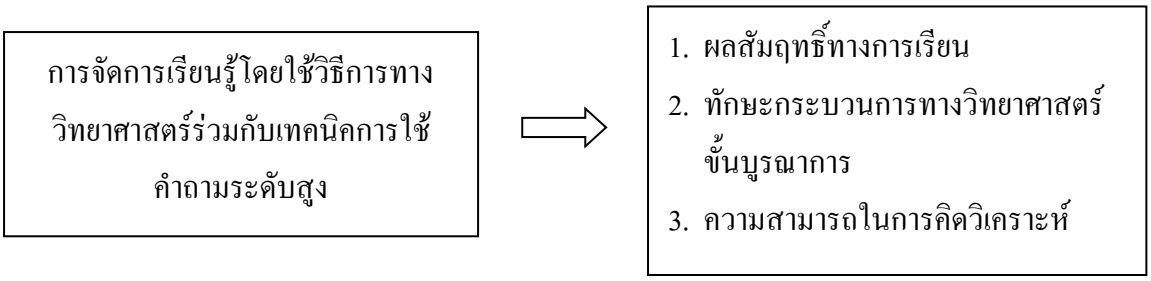
3.7 เมฆและฝน

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาในการทดลอง 14 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำเสนอกรอบความคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการสืบเสาะค้นคว้าหาความรู้แบบวิทยาศาสตร์ หรือเป็นแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีระบบแบบแผน เพื่อให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างถูกต้อง เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับกันว่าความรู้ที่ได้นั้นจะมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งขั้นตอนที่สำคัญของวิธีการทางวิทยาศาสตร์แบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นตั้งสมมติฐาน 3) ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล 4) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และ 5) ขั้นสรุปผล

2. เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง หมายถึง การที่ใช้คำถามระดับสูงเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ เป็นสื่อนำให้เกิดการเรียนรู้ และเป็นการถามตอบด้วยวาจาระหว่างครูกับนักเรียน หรือระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ซึ่งคำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูงและการใช้เหตุผล เป็นคำถามที่ผู้ตอบต้องใช้ความคิดซับซ้อนในการตอบ ซึ่งอาจใช้ความรู้ ความเข้าใจเดิมมาเป็นพื้นฐานในการตอบคำถาม โดยครูจะป้อนคำถามที่ดีในลักษณะต่าง ๆ และเหมาะสมกับระดับของนักเรียน เพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด การแก้ปัญหา และสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการเรียนรู้ ซึ่งในงานวิจัยจะใช้คำถามระดับสูงตามแนวคิดของบลูม 4 ด้าน ได้แก่ คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ และคำถามการประเมินค่า ซึ่งเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงนี้จะใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง หมายถึง การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ที่ผู้สอนนำเอาวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการทำงานอย่างมีระบบ มีขั้นตอน ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยจะมีการสอดแทรกการตั้งคำถามระดับสูงที่มุ่งพัฒนาความคิดในแต่ละขั้นตอน ซึ่งคำถามจะต้องคำนึงถึงวุฒิภาวะและสติปัญญาของผู้เรียน ส่วนผู้เรียนนั้นจะมีบทบาทในการหาคำตอบและแสดงความคิดเห็น ภายใต้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยจะใช้เทคนิคการตั้งคำถามระดับสูงตามระดับพฤติกรรมการรู้คิดของบลูม (Bloom's Taxonomy) 4 ด้าน คือ คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ และคำถามการประเมินค่า ซึ่งการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ขั้นระบุปัญหา

เป็นขั้นที่ฝึกให้ผู้เรียนใช้ทักษะการสังเกต สังเกตสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัว เพื่อนำไปสู่การเกิดปัญหาและตั้งปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดขอบเขต และทำความเข้าใจกับปัญหาที่ผู้เรียนได้ตั้งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ผู้สอนอาจใช้วิธีเล่าเรื่อง สร้างสถานการณ์ อภิปราย แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น อยากค้นคว้าหาคำตอบหรือข้อสงสัย เป็นการเร้าความสนใจของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงปัญหานั้น ๆ

3.2 ขั้นตั้งสมมติฐาน

เป็นขั้นที่ผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องสำรวจค้นหาในสิ่งที่ยังไม่เคยรู้มาก่อน ท้าทายให้เกิดความสงสัยเพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน หรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าของปัญหาก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเป็นพื้นฐาน รวมทั้งร่วมกันวางแผนว่าจะใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของสมมติฐานอันจะนำไปสู่คำตอบของปัญหานั้น

3.3 ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล

เป็นขั้นที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนที่ได้วางไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นหลักฐานยืนยันหรือหักล้างสมมติฐาน แล้วจดรายละเอียดของข้อมูลเอาไว้ โดยผู้สอนจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำ ถามคำถามเกี่ยวกับการทดลอง เพื่อให้การทดลองของผู้เรียนไปในแนวทางเดียวกัน และอำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์และสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องการใช้ในการทดลอง

3.4 ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมเอาไว้จากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์ อภิปรายร่วมกัน และมีการลงความคิดเห็น โดยผู้สอนกำหนดประเด็นการอภิปรายผลการทดลองโดยใช้รูปแบบของคำถาม เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การสรุปผล โดยผู้สอนจะช่วยขยายเพิ่มเติมในส่วนที่ขาดและคลุมเครือให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3.5 ขั้นสรุปผล

ผู้สอนตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและพิจารณาว่าจากผลการศึกษาทดลองนั้น ได้ผลสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ล่วงหน้าหรือไม่ อย่างไร หรือเป็นการให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้มาสรุปเพื่อตอบปัญหาที่ทำการศึกษา แล้วนำความรู้นั้นมาสรุปเรียบเรียงให้เป็นระเบียบ ผู้สอนช่วยเสริม และสรุปประเด็นสำคัญของการเรียนการสอนในครั้งนี้ อีกทั้งเป็นขั้นที่ผู้สอนประเมินผลการทำกิจกรรมของผู้เรียน แล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องจากการทำกิจกรรมเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ซึ่งในงานวิจัยคำถามระดับสูงแต่ละด้านที่ใช้ถามในแต่ละขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นจะเป็นคำถามด้านใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง แต่จะเน้นคำถามการคิดวิเคราะห์ที่จะมีในทุกขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic achievement) หมายถึง ผลการเรียนรู้ หรือความสามารถของบุคคลอันเนื่องมาจากการเรียนการสอน ที่ปรากฏอยู่ในรูปของคะแนนสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย 6 ด้าน ดังต่อไปนี้

4.1 ด้านความรู้-ความจำ เป็นความสามารถในการจดจำสิ่งที่เรียนมาแล้ว เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

4.2 ด้านความเข้าใจ เป็นความสามารถในการจับใจความ การแปลความหมาย การสรุป หรือขยายความ

4.3 ด้านการนำไปใช้ เป็นความสามารถในการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

4.4 ด้านการวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการมองเห็นรายละเอียด และจำแนกแยกแยะข้อมูล องค์ประกอบสำคัญของสิ่งต่าง ๆ มองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นเช่นนั้นอาศัยหลักการของอะไร

4.5 ด้านการสังเคราะห์ เป็นความสามารถในการผสมผสาน รวบรวม ดัดแปลง ปรับปรุงเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นเรื่องราวใหม่หรือสิ่งใหม่

4.6 ด้านการประเมินค่า เป็นความสามารถในการวินิจฉัย หรือตีราคาเรื่องราว ความคิด เหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์และมาตรฐาน ว่าสิ่งนั้นมีประสิทธิภาพเพียงใด มีคุณค่าเพียงใด หรือเหมาะสมหรือไม่

5. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องบรรยากาศ มีลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (Integrated science process skills) หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นทักษะกระบวนการขั้นสูงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เป็นพื้นฐานในการพัฒนา ประกอบไปด้วย 5 ทักษะ ดังต่อไปนี้

6.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายหรือคิดคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง เพื่ออธิบายหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ และตรวจสอบความถูกต้องในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป โดยสมมติฐานสร้างขึ้นอาจอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์ภายใต้หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่สามารถอธิบายคำตอบได้

6.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมาย ขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาหรือการทดลองเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน

6.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้และอธิบาย ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในการทดลองได้

6.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ หรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง

6.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion) หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ และการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

7. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องบรรยากาศ มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

8. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking ability) หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรอง จำแนกแยกแยะองค์ประกอบ เนื้อหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ อย่างละเอียดรอบคอบเพื่อศึกษาค้นคว้าว่า มีองค์ประกอบอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการของอะไร มีรายละเอียดดังนี้

8.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการแยกแยะ ค้นหาส่วนประกอบของสิ่งหรือเรื่องราวต่าง ๆ ว่าสิ่งใดสำคัญ หรือมีบทบาทมากที่สุด

8.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่าง ๆ โดยอาจระบุว่า มีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร สัมพันธ์กันโดยมีเหตุผลอะไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด หรือสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน

8.3 การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้น ๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด

9. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องบรรยากาศ ซึ่งหลักการคิดวิเคราะห์คือ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ มีลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ

10. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง เกณฑ์คะแนนที่ต่ำที่สุดในระดับดี ของกลุ่มสาระการเรียนวิทยาศาสตร์ เมื่อเทียบกับคะแนนเต็ม 100 คะแนน ตามเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2554)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551
   1.1 วิสัยทัศน์
   1.2 หลักการ
   1.3 จุดหมาย
   1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์
   1.5 มาตรฐานการเรียนรู้
   1.6 ตัวชี้วัด
   1.7 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.8 คุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดกับผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.9 มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.10 สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   1.11 คุณภาพผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา
2. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้
   2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์
   2.2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของไวก๊อสกี้
   2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism
   2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
   3.1 ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์
   3.2 ขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์
   3.3 แนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
   3.4 การพัฒนาความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

3.5 บทบาทผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

3.6 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

4. เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

4.1 ความหมายของการใช้คำถาม

4.2 ความหมายของคำถามระดับสูง

4.3 ประเภทของคำถาม

4.4 ประโยชน์ของการใช้คำถาม

4.5 ลักษณะคำถามที่ดีในการเรียนการสอน

4.6 เทคนิคการใช้คำถามที่ดี

5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6.4 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

6.5 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

7. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

7.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

7.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

7.3 การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

7.4 การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

8. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

8.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์

8.2 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

8.3 ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

8.4 กระบวนการคิดวิเคราะห์

8.5 พฤติกรรมของบุคคลที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์

8.6 การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9.1 งานวิจัยภายในประเทศ

9.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษา ต่อการประกอบอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

1. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิดความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้

มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

2. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

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

มาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

1. ภาษาไทย
2. คณิตศาสตร์
3. วิทยาศาสตร์
4. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
5. สุขศึกษาและพลศึกษา

6. ศิลปะ

7. การงานอาชีพและเทคโนโลยี

8. ภาษาต่างประเทศ

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจง และมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา จัดทำหน่วยการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอน และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

1. ตัวชี้วัดชั้นปีเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1-มัธยมศึกษาปีที่ 3)

2. ตัวชี้วัดช่วงชั้นเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5 พลังงาน

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

คุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดกับผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมใน

การเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ ดังนี้

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการเรียนรู้ คุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษา

ขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีดังนี้

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานว 1.1: เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐานว 1.2: เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานว 2.1: เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานว 2.2: เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐานว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานว 3.2: เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4: แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐานว 4.1: เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐานว 4.2: เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5: พลังงาน

มาตรฐานว 5.1: เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6: กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐานว 6.1: เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐานว 7.1: เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี และเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานว 7.2: เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานว 6.1: เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐาน

ของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 6.1 ม.1/1 สืบค้นและอธิบายองค์ประกอบและการแบ่งชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมผิวโลก

ว 6.1 ม.1/2 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น และความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ

ว 6.1 ม.1/3 สังเกต วิเคราะห์ และอภิปรายการเกิดปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศที่มีผลต่อมนุษย์

ว 6.1 ม.1/4 สืบค้น วิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูลจากการพยากรณ์อากาศ

ว 6.1 ม.1/5 สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายผลของลมฟ้าอากาศต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว 6.1 ม.1/6 สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายปัจจัยทางธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก รูโหว่โอโซน และฝนกรด

ว 6.1 ม.1/7 สืบค้น วิเคราะห์ และอธิบายผลของภาวะโลกร้อน รูโหว่โอโซน และฝนกรด ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ว 8.1 ม.1/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็น หรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.1/2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี

ว 8.1 ม.1/3 เลือกเทคนิค วิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.1/4 รวบรวมข้อมูลจัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.1/5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุปทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1/7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้องและ

นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ว 8.1 ม.1/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

ว 8.1 ม.1/9 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ศึกษา วิเคราะห์ ชั้นบรรยากาศ ผลของรังสีจากดวงอาทิตย์ต่อบรรยากาศ องค์ประกอบของลมฟ้าอากาศ พายุฟ้าคะนอง พายุหมุนเขตร้อน มรสุม การพยากรณ์อากาศ เอลนีโญ-ลานีญา การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของโลก มลพิษทางอากาศ การบอกตำแหน่งและการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ ปริมาณเวกเตอร์ปริมาณสเกลาร์ อัตราเร็วและความเร็วของวัตถุ การใช้กล้องจุลทรรศน์ เซลล์ของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืช การตอบสนองของพืช ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ชีวภาพเกี่ยวกับพืช ทั้งนี้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูลและการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารและเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

สำหรับในงานวิจัยนี้ตัวชี้วัดที่ใช้ ได้แก่

ว 6.1 ม.1/1 สืบค้นและอธิบายองค์ประกอบและการแบ่งชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมผิวโลก

ว 6.1 ม.1/2 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น และความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ

ว 8.1 ม.1/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็น หรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.1/2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี

ว 8.1 ม.1/3 เลือกเทคนิค วิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.1/4 รวบรวมข้อมูลจัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.1/5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป

ทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1/7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ว 8.1 ม.1/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

ว 8.1 ม.1/9 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ตารางที่ 2-1 แสดงสาระการเรียนรู้เรื่องบรรยากาศ

ตัวชี้วัด	เนื้อหาสาระการเรียนรู้เรื่องบรรยากาศ
1. ว 6.1 ม.1/1 สืบค้นและอธิบายองค์ประกอบและการแบ่งชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมผิวโลก 2. ว 6.1 ม.1/2 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น และความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ 3. ว 8.1 ม.1/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็น หรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ 4. ว 8.1 ม.1/2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี 5. ว 8.1 ม.1/3 เลือกเทคนิค วิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม 6. ว 8.1 ม.1/4 รวบรวมข้อมูลจัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ	1. อากาศและบรรยากาศ 2. รังสีจากดวงอาทิตย์ 3. อุณหภูมิของอากาศ 4. ความดันอากาศ 5. ลม 6. ความชื้นของอากาศ 7. เมฆและฝน

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	เนื้อหาสาระการเรียนรู้เรื่องบรรยากาศ
7. ว 8.1 ม.1/5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุปทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ	
8. ว 8.1 ม.1/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ	
9. ว 8.1 ม.1/7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ	
10. ว 8.1 ม.1/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม	
11. ว 8.1 ม.1/9 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/ หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ	

คุณภาพผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา

จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต พฤติกรรมและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

- เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- เข้าใจแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน การสะท้อน การหักเห และความเข้มของแสง

- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก แหล่งทรัพยากรธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ บนโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี การพัฒนาและผลของการพัฒนาเทคโนโลยีต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- ตั้งคำถามที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูล และสร้างองค์ความรู้

- สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

- ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น

- แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

- ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเอง และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นแผนแม่บทในการกำหนดขอบข่ายความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการศึกษาแก่เยาวชนของชาติในวัยต่าง ๆ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนจำเป็นต้องทราบความคาดหวัง มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดของหลักสูตร

ในภาพรวม เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วนทั้งเนื้อหาความรู้ไปพร้อม ๆ กับการเกิดทักษะ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และในหลักสูตรฉบับปัจจุบันนี้ ยังมีเป้าหมายมุ่งให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ได้แก่ เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข บนพื้นฐานของความเป็นไทย และเพื่อให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ดังกล่าว ควรจะมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และจัดกระบวนการเรียนการสอนที่หลากหลายโดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนได้คิด ค้นคว้าหาความรู้ และลงมือปฏิบัติจริงทุกขั้นตอนจนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ เป็นนักจิตวิทยาชาวสวิส ผู้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Good, 1972 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) ได้กล่าวถึงทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ มีสาระสำคัญดังนี้

เพียเจต์มีแนวคิดว่า ปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาด้านสติปัญญาและความคิด คือการที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เกิด และการปฏิสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อม มีผลทำให้ระดับสติปัญญาและความคิดมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา เพียเจต์ได้ศึกษาถึงกระบวนการคิดทางด้านสติปัญญาของเด็ก จากแรกเกิดจนถึงวัยรุ่น เด็กเป็นผู้ที่พยายามศึกษาโลกของตนเองทั้งที่เป็นวัตถุ สิ่งของ และบุคคล จากการที่เด็กได้มีโอกาสปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบข้าง ทำให้เด็กเกิดความคิดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรม และมีพัฒนาการต่อไปเรื่อย ๆ จนในที่สุดสามารถคิดเป็นนามธรรมได้ เพียเจต์ได้จำแนกกระบวน การที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสติปัญญาและความคิดไว้ 2 กระบวนการคือ การปรับตัว และการจัดระบบโครงสร้าง

การจัดระบบโครงสร้าง (Organization) ภายในสมองเป็นการจัดภายในโดยรวมกระบวนการต่าง ๆ เข้าเป็นระบบอย่างติดต่อกันเป็นเรื่องเป็นราว เช่น เด็กเล็กเห็นของเล่นแล้วคว้าจับ ซึ่งกิจกรรมนี้ประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ เห็น คว้าจับ การที่เด็กทำกิจกรรม 2 อย่างได้ในเวลาเดียวกัน เรียกว่าเป็นการรวมกระบวนการเข้าเป็นระบบ

การปรับตัว (Adaptation) เป็นกระบวนการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม อันเนื่องจากการที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว โครงสร้างทางสมองจะถูกจัดระบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม การปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดซึม (Assimilation) และกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation)

- กระบวนการดูดซึม (Assimilation) หมายถึง กระบวนการที่ดูดซึมประสบการณ์ใหม่เข้าสู่ประสบการณ์เดิมที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน แล้วสมองก็รวบรวมปรับเหตุการณ์ใหม่เข้ากับโครงสร้างของความคิดอันเกิดจากการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม

- กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการดูดซึม กล่าวคือ ภายหลังที่ดูดซึมเอาเหตุการณ์ใหม่เข้ามาและปรับเข้าสู่โครงสร้างเดิมแล้ว ถ้าปรากฏว่าประสบการณ์ใหม่ที่รับเข้ามามีสมบัติเหมือนกับประสบการณ์เดิม ประสบการณ์ใหม่จะถูกดูดซึมและปรับเข้าหาประสบการณ์เดิม เป็นการทำให้ประสบการณ์เดิมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น แต่ถ้าไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมได้ สมองก็จะสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นมาแทนเพื่อปรับให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่นั้น

เพียเจต์ได้แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็นขั้น ๆ โดยมีหลักว่า ขั้นของพัฒนาการทางสติปัญญาแต่ละขั้น จะเป็นระยะเวลาของการริเริ่มและรวบรวมความรู้ความคิดในลักษณะหนึ่ง การบรรลุถึงขั้นของการพัฒนาแต่ละขั้น จะเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาในขั้นที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องกัน การพัฒนาการทางสติปัญญาแต่ละขั้นจะพัฒนาไปตามลำดับก่อนหลัง ขั้นต่าง ๆ ในการพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์นั้น เพียเจต์ได้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นใหญ่ ๆ โดยเริ่มตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยเจริญเติบโตเต็มที่ดังนี้ คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว

ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่แรกเกิดถึงอายุประมาณ 2 ปี เป็นขั้นที่รับรู้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 และแสดงออกมาในรูปของการกระทำ เป็นการเริ่มต้นของกระบวนการดูดซึมและกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง เด็กจะใช้ประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายในการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เป็นการใช้อวัยวะต่าง ๆ สัมผัสกับสิ่งของและปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม เริ่มเข้าใจการคงอยู่ของวัตถุและคุณสมบัติของวัตถุ เด็กสามารถแยกแยะสิ่งต่าง ๆ จากกันได้ เริ่มใช้ภาษาสื่อสารได้ และพัฒนาการเล่น จากเล่นคนเดียวเป็นการเล่นตามแบบเด็กอื่น ๆ ได้

ขั้นที่ 2 ขั้นก่อนปฏิบัติการ

ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี เด็กในขั้นนี้ใช้สมองคิดที่จะกระทำการใด ๆ ก่อนที่จะทำจริง คือ สามารถสร้างภาพของการกระทำใดการกระทำหนึ่งภายในจิตใจได้ แต่เด็กยังไม่สามารถคิดย้อนกลับได้ เริ่มมีความสามารถที่จะเข้าใจเกี่ยวกับความคงตัวของสสาร (Conservation) และเริ่มมองของมากกว่าหนึ่งสิ่งได้ในเวลาเดียวกัน (Decentration) เด็กในวัยนี้ยังไม่สามารถใช้สติปัญญาแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างเต็มที่ ในขั้นนี้แบ่งได้เป็น 2 ตอนคือ

- ขั้นการคิดรับรู้มโนมติเบื้องต้น (Preconceptual thought) เริ่มตั้งแต่อายุ 2-4 ปี เด็กในวัยนี้มีมโนมติในเรื่องต่าง ๆ แล้ว แต่ยังไม่สมบูรณ์และยังไม่มีเหตุผล มีพัฒนาการทางภาษา

สามารถใช้ภาษาแต่เป็นภาษาที่เกี่ยวข้องกับตนเองเป็นส่วนใหญ่ (Egocentric) ความคิดความเข้าใจของเด็กวัยนี้เป็นการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ ไม่สามารถใช้เหตุผล เด็กยังไม่มีความเข้าใจในเรื่องความคงตัว

- ขั้นการคิดในใจ (Intuitive thought) เริ่มตั้งแต่อายุ 4-7 ปี การคิดของเด็กมีเหตุผลมากขึ้น การคิดยังเป็นลักษณะการรับรู้มากกว่าความเข้าใจ เด็กมีปฏิกิริยาต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการคิด ความคิดเกี่ยวกับการกระทำต่าง ๆ ได้บรรจุอยู่ในสมองและสามารถที่จะนำมาใช้ได้ตลอดเวลา เป็นการคิดไว้ในใจก่อนที่จะกระทำ

ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติการรูปธรรม

ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 7-11 ปี ขณะที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ทำให้เด็กมีประสบการณ์มากขึ้น ช่วยให้เด็กพัฒนาความคิดอย่างมีเหตุผล ความคิดที่มีเหตุผลนี้จะทำให้เด็กสามารถคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ เป็นความคิดเชิงเหตุผลที่ต้องอาศัยสิ่งของที่มีตัวตนจับต้องได้ สามารถที่จะเข้าใจความคงตัวของสิ่งต่าง ๆ (Conservation) โดยเด็กเข้าใจว่าของแข็งหรือของเหลวจำนวนหนึ่ง แม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างไป ก็ยังจะมีน้ำหนักหรือปริมาตรเท่าเดิม สามารถที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนย่อย ส่วนรวม มีความสามารถในการคิดย้อนกลับ (Reversibility) ได้ สามารถจัดจำแนกประเภทโดยสามารถตั้งเกณฑ์เพื่อช่วยแบ่งหรือจัดสิ่งของต่าง ๆ ให้เป็นหมวดหมู่ได้ และสามารถเรียงลำดับสิ่งของต่าง ๆ จากการสังเกตคุณสมบัติ เช่น น้ำหนัก ความยาว ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นปฏิบัติการนามธรรม

ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 11-15 ปี วัยนี้เด็กจะมีพัฒนาการทางด้านความรู้ความเข้าใจถึงระดับสูงสุด มีความสามารถแสดงความคิดเห็นเชิงนามธรรมเกี่ยวกับข้อคิด ปัญหา และเรื่องราวได้ โดยไม่ต้องอาศัยของจริงหรือสิ่งของประกอบ สามารถจำแนกและวิเคราะห์ปัญหาที่สลับซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบ จัดกระทำกับข้อมูลที่มีตัวแปรหลายตัวเกี่ยวข้องได้ โดยมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัว สามารถคิดหาเหตุผลนอกเหนือจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถตั้งสมมติฐานในลักษณะการอนุมาน (Hypothetical deductive reasoning) ได้ สามารถรับรู้เข้าใจการปฏิบัติการ (Opearation) ได้ดี ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ทดลอง พิสูจน์ แปลผลข้อมูล ลงข้อสรุป อนุมานผลจากข้อสรุปไปใช้ได้

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ข้างต้น จะเห็นได้ว่า การเรียนรู้ของเด็กจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัยของเด็ก สติปัญญา และความคิดจะมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามลำดับก่อนหลัง ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยที่โตเป็นผู้ใหญ่เต็มที่ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เด็กจะมีอายุอยู่ในช่วง 11-13 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุของการคิดแบบนามธรรม กล่าวคือ มีความสามารถแสดงความคิดเห็นเชิงนามธรรมเกี่ยวกับข้อคิด ปัญหา และ

เรื่องราวได้ โดยไม่ต้องอาศัยของจริงหรือสิ่งของประกอบ สามารถจำแนกและวิเคราะห์ปัญหาที่สลับซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบ จัดกระทำกับข้อมูลที่มีตัวแปรหลายตัวเกี่ยวข้องได้ โดยมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัว สามารถคิดหาเหตุผลนอกเหนือจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถตั้งสมมติฐานได้ สามารถรับรู้เข้าใจการปฏิบัติการ แต่ในการสอนควรจะมีการผสมผสานระหว่างการสอนโดยการทดลองจากของจริง ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปธรรมกับการบรรยายซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรม เนื่องจากเด็กในวัยนี้ มีการพัฒนาการทางสมองที่รับรู้ในลักษณะของนามธรรมได้ อย่างไรก็ตาม ความจำเป็นในการทดลองจากของจริงที่เป็นรูปธรรมก็ยังมีความสำคัญอยู่ เพราะสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ระยะเวลาในการอธิบายเรื่องนั้น ๆ สั้นลง และขณะเดียวกันยังเป็นการพัฒนาทักษะให้มีความชำนาญมากขึ้นไปด้วย

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของไวก๊อสกี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของไวก๊อตสกี้ เน้นความสำคัญของวัฒนธรรมและสังคม และการเรียนรู้ที่มีต่อการพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา ซึ่งไวก๊อตสกี้กล่าวว่า การเข้าใจพัฒนาการของมนุษย์จะต้องเข้าใจวัฒนธรรมที่เด็กได้รับการอบรมเลี้ยงดู เพราะตั้งแต่แรกเกิดมนุษย์จะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลงานของมนุษย์ คือ “วัฒนธรรม” วัฒนธรรมแต่ละวัฒนธรรมจะเป็นตัวบ่งชี้ผลผลิตของพัฒนาการของเด็ก เป็นต้นว่าเด็กควรจะเรียนรู้อะไรบ้าง ควรจะมีความสามารถทางใดบ้าง สถาบันทางสังคมต่าง ๆ ตั้งแต่ครอบครัวขึ้นไป ก็มีบทบาทที่สำคัญที่จะช่วยให้เด็กเรียนรู้และมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา ซึ่งพัฒนาการของเด็กนั้นจะเพิ่ม ขึ้นถึงขั้นสูงสุดตามศักยภาพของแต่ละบุคคลได้ ก็ต่อเมื่อได้รับการช่วยเหลือจากผู้ใหญ่หรือผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับเด็ก เช่น ญาติ หรือเพื่อนวัยเดียวกัน (สุรางค์ โควัตระกูล, 2553, หน้า 61)

หลักการและการจัดการการเรียนรู้ของทฤษฎีพัฒนาเชาวน์ปัญญาของไวก๊อสกี้

ระดับของเชาวน์ปัญญาไวก๊อตสกี้ได้แบ่งระดับเชาวน์ปัญญาออกเป็น 2 ขั้นคือ

1. ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นเบื้องต้น (Elementary mental processes) ซึ่งหมายถึง เชาวน์ปัญญามูลฐานตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้ เช่น เด็กสามารถดูดนม สามารถใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจับต้องสัมผัส สามารถช่วยตัวเองตามธรรมชาติ เช่น ใช้มือ เกาะเก้าอี้ โต๊ะ หรือม้านั่งเพื่อจะยืนได้ เป็นต้น

2. ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นสูง (Higher mental processes) หมายถึง เชาวน์ปัญญาที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใหญ่ ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูถ่ายทอดวัฒนธรรมให้โดยใช้ภาษา เด็กจะมีการเรียนรู้ความคิดรวบยอด สัญลักษณ์ต่าง ๆ ช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งแวดล้อม ภาษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการคิด ภาษาจึงถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา ถึงแม้ว่าไวก๊อตสกี้จะแบ่งระดับขั้นพัฒนาการเชาวน์ปัญญาเป็น 2 ระดับ ไม่ได้หมายความว่าทั้งสองระดับ

มีความแตกต่างกันอย่างเด็ดขาด เพียงแต่แตกต่างกันทางคุณภาพ (Quality) ไม่ได้แตกต่างกันทางปริมาณ (Quantity)

บทบาทของภาษาในการพัฒนาเชาวน์ปัญญา

ไวก๊อตสกี้ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับบทบาทของภาษาในพัฒนาการเชาวน์ปัญญา เพราะภาษาเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิด การเข้าใจพัฒนาการของภาษาจึงสำคัญมาก ไวก๊อตสกี้ได้แบ่งพัฒนาการของภาษาออกเป็น 3 ขั้น คือ

1. ภาษาที่ใช้ในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นซึ่งไวก๊อตสกี้ให้ชื่อว่า “ภาษาสังคม” (Social speech) แรกเกิด-3 ขวบ เป็นขั้นแรกของพัฒนาการทางภาษา เด็กจะใช้ภาษาเพื่อแสดงความคิดหรืออารมณ์ และในการควบคุมพฤติกรรมของผู้อื่น โดยใช้คำพูดพยางค์เดียว เช่น “ไม่” หมายความว่า “ไม่ชอบ” “ไม่ต้องการ” “ไม่ได้” เป็นต้น

2. ภาษาที่พูดกับตนเอง (Egocentric speech) (3-7 ขวบ) เด็กวัยนี้จะใช้ภาษาพูดกับตนเองโดยไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับใคร เด็กมักจะใช้ภาษาคล้ายกับเป็นสิ่งที่สั่งให้ทำงาน แม้ว่าจะพูดคนเดียวแต่มักจะออกเสียงให้ผู้อื่นได้ยินด้วย ไวก๊อตสกี้ให้ความสำคัญของ Egocentric speech ว่ามีบทบาทสำคัญในการประสานความคิดและพฤติกรรมหรือการแสดงออก

3. ภาษาที่พูดในใจเฉพาะตนเอง (Inner speech) 7 ขวบขึ้นไป ภาษาที่พูดในใจเป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาการเชาวน์ปัญญาขั้นสูง ไวก๊อตสกี้กล่าวว่าการคิดทุกอย่างใช้ภาษาที่พูดในใจเงียบ ๆ เด็กที่สามารถเรียนรู้การแก้ปัญหาซับซ้อนได้เร็วจะใช้ภาษาในใจเฉพาะตนเองมากกว่าเด็กที่แก้ปัญหาซับซ้อนได้ช้า (Bivens and Berk, 1990 อ้างถึงใน สุรางค์ โคว้ตระกูล, 2553) ทั้งนี้เป็นเพราะเด็กใช้ภาษาช่วยในการคิดวางแผนหรือขั้นตอนที่จะแก้ปัญหา

บริเวณความใกล้เคียงพัฒนาการเชาวน์ปัญญา (The zone of proximal development)

ไวก๊อตสกี้ เห็นความสำคัญของการสอนหรือการช่วยเหลือเด็กให้พัฒนาเชาวน์ปัญญาอย่างเต็มที่ตามศักยภาพของแต่ละคน จากการวิจัยของไวก๊อตสกี้ในเรื่องนี้พบว่า เด็กบางคนสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องให้ผู้ใหญ่ช่วย เด็กบางคนไม่สามารถจะเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเอง แต่ถ้าผู้ใหญ่ให้ความช่วยเหลือเพียงเล็กน้อยก็จะสามารถทำได้ แต่เด็กบางคนจะไม่สามารถเรียนรู้ได้แม้ว่าจะได้รับความช่วยเหลือ ซึ่งไวก๊อตสกี้ก็อธิบายว่าเด็กแต่ละคนที่อยู่ในวัยเดียวกัน จะมีบริเวณของความใกล้เคียงพัฒนาเชาวน์ปัญญาแตกต่างกัน บางคนอยู่เหนือ Zone of proximal growth บางคนอยู่ระหว่าง และบางคนอยู่ต่ำกว่า ตัวอย่างเช่น ในการทดสอบเด็กอายุ 5 ขวบ 3 คน ด้วยการให้ตอบคำถาม ปรากฏว่าเด็กสองคนตอบปัญหาได้เท่ากัน ผู้ทดสอบมักจะสรุปว่าเด็กสองคนมีระดับเชาวน์ปัญญาไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าผู้ทดสอบให้เด็กสองคนตอบปัญหาของเด็กอายุ 7 ขวบ โดยให้ความช่วยเหลือ เช่น อธิบายหรือชี้แนะ ปรากฏว่าเด็กคนหนึ่ง

ตอบปัญหาได้ แต่อีกคนหนึ่งตอบไม่ได้ ก็แสดงว่าเด็กคนที่ตอบไม่ได้อยู่ต่ำกว่า Zone of proximal growth ไวก๊อตสกี้ได้เรียกการช่วยเหลือเด็กในการเรียนรู้ว่า “Scaffolding” ซึ่งหมายความว่า การให้ความช่วยเหลือเด็กในการเรียนรู้หรือแก้ปัญหา หรือการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเด็กไม่สามารถทำได้ด้วยตนเอง (สุรางค์ โควัตระกูล, 2553, หน้า 63)

สรุปได้ว่าทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของไวก๊อตสกี้ เน้นให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคมมาก ถือว่าสังคมและวัฒนธรรมเป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งเสริมความฉลาดและกระบวนการเรียนรู้ในพัฒนาการของเด็ก การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยเครื่องมือหรือสื่อกลาง เช่น ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ภาษา วัฒนธรรม วิธีการเรียนรู้ การชี้แนะ และให้ความช่วยเหลือ เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้เน้นการจัดประสบการณ์เชิงปฏิบัติการ และมีการส่งเสริมการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ เกิดความสามารถในการคิด และทักษะกระบวนการต่าง ๆ รวมไปถึงการจัดกระบวนการกลุ่มที่ส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และสังคมที่ผู้เรียนจะได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ได้ร่วมกันลงมือปฏิบัติเพื่อหาทางแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ โดยที่ผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้ความช่วยเหลือและให้คำชี้แนะเท่านั้น

ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงทฤษฎี Constructivism ไว้ดังนี้

สุรางค์ โควัตระกูล (2553, หน้า 210-211) กล่าวว่า ทฤษฎี Constructivism มีหลักการสำคัญที่ว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ (Active) และสร้างความรู้ ความเชื่อพื้นฐานของ Constructivism ซึ่งมีรากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ และไวก๊อตสกี้ ทฤษฎี Constructivism จึงแบ่งเป็น 2 ทฤษฎี คือ

1. Cognitive constructivism ทฤษฎีนี้ถือว่าผู้เรียนเป็นผู้กระทำ (Active) และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นในใจเอง ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทในการก่อให้เกิดความไม่สมดุลทางพุทธิปัญญาขึ้น เป็นเหตุให้ผู้เรียนปรับความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับข้อมูลข่าวสารใหม่ จนกระทั่งเกิดความสมดุลทางพุทธิปัญญา หรือเกิดความรู้ใหม่ขึ้น

2. Social constructivism ถือว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น (ผู้ใหญ่หรือเพื่อน) ในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานในสภาวะสังคม (Social context) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปรความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น

แม้ว่านักจิตวิทยาจะมีความเห็นต่างกันในเรื่องการอธิบายว่า ผู้เรียนสร้างความรู้อย่างไร ทุกคนต่างก็เห็นร่วมกันในคุณลักษณะของ Constructivism ดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง

2. การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน

3. การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้

4. การจัดสิ่งแวดล้อม กิจกรรมที่คล้ายคลึงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 15-16) ได้กล่าวถึงทฤษฎี Constructivism ว่า การเรียนรู้แบบนี้มีความเชื่อพื้นฐานว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ได้รับ เพื่อค้นหาความจริง โดยมีรากฐานจากทฤษฎีจิตวิทยาและปรัชญาการศึกษาที่หลากหลาย ซึ่งนักทฤษฎีสร้างสรรค์นิยมได้ประยุกต์ทฤษฎีในรูปแบบและมุมมองใหม่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. กลุ่มที่เน้นกระบวนการรู้คิดในตัวบุคคล เป็นกลุ่มที่เน้นการเรียนรู้ของมนุษย์เป็นรายบุคคล โดยมีความเชื่อว่ามนุษย์แต่ละคนรู้วิธีเรียนและรู้วิธีคิด เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. กลุ่มที่เน้นการสร้างความรู้โดยอาศัยปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เน้นว่าความรู้คือผลผลิตทางสังคม โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น 2 ประการคือ ความรู้ต้องสัมพันธ์กับชุมชนและปัจจัยทางวัฒนธรรม สังคม และประวัติศาสตร์มีผลต่อการเรียนรู้ ดังนั้นครูจึงมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

พรพิมล พรพีรชนม์ (2550, หน้า 66) ได้กล่าวถึงแนวคิดสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองว่า ทฤษฎีนี้เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในบุคคล บุคคลเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญา โดยผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนปัญญาของผู้เรียนได้ แต่สามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้ว เพื่อสร้างเป็นความรู้ใหม่ที่มีความหมายต่อผู้เรียน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, หน้า 82) กล่าวว่า การเรียนรู้ตามแนว Constructivism เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยผู้เรียนสร้างเสริมความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนปัญญาของผู้เรียนได้ แต่สามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยจัดสภาพการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น

Von Gllasersfeld (1989 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553, หน้า 82) กล่าวว่า Constructivism เป็นทฤษฎีของความรู้ที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยา และการศึกษาเกี่ยวกับ

สื่อความหมายและการควบคุมกระบวนการสื่อความหมายในตัวตน ทฤษฎีของความรู้นี้อ้างถึงหลักการ 2 ข้อ ดังนี้

1. ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างขึ้นโดยบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจ

2. หน้าที่ของการรับรู้คือ การปรับตัวและการประมวลประสบการณ์ทั้งหมด แต่ไม่ใช่เพื่อการค้นพบสิ่งที่เป็นจริง

จากการศึกษาทฤษฎี Constructivism ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้วิจัยได้เน้นการจัดการเรียนรู้ผ่านรูปแบบกิจกรรมการปฏิบัติการ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนตื่นตัวตลอดเวลาและมีการเชื่อมโยงวิธีการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชากับชีวิตจริง ผู้เรียนต้องเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นเจ้าของการเรียน และมีการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งความรู้ที่เกิดจากการเรียนรู้นั้นจะเกิดจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน และถ้าหากเป็นการเรียนรู้ที่ผ่านกระบวนการกลุ่ม จะยิ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด เพราะนอกจากผู้เรียนจะเกิดความสามารถในการคิด และทักษะกระบวนการจากการปฏิบัติการแล้ว ยังเกิดทักษะทางสังคมอีกด้วย

ทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 94-98) กล่าวว่า จอห์น ดิวอี้ (John Dewey, 1859-1952) เป็นนักปรัชญาและนักการศึกษาเจ้าของทฤษฎีที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อขบวนการ Progressive education การจัดประสบการณ์ตามแนวคิดจอห์น ดิวอี้ เป็นการจัดประสบการณ์โดยใช้การทดลอง ซึ่งเป็นกระบวน การที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการที่ผู้สอนหรือผู้เรียนกำหนดปัญหาและสมมติฐานในการทดลอง ผู้สอนให้คำแนะนำแก่ผู้เรียน และให้ผู้เรียนลงมือทดลอง ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปอภิปรายผลการทดลอง และสรุปการเรียนรู้ที่ได้

ลักษณะของการจัดประสบการณ์ตามแนวคิดจอห์น ดิวอี้ มีรูปแบบดังนี้

ประสบการณ์ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งผลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์นั้นก่อให้เกิดการเรียนรู้ในบุคคล

ลักษณะของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมเป็นผลที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ในบุคคล ดังนั้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง เป็นการจัดกิจกรรมในลักษณะกลุ่มปฏิบัติการที่เรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรง จากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง ฝึกคิด ฝึกลงมือทำ ฝึกทักษะกระบวนการต่าง ๆ ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และฝึกทักษะการเสาะแสวงหาความรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม รูปแบบการจัด

กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติ เป็นการนำแนวคิดทฤษฎีรูปแบบการสอน ชื่อการสืบเสาะหาความรู้เป็นกลุ่ม จอห์น ดิวอี้ (John Dewey: Group investigation model) กับรูปแบบการสอนแบบปฏิบัติการมาประยุกต์เข้าด้วยกันเป็นรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง ซึ่งในปัจจุบันการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง เป็นการเรียนรู้ในแบบ Learning by doing ผู้เรียนจะเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนมีอิสระในการศึกษาหาความรู้ตามหลักประชาธิปไตย ให้ผู้เรียนได้รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น ให้ได้ค้นคว้าหาข้อมูลความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดนิสัยการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองได้ด้วยความมั่นใจ

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้ สรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยการลงมือทำเป็นแนวคิดหรือความเชื่อที่สนับสนุนให้ผู้เรียนปฏิบัติสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเองตามความสนใจตามความถนัด และศักยภาพ ด้วยการศึกษา ค้นคว้า ฝึกปฏิบัติ ฝึกทักษะจนถึงการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพราะว่าหากผู้เรียนได้ลงมือกระทำ จะทำให้เกิดความเชื่อมั่น เป็นแรงจูงใจให้เกิดการใฝ่รู้ใฝ่เรียน ผู้เรียนจะสนุกสนานที่จะสืบค้นหาความรู้ต่อไปและมีความสุขที่จะเรียน ดังนั้นในงานวิจัยจึงมีการจัดประสบการณ์ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการเรียนรู้ ผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ และความสามารถในการคิดของผู้เรียน

จากการศึกษาเอกสารทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้วิจัยเข้าใจในธรรมชาติและพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้วิจัยได้นำสิ่งที่ศึกษาเหล่านี้ไปใช้ประกอบการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน กล่าวคือ มีการจัดประสบการณ์และกิจกรรมการปฏิบัติการ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำและปฏิบัติจริงด้วยตนเอง รวมถึงการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสังคมและสิ่งแวดล้อม

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ได้มีผู้ให้คำจำกัดความและกล่าวถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

พรพิมล พรพีรชนม์ (2550, หน้า 125) ให้ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นวิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมคิดแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีขั้นตอน มีเหตุผล มีการรวบรวมข้อมูล มีการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, หน้า 328) ให้ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการแก้ปัญหาอย่างมีแบบแผน โดยมีการตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ตั้งสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 9) ให้ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นวิธีที่ใช้ในการศึกษาหาความรู้ และเป็นที่ยอมรับกันว่าความรู้ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517, หน้า 31-32) ให้ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าหาคำตอบของปัญหา ซึ่งจะมีวิธีการทำงานที่เป็นระบบและมีการกำหนดเป็นขั้นตอนของการค้นคว้าเอาไว้ ในระเบียบวิธีนี้มีความเชื่อว่า การทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะคล้ายคลึงกัน คือเมื่อพบปัญหาแล้วจะใช้วิธีการแก้ปัญหาในแนวเดียวกันและมีการทำต่อเนื่องไปเป็นลำดับขั้นตอนจนกระทั่งครบวงจรของการแก้ปัญหา

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 57) กล่าวว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) หมายถึง ขั้นตอนการหาความรู้ โดยเริ่มตั้งแต่การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ และสรุปผล

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553, หน้า 156) ได้ให้ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่มีขั้นตอน มีเหตุผล มีการรวบรวมข้อมูล มีการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล ดังนั้นจึงอาจเรียกวิธีสอนแบบนี้ว่า วิธีสอนแบบวิทยาศาสตร์

วนิช สุธารัตน์ (2547, หน้า 95-96) ได้ให้ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดและการทำงานอย่างมีระบบ มีเป้าหมายในการทำงานชัดเจน สามารถตรวจสอบกระบวนการทำงานได้ทุกขั้นตอน หลักวิธีการทำงานมีความเที่ยงตรงถูกต้อง และสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กันตลอดกระบวนการ โดยที่วิธีการทางวิทยาศาสตร์จะให้ความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้โดยผ่านการคิด การลงมือปฏิบัติ และสุดท้ายเป็นการสร้างกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ขึ้นมาจากการเรียนรู้ของตนเอง

Good (1973, p. 518) ได้ให้ความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ก็คือการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่เป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการที่มีการตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ตั้งสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่

จากความหมายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นของนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอไว้ สรุปได้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการสืบเสาะค้นคว้าหาความรู้แบบวิทยาศาสตร์ หรือเป็นแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีระบบแบบแผน

เพื่อให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างถูกต้อง เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับกันว่าความรู้ที่ได้นั้นจะมีความน่าเชื่อถือ

ขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

การแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีการกำหนดขั้นตอนสำคัญในการดำเนินการที่แน่นอน นักการศึกษาหลายท่านได้จัดลำดับขั้นตอนของการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังต่อไปนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 10) ได้แบ่งขั้นตอนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา
2. ขั้นตั้งสมมติฐาน
3. ขั้นการรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต และ/ หรือการทดลอง
4. ขั้นสรุปผลการสังเกต และ/ หรือการทดลอง

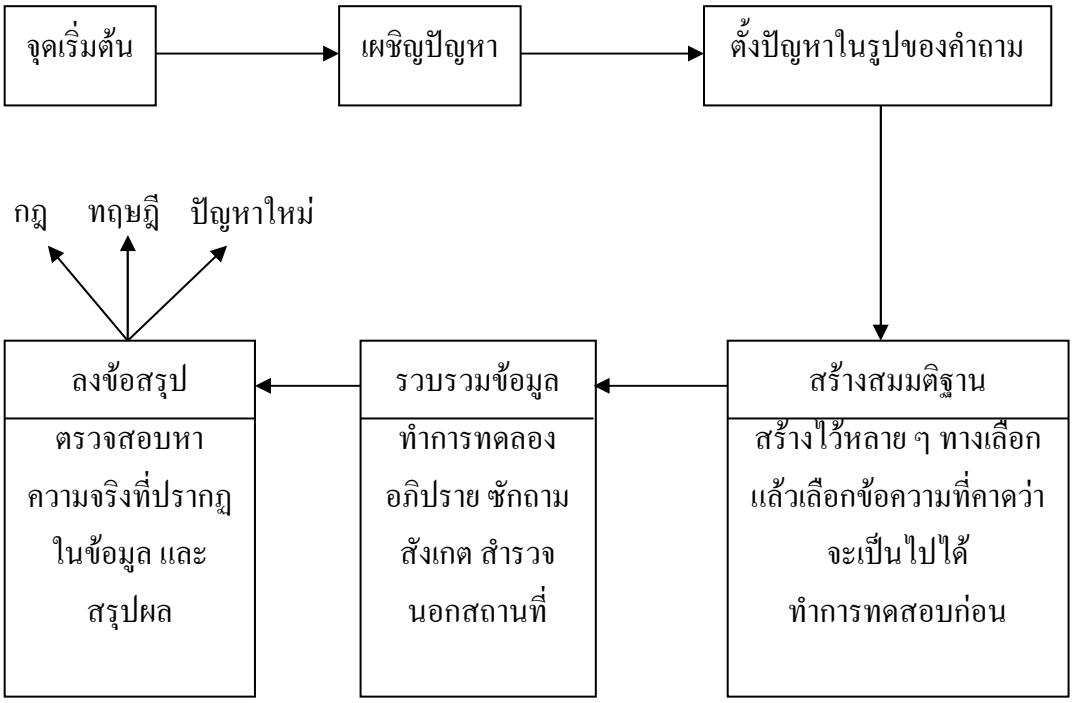
ศุภลักษณ์ วัฒนาวิทวัส และคณะ (2542, หน้า 75-77) ได้แบ่งขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอนและให้รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตั้งปัญหา (State problem) เป็นการระบุปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา ปัญหาจะต้องระบุลงไปให้แน่ชัดมักนิยมตั้งในรูปคำถาม เพราะปัญหาคือสิ่งที่ต้องการคำตอบ มักจะถามด้วยอะไร (What) อย่างไร (How) ทำไม (Why) คำถามที่ขึ้นต้น “อะไร” และ “อย่างไร” เป็นการถามหาสาเหตุหรือความสัมพันธ์ระหว่างส่วนที่เป็นเหตุกับส่วนที่เป็นผลมีคำอธิบาย ส่วนคำถามที่ถาม “ทำไม” เป็นการถามหาคำตอบเชิงอธิบายทฤษฎี

ขั้นที่ 2 ขั้นตั้งสมมติฐาน (Make a hypothesis) เป็นขั้นตอนที่ต้องหาคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ของปัญหา หรือคาดหวังไว้ว่าคำตอบจะออกมาในลักษณะใด การคาดคะเนคำตอบที่คาดว่าจะเป็นไปได้ต้องอาศัยพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ ปัญหาหนึ่งอาจสร้างสมมติฐานได้มากกว่าหนึ่ง แต่ที่จะถูกต้องมีเพียงอันเดียว การสร้างสมมติฐานต้องมีข้อมูลที่ได้จากการสังเกต มีประสบการณ์เดิมและความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น มีความคิดสร้างสรรค์และละเอียดรอบคอบในการทำงาน การจัดเรียงสมมติฐานควรจัดเรียงลำดับสมมติฐานที่มีโอกาสถูกมากไว้ลำดับแรกและเรียงต่อมาตามลำดับ การทดสอบสมมติฐานก็ทดสอบจากลำดับแรกก่อน

ขั้นที่ 3 ขั้นการรวบรวมข้อมูล (Gather evidence) ข้อมูลนั้นได้มาจากการสังเกต ข้อเท็จจริงขณะที่ทำการทดลอง เป็นสิ่งที่จำเป็นในระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์ ข้อมูลอาจได้จากการสำรวจหาข้อเท็จจริง จากการสังเกตปรากฏการณ์ จากเอกสาร จากการซักถามผู้รอบรู้ เพื่อหลักฐานทางข้อมูลที่นำไปแปลผลและลงข้อสรุปในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 ขั้นการลงข้อสรุป (Conclusion) เมื่อมีข้อมูลพร้อมนำมาแปลความหมาย การลงข้อสรุปอาจเป็นการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน ถ้ายอมรับสมมติฐานนั้นนำไปสร้างเป็นกฎหรือทฤษฎีต่อไป สมมติฐานที่ถูกปฏิเสธยกเลิกไปแล้ว เริ่มต้นตั้งสมมติฐานใหม่



ภาพที่ 2-1 ขั้นตอนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 94-95) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดประสบการณ์เรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา หมายถึง ขั้นที่ครูกับเด็กร่วมกันคิด ตั้งประเด็นปัญหาสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ร่วมกัน

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ขั้นที่ครูและเด็กนำปัญหามาสนทนา อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน

ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน หมายถึง ขั้นของการวางแผนร่วมกันในการที่จะทดลอง หาคำตอบจากการคาดเดาล่วงหน้า

ขั้นที่ 4 ทดสอบสมมติฐาน หมายถึง ขั้นตอนที่ครูกับเด็กร่วมกันดำเนินการตามแผนการทดลองตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ขั้นที่ 5 สรุปผลและประยุกต์ใช้ความรู้ หมายถึง ขั้นสรุปผลที่เกิด ว่าคืออะไร เพราะอะไร ทำไม และนำไปประยุกต์ใช้อย่างไร

คุสแลนและสโตน (Kuslan and Stone, 1969, pp. 15-16 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 10) ได้กล่าวถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 6 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นระบุข้อความของปัญหา
2. ขั้นตั้งสมมติฐาน
3. ขั้นการสืบเสาะหาข้อมูลหลักฐานเพื่อทดสอบสมมติฐาน
4. ขั้นประเมินความเที่ยงตรงของสมมติฐาน
5. ขั้นทบทวนสมมติฐาน ถ้าจำเป็น
6. ขั้นนำข้อสรุปไปใช้กับปัญหาอื่นที่คล้ายกัน

Carin and Sund (1980, p. 9 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548, หน้า 8) ได้กล่าวว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) มี 7 ขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา
2. ตั้งสมมติฐาน
3. ทำการทดลอง
4. สังเกตขณะทดลอง
5. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
6. ตรวจสอบข้อมูล
7. สรุปผลการทดลอง

อย่างไรก็ตาม แม้ว่านักการศึกษาจะได้กำหนดขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ต่าง ๆ กัน ซึ่งลำดับขั้นตอนขึ้นอยู่กับความละเอียดของการแบ่ง อาจแบ่งเป็น 4 ขั้น 5 ขั้น 6 ขั้น หรือ 7 ขั้นก็ตาม แต่กระบวนการทั้งหมดนั้นไม่แตกต่างกัน ในส่วนของผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนที่สำคัญของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นตั้งสมมติฐาน 3) ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล 4) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และ 5) ขั้นสรุปผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนมองเห็นปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหาเพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ผู้สอนอาจใช้วิธีเล่าเรื่อง สร้างสถานการณ์ อภิปราย หรือตั้งคำถามเป็นการเร้าความสนใจของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงปัญหานั้น

2. ขั้นตั้งสมมุติฐาน เป็นขั้นวางแนวทางที่จะหาคำตอบของปัญหา หรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าของปัญหาก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

เป็นพื้นฐาน ซึ่งจะให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานว่าปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร หรือวิธีการแก้ปัญหานั้นน่าจะแก้ไขได้โดยวิธีใดบ้าง รวมทั้งร่วมกันวางแผนว่าจะใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของสมมติฐานนั้น

3. ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนที่ได้วางไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นหลักฐานยืนยันหรือหักล้างสมมติฐาน แล้วจดรายละเอียดของข้อมูลเอาไว้ โดยผู้สอนจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์และสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องการใช้ในการทดลอง

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมเอาไว้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์อภิปรายร่วมกัน และมีการลงความคิดเห็นโดยผู้สอนกำหนดประเด็นการอภิปรายโดยใช้รูปแบบของคำถาม เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การสรุปผล

5. ขั้นสรุปผล เป็นการให้ผู้เรียนพิจารณาว่าจากผลการศึกษาทดลองนั้น ได้ผลสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ล่วงหน้าหรือไม่อย่างไร หรือเป็นการให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้มาสรุปเพื่อตอบปัญหาที่ทำการศึกษา แล้วนำความรู้นั้นมาสรุปเรียบเรียงให้เป็นระเบียบ ผู้สอนอภิปรายซักถามผู้เรียนช่วยเสริม และสรุปประเด็นสำคัญของการเรียนการสอนในครั้งนี้

แนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547, หน้า 45) ได้แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา
   1.1 กำหนดปัญหา
   1.2 ทำความเข้าใจปัญหา
2. ขั้นกำหนดสมมติฐาน
   2.1 กำหนดสมมติฐาน
   2.2 วางแผนการแก้ปัญหา
3. ขั้นรวบรวมข้อมูล
   3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล
4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล
   4.1 วิเคราะห์ข้อมูล
5. ขั้นสรุปและประเมินผล
   5.1 สรุปผล
   5.2 ตรวจสอบกับสมมติฐาน

กุณฑรี เพ็ชรทวีพรเดช, ธาริดา สริยาภรณ์, สุริยา บังใบ และสุคนธ์ สินธพานนท์ (2550, หน้า 134-136) ได้แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา ผู้สอนจะเสนอข้อเท็จจริงหรือจัดสถานการณ์ของการเรียนให้ผู้เรียนมีโอกาสได้สังเกตข้อเท็จจริง เพื่อนำไปสู่การตั้งปัญหาด้วยตนเองหรืออาจใช้คำถามให้ผู้เรียนคิด ลักษณะคำถามควรเป็นคำถามตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เป็นคำถามเพื่อหาสาเหตุหรือความสัมพันธ์ระหว่างส่วนที่เป็นสาเหตุกับส่วนที่เป็นผล

2. ขั้นกำหนดสมมติฐาน เป็นการคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหา โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ควรมีหลายข้อซึ่งจะเป็นโอกาสให้นักเรียนได้ใช้เหตุผลจากข้อเท็จจริงบางประการ ในการตั้งสมมติฐานไม่มองปัญหาด้านเดียว ยอมรับความคิดเห็นคนอื่นโดยปราศจากการไตร่ตรอง สมมติฐานแต่ละข้อมีคุณค่าแตกต่างกัน ควรได้อภิปรายข้อดีข้อเสียของสมมติฐานนั้น

3. ขั้นรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนการเรียนรู้ของนักเรียน ในขั้นตอนนี้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้วางแผนในการตรวจสอบสมมติฐาน หรือถ้าทำได้ก็ให้ดำเนินการตรวจสอบจนได้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริง ในการนี้ผู้เรียนจะมีโอกาสอภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการวางแผนวิธีดำเนินการ ตลอดจนการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่า การรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานอาจทำได้ 3 วิธีดังนี้

3.1 โดยการหาข้อมูลเพิ่มเติม

3.2 โดยการทำนายข้อเท็จจริงหรือเหตุการณ์ล่วงหน้า

3.3 โดยการทดลอง

การรวบรวมข้อมูล ควรจัดทำอย่างมีระบบ บันทึกอย่างมีนัยสำคัญ อยู่ในรูปที่วิเคราะห์ง่าย อาจจัดทำเป็นตารางแผนภูมิหรือกราฟก็ได้

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาตีความหมาย หาความสัมพันธ์แล้วใช้เหตุผลประกอบว่ามีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด

5. ขั้นสรุปผลการศึกษา เป็นขั้นที่นำผลการศึกษามาช่วยกันเรียบเรียงให้เป็นหลักการหรือนำผลการศึกษามาสรุปเพื่อหาคำตอบ เป็นการตรวจสอบสมมติฐานว่าเป็นความจริงหรือไม่หรือควรปรับปรุงสมมติฐานใหม่ เมื่อได้คำตอบแล้วจะมีการสรุปผลเป็นหลักการซึ่งเป็นความรู้ที่ได้จากการค้นพบ

พรพิมล พรพีรชนม์ (2550, หน้า 125-126) กล่าวถึงขั้นตอนการสอนโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ขั้นเตรียม

1.1 ผู้สอนศึกษาแผนการสอน เนื้อหา และจุดประสงค์การสอนอย่างละเอียด

1.2 ผู้สอนวางแผนกำหนดกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติเป็นขั้นตอนตามลำดับ

2. ขั้นดำเนินการสอน

2.1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนมองเห็นปัญหา และกำหนดขอบเขตของปัญหา ผู้สอนอาจใช้วิธีเล่าเรื่อง สร้างสถานการณ์จำลอง อภิปราย ศึกษากรณีเฉพาะราย เป็นต้น เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นปัญหานั้น ถ้ามีหลายปัญหาอาจแยกเป็นข้อ ๆ ได้

2.2 ขั้นตั้งสมมติฐาน เป็นขั้นวางแนวทางที่จะหาคำตอบของปัญหา โดยให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานว่า ปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร หรือวิธีการแก้ปัญหานั้นน่าจะแก้ไขได้โดยวิธีใดบ้าง

2.3 ขั้นรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนศึกษาหาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา โดยอาจค้นคว้าจากตำราเอกสารต่าง ๆ จากการสัมภาษณ์ ซักถามผู้เชี่ยวชาญ และจดบันทึกข้อมูลไว้

2.4 ขั้นทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูลมาพิจารณาโดยเริ่มจากการทดลองปฏิบัติและนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ว่า วิธีใดใช้ได้ผลในการแก้ปัญหา อาจใช้หลายวิธีแตกต่างกันไป

2.5 ขั้นประเมินและสรุปผล เป็นขั้นสุดท้ายของลำดับขั้นสอน เมื่อผู้เรียนได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้แล้ว ผู้เรียนจะสามารถประเมินผลวิธีการแก้ปัญหา และสรุปได้ว่าวิธีการใดได้ผลดีที่สุดในการแก้ปัญหานั้น

3. ขั้นประเมินผล

เป็นขั้นประเมินผลการทำงานของผู้เรียน แล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องจากการทำกิจกรรมเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553, หน้า 156-158) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific method) ว่ามี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียม

1.1 ผู้สอนศึกษาแผนการสอน เนื้อหา และจุดประสงค์การสอนอย่างละเอียด

1.2 ผู้สอนวางแผนกำหนดกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติเป็นขั้นตอนตามลำดับ

2. ขั้นดำเนินการสอน

2.1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนมองเห็นปัญหา และกำหนดขอบเขตของปัญหา ผู้สอนอาจใช้วิธีเล่าเรื่อง สร้างสถานการณ์จำลอง อภิปราย ศึกษากรณีเฉพาะราย ฯลฯ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นปัญหานั้น ถ้ามีหลายปัญหาอาจแยกเป็นข้อ ๆ ได้

2.2 ขั้นตั้งสมมติฐาน เป็นขั้นวางแนวทางที่จะหาคำตอบของปัญหา โดยให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานว่า ปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร หรือวิธีการแก้ปัญหานั้นน่าจะแก้ไขได้โดยวิธีใดบ้าง

2.3 ขั้นรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนศึกษาหาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา โดยอาจค้นคว้าจากตำรา เอกสารต่าง ๆ จากการสัมภาษณ์ ซักถามผู้เชี่ยวชาญ ฯลฯ แล้วจดบันทึกข้อมูลไว้

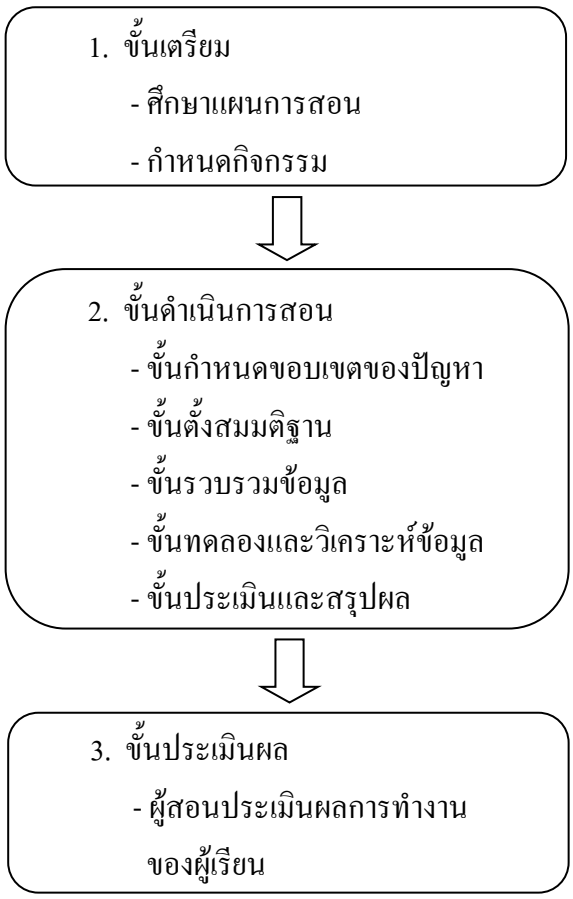
2.4 ขั้นทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูลมาพิจารณา โดยเริ่มจากการทดลองปฏิบัติดู และนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์ว่าวิธีใดใช้ได้ผลในการแก้ปัญหา อาจใช้ได้หลายวิธีแตกต่างกันไป

2.5 ขั้นประเมินและสรุปผล เป็นขั้นสุดท้ายของลำดับขั้นสอน เมื่อผู้เรียนได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 2.4 แล้ว ผู้เรียนย่อมสามารถประเมินผลวิธีการแก้ปัญหาและสรุปได้ว่า วิธีการใดได้ผลดีที่สุดในการแก้ปัญหานั้น

3. ขั้นประเมินผล

เป็นขั้นประเมินผลการทำงานของผู้เรียน แล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ซึ่งขั้นตอนการสอนแบบแก้ปัญหาสรุปได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2-2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า วิธีการสอนโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้น มีลักษณะคล้ายกับวิธีการในการแสวงหาความรู้ใหม่ของนักวิทยาศาสตร์ ผู้สอนต้องจัดลำดับขั้นตอนในการเรียนรู้ตามลำดับขั้นที่วางไว้ วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิธีนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้คิดหาคำตอบด้วยตนเองประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากอาศัยข้อมูลจากปัญหาที่พบมากำหนดแนวทางในการศึกษาหรือตั้งสมมติฐาน และเมื่อทำการศึกษาแล้วจะต้องบันทึกข้อมูล จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และลงข้อสรุป

การพัฒนาความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นที่ยอมรับกันว่าความรู้ที่ได้จากขั้นตอนทั้งหมดจะเป็นความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือ อย่างไรก็ตาม เราพบว่าความน่าเชื่อถือของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ประกอบอีกโดยเฉพาะความสามารถของบุคคลที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่าจะมีความสามารถหรือทักษะในแต่ละ

ขั้นตอนมากน้อยเพียงใด สำหรับนักวิทยาศาสตร์หรือบุคคลที่เคยผ่านการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาหลายครั้งหรือเป็นระยะเวลานาน ย่อมจะเกิดทักษะความชำนาญในการใช้วิธีการ ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลของการศึกษาในครั้งนั้นมีความน่าเชื่อถือไปด้วย แต่สำหรับบางคนที่ไม่เคยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือยังไม่เกิดความชำนาญในทักษะแต่ละด้านอย่างเพียงพอ ความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษา ก็อาจจะขาดความน่าเชื่อถือไปด้วย ดังนั้นเพื่อให้ผู้ที่แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดทักษะ เกิดความชำนาญในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แสวงหาความรู้ เราจึงควรมีการพัฒนาความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ วิธีต่อไปนี้เป็นแนวทางที่ (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547, หน้า 11-13) เห็นว่าสามารถที่จะใช้พัฒนาความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยจะกล่าวในแต่ละกรณี คือ

การพัฒนาความสามารถในการตั้งปัญหา

การตั้งปัญหาเป็นขั้นตอนแรกของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะหากมีการตั้งปัญหาได้ถูกต้องตรงจุด โอกาสของความถูกต้องในขั้นตอนอื่น ๆ ก็จะเกิดขึ้นด้วย ขณะเดียวกันหากมีความผิดพลาดในการตั้งปัญหาก็จะเป็นความผิดพลาดในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่เริ่มต้น

ปัญหาคือ ข้อสงสัยที่ผู้สังเกตได้พบเห็นในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เป็นความขัดแย้งของความรู้สึกที่ผู้สังเกตซึ่งเคยคาดว่าปรากฏการณ์ควรเป็นอย่างหนึ่ง แต่เหตุการณ์กลับเป็นไปอีกอย่างหนึ่ง เช่น การค้นพบการแผ่รังสีของสารกัมมันตภาพรังสีเป็นตัวอย่างที่ดีตัวอย่างหนึ่งของการตั้งปัญหา ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดกับเฮนรี่ เบคเคอเรล (Henri Becquerell) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสที่เดิมเคยมีความเชื่อว่าสารกัมมันตภาพรังสียูเรเนียมจะแผ่รังสีออกมาเมื่อกระทบกับแสงแดดเท่านั้น แต่แล้วเกิดมีความบังเอิญของเหตุการณ์ทำให้ความคิดดังกล่าวมีอันต้องเปลี่ยนไป เมื่อพบว่าขณะที่เขานำสารยูเรเนียมไปเก็บไว้ในที่มืดรวมกับฟิล์ม ซึ่งเป็นตัวทดสอบการเกิดรังสีที่แผ่ออกมาจากยูเรเนียม เมื่อตรวจสอบฟิล์มกลับพบว่าเกิดรอยเช่นเดียวกับการทดลองเมื่อวางแร่ยูเรเนียมให้โดนแสงแดด แสดงว่าการเกิดรังสีจากสารกัมมันตภาพรังสี ไม่ได้เกิดจากสารกัมมันตภาพรังสีโดนแสงอาทิตย์เท่านั้น ความรู้ที่ได้เกิดเป็นความขัดแย้งกับความรู้สึกและความรู้เดิมที่มีอยู่ ทำให้เกิดความสงสัยขึ้นมาว่าความรู้เดิมที่มีอยู่ถูกต้องหรือไม่ ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ก็จะนำไปสู่กระบวนการเพื่อหาคำตอบนั้นในขั้นต่อไป

ในการพัฒนาความสามารถในการตั้งปัญหาจะต้องมีการฝึกให้ผู้เรียนเป็นคนช่างคิด ช่างสงสัย และช่างสังเกตสิ่งต่าง ๆ รอบตัวอย่างละเอียดถี่ถ้วน ฝึกการตั้งปัญหาในสิ่งที่กำลังเผชิญอยู่ ในการเผชิญปัญหาแต่ละครั้งผู้เรียนควรจะมีการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน จากตัวอย่างของการค้นพบการแผ่รังสีของสารกัมมันตภาพรังสี จะเห็นได้ว่าถ้าเบคเคอเรลไม่เป็นบุคคล

ที่ช่างสังเกต ช่างสงสัย การค้นพบการแผ่รังสีคงจะไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นช้ากว่าในครั้งนั้น ผลจากการที่เบคเคอเรลเป็นคนช่างสังเกตได้ทำให้เขาหาวิธีการที่จะหาคำตอบให้ได้ว่า เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีข้อเท็จจริงอย่างไร ซึ่งก็จะนำไปสู่ขั้นตอนอื่น ๆ ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

การพัฒนาความสามารถในการตั้งสมมติฐาน

การศึกษาปัญหาเรื่องใด ๆ ก็ตาม ผู้ศึกษาหรือนักวิทยาศาสตร์จะคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าสำหรับปัญหาดังกล่าว การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้านั้นจะมีความถูกต้องหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ เช่น ประสบการณ์เดิมของบุคคลผู้นั้นว่าเคยมีประสบการณ์กับเรื่องดังกล่าวมามากน้อยเพียงใด หรือขึ้นอยู่กับความละเอียดรอบคอบในการหาคำตอบของบุคคลนั้น การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าของปัญหาที่เกิดขึ้นในทางวิทยาศาสตร์เราเรียกว่า การตั้งสมมติฐาน การตั้งสมมติฐานเป็นขั้นตอนสำคัญของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้ที่ศึกษาหรือนักวิทยาศาสตร์ต้องหมั่นฝึกฝนและพัฒนาความสามารถในการตั้งสมมติฐาน เพราะสมมติฐานที่ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง และมีความชัดเจนสามารถนำไปสู่การทดลองที่ดีเพื่อพิสูจน์สมมติฐานได้ สมมติฐานที่ดีจะช่วยชี้แนะแนวทางของการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานนั้นด้วย ดังนั้นในการพัฒนาความสามารถในการตั้งสมมติฐาน ผู้เรียนจะต้องทำการฝึกการคาดคะเนคำตอบของเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ โดยประมวลเอาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าวมาเป็นพื้นฐานในการคาดคะเนคำตอบหรือสมมติฐานนั้น ๆ

การพัฒนาความสามารถในการทดลอง

การทดลองเป็นขั้นตอนของการรวบรวมข้อมูลเพื่อสนับสนุนคำตอบตามสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ จึงถือว่าการทดลองเป็นผลที่สืบเนื่องจากการตั้งสมมติฐานกล่าวคือการออกแบบการทดลองจะต้องสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ การออกแบบการทดลองที่ดีจะช่วยให้การปฏิบัติการทดลองเป็นไปอย่างเหมาะสม มีความรัดกุม ประหยัดเวลา และทรัพยากรต่าง ๆ ที่จะใช้ รวมทั้งทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นการพัฒนาความสามารถในการทดลองจะต้องเริ่มจากการที่ผู้ที่ทำการศึกษาต้องทำความเข้าใจในสมมติฐานอย่างชัดเจนเสียก่อนว่าสมมติฐานต้องการคำตอบในเรื่องอะไร มีประเด็นและรายละเอียดอย่างไร จากนั้นก็ออกแบบการทดลองให้สอดคล้องกับคำตอบที่ต้องการ การทดลองเป็นเรื่องของการปฏิบัติ ซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนั้นในการพัฒนาความสามารถในการทดลอง จึงต้องมีการพัฒนาความสามารถและทักษะในการปฏิบัติและการใช้เครื่องมือเหล่านั้นด้วย

การพัฒนาความสามารถในการสรุปผล

เมื่อผู้ศึกษาได้ข้อมูลจากการสังเกต การทดลอง หรือแหล่งอ้างอิงอื่น ๆ เพียงพอแล้ว ขั้นตอนต่อมาก็คือการสรุปผล ซึ่งเป็นการหาคำตอบต่อประเด็นหรือเรื่องที่กำลังศึกษา คำตอบที่ได้

ถือเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์และมีความน่าเชื่อถือ เพราะได้ผ่านกระบวนการศึกษาอย่างเป็นขั้นตอน สามารถตรวจสอบที่มาของความรู้นั้นได้ การพัฒนาความสามารถในการสรุปผลเป็นการพัฒนาการโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่กำลังศึกษากับสมมติฐานที่กำหนดไว้ และข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพราะในการศึกษาใด ๆ ก็ตาม ขั้นตอนที่กล่าวมานี้จะต้องมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นการสรุปผลก็ต้องไปทางเดียวกันด้วย ในขั้นต้นผู้ที่จะสรุปผลการทดลองจะต้องทำการศึกษาเสียก่อนว่าปัญหาของการศึกษาครั้งนี้คืออะไร มีขอบเขตแค่ไหน จากนั้นจึงทำความเข้าใจสมมติฐานว่าต้องการคำตอบในเรื่องอะไร การสรุปในขั้นตอนสุดท้ายนี้ผู้สรุปจะต้องมีความสามารถในการประมวลความรู้จากส่วนต่าง ๆ มาเป็นข้อสรุปเพียงหนึ่งเดียว ซึ่งผู้สรุปจะต้องมีการพัฒนาตนเองในการให้เหตุผล และต้องมีการพัฒนาความสามารถในการใช้ภาษาที่กะทัดรัดชัดเจน และได้ใจความครบถ้วนทุกประการ

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ จะเน้นความรู้คู่กับกระบวนการเรียนรู้ มีการจัดกิจกรรมที่หลากหลายเพื่อตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนมีส่วนร่วมเรียนรู้ด้วยตนเอง มีกระบวนการคิด โดยผ่านประสาทสัมผัสจากการกระทำของสมองในการนำสิ่งเร้าไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมทำให้เกิดความรู้ใหม่ ผู้เรียนได้รับประสบการณ์หรือความรู้อย่างมีความหมาย เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการพัฒนาผู้เรียนด้านวิทยาศาสตร์ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนควรจะพัฒนาความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มีความรู้ความเข้าใจ มีทักษะและประสบการณ์ นอกจากนี้ผู้เรียนจะต้องมีลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์

บทบาทผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

บทบาทผู้สอน

พรพิมล พรพีรชนม์ (2550, หน้า 125-126) ได้กล่าวถึงบทบาทผู้สอนในแต่ละขั้นตอนการสอนโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา
   1.1 นำทางให้ผู้เรียนเห็นปัญหา
   1.2 จัดสิ่งแวดล้อมให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหา
   1.3 ช่วยตั้งจุดมุ่งหมายในการแก้ปัญหาให้ทุกคนเข้าใจได้ตรงกัน

2. ขั้นตั้งสมมติฐาน

2.1 ช่วยผู้เรียนวางแผนว่าจะแก้ปัญหาได้โดยวิธีใดบ้าง

2.2 แบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มรับผิดชอบงานตามความสามารถและความสนใจ

3. ขั้นรวบรวมข้อมูล

3.1 แนะนำแหล่งความรู้เพื่อค้นคว้าหาข้อมูล

3.2 ติดต่อบุคคลที่เป็นผู้เชี่ยวชาญล่วงหน้าเพื่อให้สัมภาษณ์แก่ผู้เรียน

4. ขั้นทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สังเกตการทดลองหรือวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียน และให้คำแนะนำเมื่อจำเป็น

4.2 อำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์ และสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องการใช้ในการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

5. ขั้นประเมินและสรุปผล

5.1 ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มรายงานวิธีการแก้ปัญหาตั้งแต่ขั้นที่ 1 จนถึงขั้นที่ 5

5.2 ผู้สอนอภิปรายซักถามผู้เรียน ช่วยเสริม และสรุปประเด็นสำคัญของการเรียนการสอนครั้งนี้

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553, หน้า 159) ได้กล่าวถึงบทบาทผู้สอนของวิธีสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific method) ไว้ดังนี้

1. ผู้สอนมีหน้าที่เตรียมปัญหามาให้ผู้เรียนศึกษา และควรเป็นปัญหาที่น่าสนใจ เหมาะสมกับวัย และเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน

2. ผู้สอนมีการใช้เทคนิคในการชี้นำให้ผู้เรียนคิดและมองเห็นปัญหา เช่น เทคนิคการถามคำถาม ฯลฯ

3. ผู้สอนควรเตรียมเนื้อหา แหล่งค้นคว้าหาข้อมูล ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ล่วงหน้า

4. ผู้สอนต้องให้เวลาและให้อิสระแก่ผู้เรียนในการศึกษาค้นคว้า การวิเคราะห์ และการสรุปผลข้อมูล

5. ผู้สอนต้องควบคุมให้การแก้ปัญหาของกลุ่มหรือรายบุคคลดำเนินไปด้วยดี และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีกำลังใจในการแก้ปัญหา

สุพัตรา มหายศ (ม.ป.ป.) ได้กล่าวถึงบทบาทผู้สอนของวิธีสอนแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ไว้ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา หน้าที่ของครูคือการแนะนำให้นักเรียนเห็นปัญหา จัดสิ่งแวดล้อมในการแก้ปัญหาโดยมีนวัตกรรมต่าง ๆ เป็นเครื่องช่วย

2. ขั้นแยกปัญหาและวางแผนแก้ปัญหา ขั้นนี้ครูและนักเรียนช่วยกันแยกแยะปัญหา กำหนดขอบข่ายการแก้ปัญหา และจัดลำดับขั้นตอนก่อนหลังในการแก้ปัญหา ดังนี้

2.1 ครูและนักเรียนร่วมกันวางแผนและกำหนดวิธีการแก้ปัญหา

2.2 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มรับผิดชอบและทำงานตามความสามารถและความสนใจ

2.3 แนะนำให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มรู้จักแหล่งความรู้เพื่อศึกษาค้นคว้าและนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นลงมือแก้ปัญหาและเก็บข้อมูล เป็นขั้นการเรียนรู้ของนักเรียนเองโดยการกระทำจริง โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ ในขั้นนี้ครูมีหน้าที่ ดังนี้

3.1 แนะนำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าใจปัญหา รู้จักวิธีแก้ปัญหา และรู้จักแหล่งความรู้สำหรับแก้ปัญหา

3.2 แนะนำให้นักเรียนทำงานอย่างมีหลักการ

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลหรือรวบรวมความรู้เข้าด้วยกัน และแสดงผล เป็นขั้นการรวบรวมความรู้ต่าง ๆ จากปัญหาที่แก้ไขแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องแสดงผลงานของตน โดยครูจะใช้คำถามนำเพื่อเปิดการอภิปราย

5. ขั้นสรุปและประเมินผล หรือขั้นสรุปและการนำไปใช้ ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและประเมินผลการปฏิบัติการแก้ปัญหาดังกล่าวว่ามีผลดี ผลเสียอย่างไร แล้วบันทึกเรียบเรียงไว้เป็นหลักฐาน

บทบาทผู้เรียน

วัลลี สัตยาศัย (2547, หน้า 58) กล่าวว่า บทบาทของผู้เรียนจะเปลี่ยนไปจากการศึกษาในระบบเดิมจากผู้รับฟัง (Passive learner) มาเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการเรียนการสอน รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง (Active learner) ดังนี้

1. ผู้เรียนจะต้องมีความรับผิดชอบสูง เพราะความสำเร็จหรือล้มเหลวของการทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ จะขึ้นอยู่กับการทำงานของสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มผู้เรียน

2. ผู้เรียนจะต้องไม่นิ่งเฉยและต้องให้ความร่วมมือกับผู้เรียนคนอื่น ๆ รวมทั้งครูเพื่อสร้างบรรยากาศที่เหมาะสม และเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้

3. มีการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมและทำงานที่ได้รับมอบหมาย

พรพิมล พรพีรชนม์ (2550, หน้า 125-126) ได้กล่าวถึงบทบาทผู้เรียนในการเรียนรู้โดยวิธีสอนแบบแก้ปัญหาหรือวิธีสอนแบบวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา ผู้เรียนมีหน้าที่ให้ความสนใจ ทำความเข้าใจกับปัญหา กำหนดขอบเขตของปัญหา และเสนอปัญหาที่หลากหลาย

2. ขั้นตั้งสมมติฐาน ผู้เรียนมีหน้าที่ตั้งสมมติฐานว่า ปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร หรือวิธีการแก้ปัญหานั้นน่าจะแก้ไขได้โดยวิธีใดบ้าง

3. ขั้นรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนศึกษาหาความรู้จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาโดยอาจค้นคว้าจากตำรา เอกสารต่าง ๆ ฯลฯ

4. ขั้นทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นนี้ผู้เรียนจะนำข้อมูลมาพิจารณาและนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ว่าวิธีใดใช้ได้ผลในการแก้ปัญหา

5. ขั้นประเมินและสรุปผล ผู้เรียนทำหน้าที่ประเมินผลวิธีการแก้ปัญหา และสรุปว่าวิธีการใดได้ผลดีที่สุด

จากการศึกษาบทบาทผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การสอนโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนให้เรียนรู้ตามกระบวนการการแก้ปัญหาแบบวิทยาศาสตร์ สิ่งสำคัญคือผู้สอนต้องมีการวางแผนการสอนเป็นอย่างดี ต้องหาวิธีการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมคิดวิเคราะห์ประเด็นปัญหา พร้อมทั้งจัดสภาพแวดล้อมหรือบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหา และมีหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้ผู้เรียน ผู้สอนจะต้องให้โอกาสผู้เรียนใช้ความคิดและฝึกการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดความชำนาญ จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ได้ดี ส่วนผู้เรียนนั้นจะเป็นผู้แก้ปัญหา หรือหาคำตอบด้วยตนเอง คือการที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ได้ลงมือกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ จะเน้นทักษะการแสวงหาความรู้ การค้นพบ การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

พรพิมล พรพีรชนม์ (2550, หน้า 126-127) ได้กล่าวถึง ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ข้อดี

1. ผู้เรียนได้ฝึกวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล ฝึกการคิดวิเคราะห์ และการตัดสินใจ

2. ผู้เรียนได้ฝึกการค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ

3. เป็นการฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และฝึกความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย

4. ประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้รับจะมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในชีวิตจริง ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ข้อจำกัด

1. ผู้เรียนต้องดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ถ้าผิดไปจะทำให้ได้ผลสรุปที่คลาดเคลื่อนหรือผิดความจริงไป

2. ผู้เรียนจะต้องมีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ จึงจะสรุปผลได้ดี

3. ถ้าผู้สอนไม่คุ้นเคยกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ อาจชี้นำไปผิดทางได้

4. การกำหนดปัญหา ถ้าเลือกปัญหาไม่ดีจะทำให้การเรียนการสอนไม่ได้ผลเท่าที่ควร

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547, หน้า 46) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ข้อดี

1. ผู้เรียนได้ฝึกวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

2. ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เป็นการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

3. ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายด้าน เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และกระบวนการกลุ่ม เป็นต้น

ข้อจำกัด

1. ใช้เวลาในการเรียนรู้ค่อนข้างมาก

2. ถ้าปัญหาง่ายเกินไปอาจจะไม่เกิดแรงจูงใจในการเรียน แต่ถ้าปัญหายากเกินไปผู้เรียนอาจเกิดความท้อถอยและเบื่อหน่าย

3. เสียค่าใช้จ่ายสูง เช่น กรณีที่จะต้องมีการทดลองอาจต้องใช้สารเคมีราคาแพง บางครั้งอาจเกิดอันตราย เช่น การทดลองใช้สารเคมีบางชนิด

4. การออกเก็บข้อมูลนอกสถานที่ อาจเกิดความเสี่ยงในเรื่องความปลอดภัย

จากข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า ผู้เรียนจะได้ฝึกวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การตัดสินใจ การค้นคว้าหาความรู้แบบนักวิทยาศาสตร์ การทำงานกลุ่ม อีกทั้งยังได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

และจากข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า ผู้สอนควรเตรียมเนื้อหา แหล่งค้นคว้าข้อมูล วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลอง เพื่อให้สามารถจัดการเรียนรู้ได้ทันเวลาที่กำหนดและมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงปัญหาที่นำมาให้ผู้เรียนศึกษาควรเป็นปัญหาที่น่าสนใจ เหมาะสมกับวัย ประสบการณ์ของผู้เรียน และมีประโยชน์ในการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นผู้เรียนอาจจะไม่เคยชินกับการเรียนรูปแบบนี้ ผู้สอนมีหน้าที่ต้องอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจถึงลำดับขั้นตอนในการศึกษาหาความรู้ และในการสอนต้องให้

เวลาและให้อิสระแก่ผู้เรียนในการศึกษาค้นคว้า ควบคุมให้การแก้ปัญหาดำเนินไปด้วยดี หากผู้เรียนยังมองไม่เห็นถึงปัญหาควรใช้เทคนิคชี้นำให้ผู้เรียนคิดได้ เช่น เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง นอกจากนั้นผู้สอนยังต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีกำลังใจในการแก้ไขปัญหาด้วย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นที่ฝึกให้ผู้เรียนใช้ทักษะการสังเกต สังเกตสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัว เพื่อนำไปสู่การเกิดปัญหาและตั้งปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดขอบเขต และทำความเข้าใจกับปัญหาที่ผู้เรียนได้ตั้งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ผู้สอนอาจใช้วิธีเล่าเรื่อง สร้างสถานการณ์ อภิปราย หรือตั้งคำถาม เป็นการเร้าความสนใจของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงปัญหานั้น

2. ขั้นตั้งสมมุติฐาน เป็นขั้นวางแนวทางที่จะหาคำตอบของปัญหา หรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าของปัญหาก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเป็นพื้นฐาน ซึ่งจะให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานว่าปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร หรือวิธีการแก้ปัญหานั้นน่าจะแก้ไขได้โดยวิธีใดบ้าง รวมทั้งร่วมกันวางแผนว่าจะใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของสมมติฐานนั้น

3. ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนที่ได้วางไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นหลักฐานยืนยันหรือหักล้างสมมติฐาน แล้วจดรายละเอียดของข้อมูลเอาไว้ โดยผู้สอนจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์ และสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องการใช้ในการทดลอง

4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมเอาไว้จากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์ อภิปรายร่วมกัน และมีการลงความคิดเห็นโดยผู้สอนกำหนดประเด็นการอภิปรายโดยใช้รูปแบบของคำถาม เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การสรุปผล

5. ขั้นสรุปผล เป็นการให้ผู้เรียนพิจารณาว่าจากผลการศึกษาทดลองนั้น ได้ผลสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ล่วงหน้าหรือไม่ อย่างไร หรือเป็นการให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้มาสรุปเพื่อตอบปัญหาที่ทำการศึกษา แล้วนำความรู้นั้นมาสรุปเรียบเรียงให้เป็นระเบียบ ผู้สอนช่วยเสริม และสรุปประเด็นสำคัญของการเรียนการสอนในครั้งนี้ อีกทั้งเป็นขั้นที่ผู้สอนประเมินผลการทำกิจกรรมของผู้เรียน แล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องจากการทำกิจกรรมเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

เทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

ความหมายของการใช้คำถาม

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการใช้คำถามในการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

กรมวิชาการ (2543, หน้า 17-18) กล่าวว่า การใช้คำถามทำให้เกิดการเรียนรู้ ช่วยพัฒนากระบวนการคิด การตีความ การไตร่ตรอง การถ่ายทอดความรู้ ความคิด และความเข้าใจ ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการเรียนรู้การคิด การถามเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้และการสอน ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ และพัฒนาความคิดใหม่ ๆ ช่วยขยายทักษะการคิด ทำความเข้าใจให้กระจ่าง ได้ทบทวน เกิดความคิดเชื่อมโยงต่าง ๆ ส่งเสริมให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นและเกิดความท้าทาย การตั้งคำถามที่ดีจะช่วยฝึกทักษะการคิด ช่วยสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้ทั้งผู้ถามและผู้ตอบ และนำมาซึ่งการอธิบายถกเถียงที่ผ่านกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ ช่วยเสริมสร้างนิสัยการเรียนรู้ตลอดชีวิตอีกด้วย

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547, หน้า 74) กล่าวว่า การใช้คำถามเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนจะป้อนคำถามในลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นคำถามที่ดี สามารถพัฒนาความคิดผู้เรียน ถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดเชิงเหตุผล วิเคราะห์ วิจารณ์ สังเคราะห์ หรือการประเมินค่า เพื่อจะตอบคำถามเหล่านั้น

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, หน้า 111) ได้กล่าวถึงการใช้คำถามว่า หมายถึง การใช้ประเภทของคำถามเป็นและรู้จักลักษณะการถามที่ดี การใช้ประเภทของคำถาม ทั้งคำถามง่ายและคำถามยาก หรือทั้งคำถามแคบและคำถามกว้าง หรือทั้งคำถามระดับต่ำและคำถามระดับสูง การถามคำถามในห้องเรียนอาจมีความเป็นไปได้ ดังนี้ 1) ครูเป็นผู้ถามคำถามให้ผู้เรียนตอบ 2) ครูและนักเรียนร่วมกันถามคำถาม ร่วมกันอภิปราย 3) นักเรียนเป็นผู้ถามคำถาม ส่วนลักษณะการถามที่ดีนั้น เป็นศิลปะในการถามที่ทำให้สามารถกระตุ้นความคิดของผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนกล้าตอบสนองและกล้าถามย้อนกลับ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 191) ได้กล่าวถึงการใช้คำถามว่า เป็นเทคนิคการสอนที่มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาที่มุ่งให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง การใช้คำถามมีบทบาทสำคัญเสมอในกระบวนการเรียนการสอน คำถามเป็นสื่อนำให้เกิดการเรียนรู้ อาจเป็นการถามตอบด้วยวาจาระหว่างครูกับนักเรียน หรือระหว่างนักเรียนกับนักเรียน บทบาทของคำถามในการสอนให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองมี 3 แบบ คือ แบบที่ครูเป็นผู้ถามคำถาม (Passive inquiry) แบบที่นักเรียนเป็นผู้ถามคำถาม (Active inquiry) และแบบที่ครูและนักเรียนร่วมกันถามคำถาม (Combined inquiry)

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553, หน้า 185) กล่าวว่า การใช้คำถามเป็นการกระตุ้นความคิดของผู้เรียน ถ้าผู้สอนมีความสามารถในการถามคำถามที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ได้ดี ได้หาแนวทางเลือกปฏิบัติที่เหมาะสม ดังนั้นจึงจำเป็นที่ผู้สอนจะต้องมีทักษะในการถามคำถามที่มีประสิทธิภาพ จึงจะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิด และคิดเป็น

จากการที่นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการใช้คำถาม สรุปได้ว่า การใช้คำถามเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ เป็นสื่อนำให้เกิดการเรียนรู้ และเป็นการถามตอบด้วยวาจาระหว่างครูกับนักเรียน หรือระหว่างนักเรียนกับนักเรียน โดยครูจะป้อนคำถามที่ดีในลักษณะต่าง ๆ และเหมาะสมกับระดับของนักเรียน เพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด การแก้ปัญหา และสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการเรียนรู้ อีกทั้งการใช้คำถามยังเป็นเครื่องมือตรวจสอบความรู้ความเข้าใจในการเรียนของนักเรียนอีกด้วย

ความหมายของคำถามระดับสูง

กรมวิชาการ (2543, หน้า 18) กล่าวว่า คำถามระดับสูง หมายถึง คำถามที่ต้องการคำตอบระดับการแปลผล การนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า หรือเรียกได้ว่าเป็นคำถามที่ต้องการวัดความคิด ช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านของทักษะการคิดและการใช้เหตุผล

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, หน้า 327) กล่าวว่า คำถามระดับสูง หมายถึง คำถามที่ผู้ตอบต้องใช้ความคิดซับซ้อนในการตอบ เป็นคำถามให้คิดค้น ได้แก่ การถามความเข้าใจ การนำไปใช้ การเปรียบเทียบ การถามหาเหตุผลและการสรุปหลักการเพื่อขยายความคิด เป็นการส่งเสริมความคิดของผู้ตอบ ให้สามารถคาดคะเน วางแผน และประเมินค่า โดยอาจใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานในการคิดและการตอบคำถาม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 66) กล่าวว่า คำถามระดับสูง หมายถึง คำถามที่มีคำตอบได้หลายแนวทาง เป็นคำถามกว้างที่พัฒนาการคิดขั้นสูงของนักเรียนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งความคิดวิจารณญาณ และความคิดสร้างสรรค์

จากการที่นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของคำถามระดับสูง สรุปได้ว่า คำถามระดับสูงเป็นคำถามที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูงและการใช้เหตุผล เป็นคำถามที่ผู้ตอบต้องใช้ความคิดซับซ้อนในการตอบ ซึ่งอาจใช้ความรู้ ความเข้าใจเดิมมาเป็นพื้นฐานในการตอบคำถาม

ประเภทของคำถาม

คำถามมีหลายประเภท คำถามแต่ละประเภทมีวัตถุประสงค์ในการใช้แตกต่างกัน ผู้ที่ตอบคำถามก็ต้องใช้ความคิดในระดับที่แตกต่างกันด้วยเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสม นักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของคำถามไว้หลายรูปแบบ ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, หน้า 120-122) ได้จำแนกคำถามตามลำดับขั้นของการใช้ความคิดด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ตามแนวคิดของบลูมไว้ 6 ประเภท ดังนี้

1. ถามความรู้/ ความจำ เป็นคำถามที่มีคำตอบแน่นอน ถามเนื้อหาเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำจำกัดความ คำนิยาม คำศัพท์ กฎ ทฤษฎี ถามเกี่ยวกับ ใคร (Who) อะไร (What) เมื่อไร (When) ที่ไหน (Where) รวมทั้งใช่หรือไม่

2. ถามความเข้าใจ เป็นคำถามที่ต้องใช้ความรู้/ ความจำ มาประกอบเพื่ออธิบายด้วยคำพูดของตนเอง เป็นคำถามที่สูงกว่าคำถามความจำ

3. ถามการนำไปใช้ เป็นคำถามที่นำความรู้และความเข้าใจ ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

4. ถามการวิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้จำแนกแยกแยะเรื่องราวต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยส่วนย่อยอะไรบ้าง โดยอาศัยหลักการ กฎ ทฤษฎี ที่มาของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้น

5. ถามการสังเคราะห์ เป็นคำถามที่ใช้กระบวนการคิด เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ขึ้นเป็นหลักการหรือแนวคิดใหม่

6. ถามการประเมินค่า เป็นคำถามที่ให้นักเรียนตีคุณค่า โดยใช้ความรู้ ความรู้สึกความคิดเห็นในการกำหนดเกณฑ์เพื่อประเมินค่าสิ่งเหล่านั้น

ฆนัท ธาตุทอง (2554, หน้า 300-305) ได้เสนอประเภทของคำถามตามแนวคิดของบลูมดังนี้

1. คำถามความรู้ เป็นคำถามที่มีคำตอบแน่นอน ถามเนื้อหา ข้อเท็จจริง คำจำกัดความ คำนิยาม คำศัพท์ กฎ ทฤษฎี ใช่ ไม่ใช่ ใคร อะไร ที่ไหน เมื่อไร

2. คำถามความเข้าใจ เป็นคำถามที่ต้องใช้ความรู้ความจำมาประกอบ เพื่ออธิบายด้วยคำพูดตนเอง

3. คำถามการนำไปใช้ เป็นคำถามที่ต้องนำความรู้ ความเข้าใจ ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ หรือเป็นการแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น อาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม

4. คำถามการวิเคราะห์ เป็นคำถามที่แสดงถึงการจำแนก แยกแยะเรื่องราว ส่วนประกอบย่อย ๆ โดยอาศัยหลักการ ทฤษฎี แนวคิดในการตั้งคำถามเพื่อการวิเคราะห์ อาจถามด้วยการเปรียบเทียบความเหมือน ความแตกต่าง ต้องคิดอย่างรอบคอบก่อนตอบ นอกจากนี้ยังสามารถถามเพื่อให้จำแนก จัดหมวดหมู่ จัดกลุ่ม จัดพวกใหม่

5. คำถามสังเคราะห์ เป็นคำถามที่ต้องใช้กระบวนการคิด เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ขึ้นเป็นหลักการหรือแนวคิดใหม่ นอกจากนี้ยังสามารถถามความสัมพันธ์ระหว่าง

เหตุผล เพื่อฝึกการสังเกตุปรากฏการณ์ว่าเกิดอะไรขึ้น ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร ทั้งนี้การถามเพื่อให้ทราบความมุ่งหมาย เน้นที่จุดมุ่งหมายสำคัญของเรื่องหรือเหตุการณ์นั้น ๆ ก็เป็นวิธีหนึ่งที่จะฝึกให้ผู้เรียนได้สังเคราะห์

6. คำถามการประเมินค่า เป็นคำถามที่ต้องอาศัยการให้คุณค่า โดยใช้ความรู้ ความรู้สึก ความคิดเห็น กำหนดเกณฑ์ วิจารณ์ แสดงเหตุผล อภิปราย สรุป ประเมินคุณภาพ ตีค่า ตัดสินใจ เลือก คาดคะเนความสำเร็จเพื่อประเมินและตัดสินค่าของสิ่งนั้น ๆ

กรมวิชาการ (2543, หน้า 18-19) ได้จำแนกประเภทของคำถามไว้ ดังนี้

1. คำถามระดับต่ำและระดับสูง

1.1 คำถามระดับต่ำ เป็นคำถามที่ต้องการคำตอบระดับความจำของข้อมูล หรือเรียกได้ว่าเป็นคำถามที่ต้องการวัดความจำ ใช้ในการทบทวนความรู้พื้นฐานหรือมโนทัศน์

1.2 คำถามระดับสูง เป็นคำถามที่ต้องการคำตอบระดับการแปลผล การนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า หรือเรียกได้ว่าเป็นคำถามที่ต้องการวัดความคิด ช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านของทักษะการคิดและการใช้เหตุผล

2. คำถามเกี่ยวกับผล กระบวนการ และความคิดเห็น

2.1 คำถามเกี่ยวกับผล เป็นคำถามที่ต้องการคำตอบในรูปของการสรุปผลขั้นสุดท้าย

2.2 คำถามเกี่ยวกับกระบวนการ เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนอธิบายถึงวิธีการการดำเนินการ หรือขั้นตอนที่นำไปสู่ผลขั้นสุดท้าย

2.3 คำถามเกี่ยวกับความคิดเห็น เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจ หรือประเมินสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

3. คำถามแบบปิดและแบบเปิด

3.1 คำถามแบบปิด เป็นคำถามที่มีคำตอบเดียวมักใช้กับข้อมูลที่เป็นความจำ

3.2 คำถามแบบเปิด เป็นคำถามที่ให้คำตอบได้หลายอย่าง ใช้เพื่อการสร้างข้อมูล เพื่อให้เกิดการตอบสนองเฉพาะตัวและนำไปสู่การอภิปราย และการถามในขั้นต่อไป

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 200-202) กล่าวว่า สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ส่งเสริมให้มีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการทดลองและการอภิปรายซักถาม เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจำแนกออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. คำถามการสังเกต เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนได้ใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า เพื่อรับรู้และรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ปัญหา และแก้ปัญหาต่อไป เช่น เมื่อใส่น้ำแข็งลงในแก้วใส่น้ำใบหนึ่ง มีอะไรเกิดขึ้น

2. คำถามการอธิบาย เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ข้อมูล แปลความหมายจากข้อมูลหรือกราฟ โดยใช้เหตุผลหรือการสรุปผล เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น คลอโรฟิลล์ช่วยในการสังเคราะห์แสงได้อย่างไร

3. คำถามการสร้างสมมติฐาน เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนคาดการณ์อย่างมีเหตุผล โดยใช้ความรู้เดิมหรือจากข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้ ไปใช้ในการคาดคะเนว่าจะมีอะไรเกิดขึ้น ในเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบางสิ่งบางอย่างของสถานการณ์นั้น ๆ หรือคาดการณ์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของสถานการณ์นั้น หรือเป็นคำถามที่มุ่งให้ผู้ตอบคาดการณ์เพื่อขยายข้อสรุปในขั้นอธิบายให้กว้างขวางออกไป เช่น ถ้าต้มน้ำบนยอดภูเขา น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิสูงกว่าหรือต่ำกว่าเมื่อต้มบนพื้นราบ

4. คำถามการออกแบบทดลองและควบคุมตัวแปร เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนจะต้องเอาหลักการความสัมพันธ์ของตัวแปรมาใช้ในการออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐาน และในการทดลองนั้น ๆ มีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ด้วย เช่น ท่านจะทำอย่างไรเพื่อพิสูจน์ว่า ออกซิเจนจากสาหร่ายหางกระรอกช่วยให้ปลามีชีวิตอยู่ได้

5. คำถามการนำไปใช้ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนจะต้องนำความรู้ หลักการ กฎเกณฑ์ต่าง ๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในสถานการณ์ใหม่ หากสถานการณ์นั้น ๆ นักเรียนเคยพบเห็นมาแล้วก็ไม่ถือว่าเป็นคำถามที่นำไปสู่การนำไปใช้ เช่น นักเรียนต้องการปลูกต้นกุหลาบแต่ดินมีสภาพเป็นกรดมาก จะมีวิธีแก้ไขอย่างไรเพื่อให้ต้นกุหลาบเจริญงอกงามดี

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, หน้า 327) ได้แบ่งระดับของคำถามออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ คำถามพื้นฐานและคำถามระดับสูง

คำถามพื้นฐาน ถามความรู้ ความจำ เป็นคำถามที่ใช้ความคิดทั่วไป ใช้พื้นความรู้เดิม ได้แก่

1. คำถามให้สังเกต
2. คำถามให้ทบทวนความจำ
3. คำถามให้บอกความหมายหรือคำจำกัดความ
4. คำถามให้บ่งชี้หรือระบุ

คำถามระดับสูง ได้แก่

1. คำถามให้อธิบาย
2. คำถามให้เปรียบเทียบ
3. คำถามให้วิเคราะห์
4. คำถามให้ยกตัวอย่าง

5. คำถามให้สรุป

6. คำถามให้ประเมินและเลือกทางเลือก

7. คำถามให้ประยุกต์

8. คำถามให้สร้างหรือคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ

คันนิงแฮม (Cunningham, 1971, pp. 79-128 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 192-194) ได้แบ่งคำถามออกตามระดับของความคิดในการหาคำตอบได้เป็น 2 ประเภท คือ คำถามแบบแคบ (Narrow questions) และคำถามแบบกว้าง (Broad questions) มีรายละเอียดดังนี้

1. คำถามแบบแคบ เป็นคำถามที่ผู้ตอบสามารถตอบคำถามได้โดยใช้ความคิดระดับพื้นฐานหรือความคิดระดับต่ำ คำตอบของคำถามประเภทนี้จึงเป็นข้อเท็จจริงซึ่งได้จากความจำ การสังเกต หรือนำข้อเท็จจริงต่าง ๆ มาสัมพันธ์กัน คำถามแบบแคบจะมีคำตอบที่แน่นอน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับคือ

1.1 คำถามความรู้ความจำ คำถามระดับนี้แบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

1.1.1 คำถามให้สังเกต

1.1.2 คำถามทบทวนความจำ

1.1.3 คำถามให้บอกความหมายหรือนิยามของสิ่งต่าง ๆ

1.1.4 คำถามชี้บ่ง

1.2 คำถามสรุปแคบ เป็นคำถามที่นักเรียนต้องนำข้อเท็จจริงต่าง ๆ มาสัมพันธ์กันเพื่อตอบคำถาม นักเรียนต้องใช้ความคิดสูงกว่าคำถามเกี่ยวกับความรู้ความจำ คำถามสรุปแคบแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1.2.1 คำถามให้อธิบาย

1.2.2 คำถามให้เปรียบเทียบ

1.2.3 คำถามให้จำแนกประเภท

1.2.4 คำถามให้ยกตัวอย่าง

2. คำถามแบบกว้าง เป็นคำถามที่ผู้ตอบต้องใช้ความคิดระดับสูงกว่าความคิดขั้นพื้นฐานเป็นคำถามระดับสูง คำถามแบบกว้างมีคำตอบที่ถูกต้องได้หลายแนวทาง ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำนายคำตอบล่วงหน้าได้ คำถามประเภทนี้ช่วยฝึกฝนให้นักเรียนคิดอย่างลึกซึ้ง ต้องศึกษาค้นคว้าหรือทำการทดลองซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ คำถามแบบกว้างแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ

2.1 คำถามเปิดกว้าง เป็นคำถามที่ให้นักเรียนนำข้อมูลต่าง ๆ มาศึกษาและจัดรูปแบบใหม่ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

2.1.1 คำถามให้ทำนายหรือตั้งสมมติฐาน

2.1.2 คำถามให้วิเคราะห์

2.1.3 คำถามให้สังเคราะห์

2.2 คำถามประเมิน เป็นคำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิด ใช้ดุลยพินิจเพื่อตัดสินสิ่งต่าง ๆ ให้คุณค่าหรือให้เหตุผลยืนยันสิ่งต่าง ๆ ตามเกณฑ์ที่มีอยู่

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547, หน้า 75-76) กล่าวว่า ศาสตราจารย์ Curtis แห่งมหาวิทยาลัยมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้จำแนกคำถามออกเป็น 12 แบบ ดังนี้

1. ถามเพื่อเปรียบเทียบ
2. ถามเพื่อการตัดสินใจ
3. ถามเพื่อการนำเอาความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
4. ถามเพื่อการจำแนก
5. ถามความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผล
6. ถามเพื่อให้ทราบความมุ่งหมาย
7. ถามเพื่อให้เกิดความคิดวิจารณ์
8. ถามเพื่อให้แสดงความคิดเห็น
9. ถามเพื่อเปิดการอภิปราย
10. ถามเพื่อให้กำหนดนิยามหรือให้อธิบาย
11. ถามเพื่อให้สังเกต
12. ถามเพื่อยั่วยุให้เกิดคำถามใหม่ ๆ อีก

จากการที่ศึกษาประเภทของคำถามข้างต้น จะสามารถจำแนกระดับของคำถามได้ 2 ประเภท ได้แก่ 1) คำถามระดับต่ำ เป็นคำถามจำพวก คำถามความรู้-ความจำ คำถามความเข้าใจ คำถามแบบแคบ คำถามปลายปิด และ 2) คำถามระดับสูง เป็นคำถามจำพวก คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า คำถามแบบกว้าง คำถามปลายเปิด ซึ่งคำถามทั้ง 2 ประเภทนี้ผู้ตอบต้องใช้ความคิดในระดับที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสม

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้คำถามระดับสูง เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การทดลองและรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล เป็นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการซึ่งเป็นทักษะขั้นสูงที่ซับซ้อน ผู้เรียนต้องใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในทุกขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้คำถามระดับสูงตามแนวคิดของบลูม ซึ่งมีทั้งหมด 4 ด้าน กล่าวคือ ถามการนำไปใช้ ถามการวิเคราะห์ ถามการสังเคราะห์ และ

ถามการประเมินค่า ซึ่งเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงนี้จะใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

ประโยชน์ของการใช้คำถาม

กรมวิชาการ (2543, หน้า 21-22) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการตั้งคำถามไว้ ดังนี้

1. ผู้เรียนกับผู้สอนสื่อความหมายกันได้ดีขึ้น
2. ช่วยในการวางแผนการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้ผู้สอนสามารถกำหนดองค์ประกอบของงานที่มอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
3. สร้างแรงจูงใจและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และแสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจของผู้เรียนในเบื้องต้น
4. ช่วยเน้นประเด็นสำคัญของสาระการเรียนรู้ที่เรียนและทบทวนสาระที่สำคัญในเรื่องที่เรียน
5. ช่วยในการประเมินผลการเรียนการสอน เข้าใจความสนใจที่แท้จริงของผู้เรียน และวินิจฉัยจุดแข็งและจุดอ่อนของผู้เรียนได้
6. ช่วยสร้างลักษณะนิสัยการชอบคิดให้กับผู้เรียน ตลอดจนนิสัยใฝ่รู้ใฝ่เรียนตลอดชีวิต

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2553, หน้า 185-186) กล่าวว่า เมื่อพิจารณาประโยชน์ของคำถามทุก ๆ ด้าน สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมทักษะทางการคิดให้แก่ผู้เรียน
2. เพื่อกระตุ้นความสนใจในการเรียน ทำให้ผู้เรียนตื่นตัว สนใจเรียนดีขึ้น
3. ช่วยขยายความคิดและแนวทางในการเรียนรู้แก่ผู้เรียน
4. ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน
5. เป็นสื่อกลางเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่
6. ปลูกฝังนิสัยรักการค้นคว้า เพื่อหาคำตอบจากคำถามที่ได้รับ
7. ใช้วัดผลประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดี

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, หน้า 325-326) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้คำถามในการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. กระตุ้น เร้าใจให้นักเรียนเกิดความสนใจในบทเรียน
2. นำเด็กเข้าสู่ปัญหาใหม่ที่น่าสนใจ
3. ช่วยให้ครูได้เน้นเนื้อหาในบทเรียน
4. ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างทั่วถึง

5. ครูสามารถตรวจสอบความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมของนักเรียน ทำให้สามารถจัดประสบการณ์การเรียนใหม่ให้กับนักเรียนได้อย่างเหมาะสม

6. เสริมสร้างความสามารถทางความคิดและการตัดสินใจ

7. ฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดและค้นหาข้อมูล คำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ด้วยตัวเอง

8. พัฒนาความคิดรวบยอดของนักเรียน

9. ฝึกให้นักเรียนได้รู้จักร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่ม

10. ช่วยให้ครูสามารถประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และเป็นการประเมินผลการเรียนการสอน

11. ทำให้ครูรู้จักนิสัยส่วนตัว ความรู้สึกนึกคิด ภูมิหลังของนักเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การวินิจฉัยจุดเด่นจุดด้อยของนักเรียน

12. ทบทวนหรือสรุปสิ่งที่เรียนมาแล้ว

13. ขยายแนวคิดแนวทางในการเรียนรู้ เพื่อช่วยแนะแนวทางให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ เกิดการอภิปรายขยายผลต่อเนื่อง

จากการศึกษาประโยชน์ของการใช้คำถามข้างต้น สรุปได้ว่า คำถามนั้นมีความสำคัญมากในการพัฒนาผู้เรียน โดยคำถามจะช่วยให้ครูได้สำรวจความรู้เดิม และกระตุ้นความสนใจผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแง่มุมการคิดมากขึ้น และเมื่อมีการอภิปรายจะนำไปสู่ความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ รวมทั้งคำถามจะช่วยในการประเมินผลการเรียนของผู้เรียน และการสอนของครูอีกด้วย

ลักษณะคำถามที่ดีในการเรียนการสอน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 206-207) กล่าวว่า คำถามที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดอย่างมีระบบ และเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คำถามที่ดีมีลักษณะดังนี้คือ

1. มีความหมายชัดเจนไม่คลุมเครือ ใช้ภาษาง่าย ๆ ชัดเจน เจาะจง เมื่อนักเรียนฟังคำถามแล้วจะเข้าใจอย่างถูกต้อง เช่น ถามว่าทำไมพืชจึงต้องการแสงแดด คำตอบก็คือ พืชต้องการแสงแดดเพื่อสังเคราะห์แสงในการปรุงอาหาร

2. เป็นข้อความที่กะทัดรัด และไม่ควรมีคำถามหลายประเด็นพร้อมกัน เช่นถามว่าเมื่อแยกน้ำด้วยไฟฟ้าจะเกิดอะไรขึ้น และสิ่งที่เกิดขึ้นคืออะไร จะทดสอบอย่างไร

3. เป็นข้อความที่สมบูรณ์ ไม่ควรละข้อความบางส่วนของคำถามให้นักเรียนคิดเอาเอง เช่น ถามว่าเทียนไขกำลังติดไฟ เนื้อเทียนไขที่หลอมเหลวเมื่อหยดลงที่พื้นจะกลายเป็นของแข็ง และ…. คำถามเช่นนี้เป็นคำถามที่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนอาจไม่เข้าใจสิ่งที่จะต้องตอบคืออะไร ซึ่งที่จริงแล้วครูต้องการให้นักเรียนตอบสิ่งที่สังเกตได้จากเทียนไขกำลังติดไฟ

4. มีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน มีระดับความยากง่ายพอเหมาะ ไม่เป็นคำถามที่ยากเกินไปหรือง่ายเกินไป ควรระวังการตั้งคำถามที่ยากเกินกว่าเนื้อหาวิชาที่กำหนดในหลักสูตร นักเรียนจะไม่สามารถตอบคำถามได้และจะเกิดความท้อถอย ส่วนคำถามที่ง่ายเกินไปนักเรียนจะไม่ได้ฝึกคิด

5. เป็นคำถามที่ส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม เช่นถามว่า ให้อธิบายการเปลี่ยนสถานะของน้ำ นักเรียนจะต้องลำดับแนวความคิดเพื่อที่จะอธิบายให้ตรงกับคำถาม

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, หน้า 26-27) ได้กล่าวว่า ในการตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบแต่ละครั้ง ผู้สอนต้องอาศัยหลักในการตั้งคำถามที่ดี ซึ่งคำถามที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. ชัดเจน คำถามที่ดีควรมีความชัดเจน เพื่อให้ผู้เรียนรู้ว่าต้องการถามอะไร

2. เข้าใจง่าย คำถามที่ดีต้องใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย

3. สัมพันธ์กับสิ่งที่เรียน คำถามที่ดีต้องมีความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์การเรียนการสอน เรื่องราว เนื้อหา และกิจกรรมการเรียนการสอน

4. หลากหลาย คำถามที่ดีต้องมีหลายประเภท กลมกลืนกับเรื่องราวกิจกรรม และเร้าความสนใจ

5. มีคุณค่า คำถามที่สร้างขึ้นต้องมีคุณค่า และเร้าให้อยากตอบ

6. ปลายเปิด คำถามที่ดีควรเป็นแบบปลายเปิด เพราะจะทำให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะตอบ

7. ได้คิด คำถามที่ดีควรให้ผู้เรียนได้คิด ได้บรรยาย อธิบายเหตุผลว่าทำไม เพราะเหตุใด หรือได้ประเมินค่าสิ่งที่เรียนรู้ ผู้ถามต้องพยายามหลีกเลี่ยงคำถามที่ต้องการคำตอบเดียวว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่”

8. พัฒนาสมอง คำถามที่ดีต้องสามารถให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางสมองได้ดีขึ้น

9. สั้นกระชับ คำถามที่ดีควรสั้น กระชับ และชัดเจนที่สุด

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, หน้า 329-331) กล่าวว่า คำถามที่ดีที่จะส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีลักษณะดังนี้

1. สั้น มีความหมายชัดเจน มีความสมบูรณ์ ภาษาง่าย เป็นที่เข้าใจกันทั่วไป อย่าถามเยิ่นเย้อ เช่น “ประเทศต่าง ๆ ในโลกนี้อยู่ในภูมิภาคที่ต่างกันซึ่งจะมีภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกัน จงบอกว่าภูมิอากาศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีลักษณะเป็นอย่างไร” ซึ่งคำถามลักษณะนี้ หากเป็นเด็กเล็กหรือเด็กที่เรียนรู้ช้า อาจจะจับประเด็นคำถามไม่ได้

2. น่าสนใจ เป็นคำถามที่เหมาะกับวัยของเด็ก และเป็นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัวหรืออยู่ในความสนใจใคร่รู้ ควรหลีกเลี่ยงคำถามที่มีคำตอบ ใช่กับไม่ใช่ หรือไม่ควรถามว่า เข้าใจไหม เพราะคำตอบที่ได้คือ เข้าใจครับ/ เข้าใจค่ะ หรือใครเข้าใจแล้วให้ยกมือขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่หรือทั้งหมดจะยกมือ ซึ่งครูก็จะรู้สึกภูมิใจและดำเนินการสอนต่อไป แต่ในความเป็นจริงแล้วนักเรียนอาจไม่เข้าใจเลยหรือเข้าใจเพียงบางส่วน และบางคนอาจอยากซักถามเพิ่มเติมก็ไม่อาจทำได้ ทางที่ดีครูควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนด้วยการเปลี่ยนคำพูดใหม่ว่า “เอาล่ะ ให้เธอลองพูดหรืออธิบายให้เพื่อนคนที่อยู่ข้าง ๆ ว่า ที่ครูพูดหมายความว่าอย่างไร” และเมื่อทิ้งเวลาผ่านไปชั่วขณะหนึ่งจึงค่อยถามว่า “ใครคิดว่าเพื่อนเข้าใจในสิ่งที่ครูพูดให้ยกมือขึ้น” ครูจะพบว่าจำนวนนักเรียนที่ยกมือขึ้นจะน้อยกว่าแบบแรก

3. มีคำตอบที่หลากหลาย เป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนหลายคนหรือทุกคนได้ตอบ คำถามหนึ่ง ๆ อาจมีคำตอบอย่างน้อย 7 คำตอบ หรือหากเป็นการเขียนตอบต้องชักชวนให้นักเรียนตอบได้หลายย่อหน้า ลักษณะของคำถาม เช่น

3.1 สิ่งนี้ใช้ทำอะไรได้บ้าง

3.2 จากของที่มีอยู่จะจัดวางได้กี่วิธี

3.3 จะทำอะไรได้บ้างเพื่อแก้ปัญหาขยะในโรงเรียน ระบุมาให้มากที่สุด

4. ตรงประเด็น เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ ครูบางคนตั้งคำถามนักเรียนทั้ง ๆ ที่รู้คำตอบดีอยู่แล้ว บางทีชอบถามคำถามที่ไม่ได้ต้องการวัดอะไร ไม่มีคุณค่าต่อการเรียน หรือเป็นคำถามตรวจสอบข้อเท็จจริงเท่านั้นแต่ไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์ ทำให้เสียเวลาเรียนรู้โดยไม่จำเป็น

5. ชวนให้คิด และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดก่อนที่จะตอบ คำถามที่ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดเป็นคำถามที่ครูได้คำตอบอย่างทันทีทันควัน คนที่ตอบได้เป็นคนแรกจะเป็นผู้ที่มีโอกาสได้ตอบแต่เพียงผู้เดียว ทำให้นักเรียนคนอื่น ๆ ไม่มีโอกาสได้ตอบทั้งที่อาจตอบได้ ดังนั้นการตั้งคำถามต้องส่งเสริมการคิด นักเรียนจะใช้ความรวดเร็วในการตอบคำถามได้ไม่เท่ากัน ในการถามบางครั้งแม้ว่าครูต้องการคำตอบที่ถูกต้อง เพราะเพียงแค่ต้องการดึงเอาความรู้ความเข้าใจของนักเรียนให้แสดงออกมา นักเรียนบางคนอาจยกมือทุกครั้งเมื่อครูถามในขณะที่นักเรียนบางคนอาจนิ่งเงียบ ครูไม่อาจสรุปได้ว่านักเรียนที่กระตือรือร้นในการตอบมีความรู้มากกว่านักเรียนที่นั่งเงียบ นักเรียนที่นั่งเงียบอาจมีความรู้อยู่ในสมอง แต่ไม่อาจนำความรู้ออกมาใช้ได้ทันที ซึ่งนักเรียนหลายคนต้องใช้ความคิดก่อนตอบ ในขณะที่นักเรียนหลายคนอาจตอบได้ทันทีโดยไม่ต้องคิดใคร่ครวญ ครูจึงควรระมัดระวังในการตั้งคำถามมี 2 รูปแบบ คือ ทั้งปลายปิดและปลายเปิดให้นักเรียนทั้งสองประเภทได้มีโอกาสใช้ความสามารถทั้งความคิดรวดเร็วและความคิดไตร่ตรอง อย่างไรก็ตามนักเรียนที่มีความสามารถ มักจะตอบคำถามได้ดีทั้งปลายปิดและปลายเปิด

6. ส่งเสริมการคิดระดับสูง เป็นคำถามที่ให้นักเรียนคิดเชิงนามธรรมโดยอาศัยข้อเท็จจริงหรือคำอธิบายเพื่อนำไปสรุปหาความสัมพันธ์ อ้างอิงเปรียบเทียบ หาเหตุผล เช่น การพิสูจน์ การคาดการณ์ การวางโครงการ การประดิษฐ์คิดค้น การเชื่อมโยง เป็นต้น ลักษณะคำถาม เช่น

6.1 บอกสาเหตุ เช่น อะไรเป็นปัญหายาเสพติดของประเทศ

6.2 บอกความเหมือนและความต่างของสิ่งต่าง ๆ เช่น วัวกับควาย พืชกับสัตว์ มีอะไรคล้ายคลึงกันและแตกต่างกัน

6.3 จัดลำดับความสำคัญของสิ่งต่าง ๆ เช่น เธอคิดว่าสิ่งใดมีความสำคัญในชีวิตประจำวัน ให้เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

7. เป็นคำถามที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วย หากครูถามว่า “พืชล้มลุกกับพืชยืนต้นมีอะไรที่แตกต่างกันบ้าง” จะไม่ดีเท่าครูตั้งคำถามว่า “ให้นักเรียนช่วยกันระดมสมอง แล้วช่วยกันเขียนความแตกต่างระหว่างพืชล้มลุกกับพืชยืนต้นมา 5 ข้อ” การที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติงานและร่วมมือกันทำงาน จะทำให้บรรยากาศการเรียนเป็นไปอย่างสนุกสนาน และเสริมสร้างกันร่วมมือกันทำงานมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

จากลักษณะคำถามที่ดีในการเรียนการสอนข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจะใช้คำถามได้ดีนั้น ครูต้องมีหลักในการถาม โดยการใช้คำถามที่สั้น ชัดเจน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย คำถามมีความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์การเรียนการสอน สัมพันธ์กับเรื่องราว เนื้อหา กิจกรรม มีการใช้คำถามที่มีคุณค่าหลากหลายประเภท ที่เร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากตอบ ลักษณะคำถามควรเป็นแบบปลายเปิดหรือเป็นคำถามระดับสูง เพื่อให้ผู้เรียนได้คิด ได้บรรยาย และได้ใช้เหตุผลในการอธิบาย

เทคนิคการใช้คำถามที่ดี

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547, หน้า 82-83) กล่าวว่า นอกจากการที่เราใช้คำถามแล้ว ยังต้องฝึกการถามให้มีประสิทธิภาพ โดยลักษณะการใช้คำถามที่ดีมีดังต่อไปนี้

1. เตรียมคำถามล่วงหน้า เพราะจะสามารถถามได้อย่างเรียงลำดับ ตามความยากง่าย ตามลำดับเนื้อหา และยังมีความมั่นใจในการถาม

2. ถามอย่างมั่นใจโดยใช้ภาษาง่าย ๆ ชัดเจน สั้นกะทัดรัด

3. ถามทีละคนและตอบทีละคน แต่ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนตอบหลาย ๆ คนในคำถามเดียวกัน

4. ควรใช้ท่าทาง เสียงประกอบ การถามเพื่อกระตุ้นความสนใจ

5. ควรใช้คำถามง่ายและยากปนกันในการสอนครั้งหนึ่ง ๆ

6. ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามผู้สอน

7. เมื่อผู้สอนเสนอคำถามไปแล้ว ควรทอดระยะสักเวลาหนึ่ง เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนได้มี

โอกาสรวบรวมความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่และทั่วถึง ไม่ควรกำหนดผู้ตอบก่อนถามคำถาม เพราะผู้เรียนไม่รู้ว่าผู้สอนจะให้ใครตอบ วิธีนี้ผู้เรียนทุกคนจะต้องคอยให้ความสนใจอยู่ตลอดเวลา และคอยฟังคำตอบว่าตรงกับความคิดของตนเองหรือไม่

8. บางคำตอบ ผู้สอนอาจจะถามผู้เรียนที่คิดว่าอ่อนที่สุดในชั้น หรือขี้อายที่สุด ซึ่งถ้าเขาตอบไม่ได้ ผู้สอนจะถือเป็นต้นเหตุให้มีการอภิปรายถึงปัญหานั้น ๆ

9. บางคำถาม ผู้สอนอาจจะให้ผู้เรียนที่ฉลาดได้กล่าวสรุปถึงเรื่องราวของคำถามนั้น ๆ เช่น ผู้สอนอาจบอกว่า “ใครจะตอบปัญหานี้ชัดเจนกว่านี้บ้าง?” เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดรวบยอด และความแม่นยำอีกครั้ง

10. ผู้สอนควรจะคอยสังเกตตลอดเวลา โดยเฉพาะคนที่ไม่ค่อยสนใจในบทเรียน ในขณะเดียวกันผู้สอนควรจะยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ที่จะตอบคำถามด้วยความสมัครใจ

11. ผู้สอนควรแสดงความเป็นกัลยาณมิตรต่อผู้เรียนตลอดเวลา แม้แต่ในขณะที่กำลังถาม ไม่ควรแสดงทีท่าเป็นปรปักษ์ต่อผู้เรียน

12. ถ้าผู้เรียนตอบถูกควรมีการเสริมแรงหรือให้กำลังใจ

13. ถ้าผู้เรียนตอบถูกบางส่วน ควรให้คำชมในส่วนที่ถูก และควรถามปูพื้นแนะแนวทางให้ผู้เรียนคิดต่อจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

14. ถ้าผู้เรียนตอบผิด ไม่ควรมีปฏิกิริยาทางลบ เช่น โมโห ตำหนิ แต่ควรให้กำลังใจที่จะแก้ไขคำตอบที่ผิด

15. ถ้าถามแล้วไม่ได้รับคำตอบ ควรถามใหม่และทำให้ง่ายขึ้นหรือเน้นจุดสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจคำถาม

กรมวิชาการ (2543, หน้า 19-21) ได้กล่าวถึงเทคนิคการตั้งคำถามที่ดีไว้ดังนี้

1. ควรเริ่มต้นการตั้งคำถามในระดับความจำหรือความเข้าใจ (คำถามระดับต่ำ) ที่ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถตอบได้อย่างถูกต้องก่อน เมื่อผู้เรียนตอบถูก ครูควรแสดงความชื่นชมทันทีด้วยคำพูด หรือใช้ภาษาท่าทาง เช่น พยักหน้า ยิ้มให้ สัมผัส หรือเดินเข้าไปหาผู้ที่ตอบถูกก่อนที่จะเริ่มคำถามในระดับที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ผู้สอนไม่ควรดุหรือตำหนิผู้เรียนที่ตอบคำถามไม่ถูกต้องหรือตอบไม่ตรงประเด็น เนื่องจากการตำหนิดังกล่าว จะทำให้เกิดความอับอาย และส่งผลให้เกิดความไม่มั่นใจตามมา ในกรณีเช่นนี้ครูควรเปลี่ยนคำถามใหม่ให้ง่ายขึ้น

2. เมื่อผู้เรียนประสบความยากลำบากในการตอบคำถาม ควรช่วยผู้เรียนให้ตอบได้ โดยอาจใช้วิธีการต่อไปนี้

2.1 หยุดสักครู่ให้ผู้เรียนได้มีเวลาคิดหาคำตอบ

2.2 แนะคำตอบให้เล็กน้อย

2.3 ทวนคำถามซ้ำ

2.4 เปลี่ยนวิธีถามโดยใช้ถ้อยคำใหม่ที่เข้าใจง่ายขึ้น

2.5 ตั้งคำถามเพิ่มเติม

2.6 กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานหรือทายคำตอบ

2.7 ลดระดับคำถามที่อาจจะยากเกินไป

3. ถามให้ทั่วถึงทุกคน แนวทางที่ดีที่สุดคือการถามทั้งชั้นเรียน ผู้เรียนแต่ละคนควรเข้าใจว่า ตนเองถูกคาดหวังให้ตอบคำถาม ผู้สอนไม่ควรแสดงสัญญาณหรือท่าทีใด ๆ ว่าผู้เรียนคนใดควรจะตอบคำถามนั้น ผู้เรียนจะร่วมมือในการเรียนเต็มที่เมื่อรู้ว่าตนเองมีส่วนในการเรียนรู้ สิ่งสำคัญคือต้องทำให้ผู้เรียนมีความตื่นตัวตลอดเวลา คำถามแต่ละคำถามควรให้ผู้เรียนที่มีความสนใจในชั้นเรียนเป็นผู้ตอบ อย่างไรก็ดี ไม่ควรปล่อยให้ผู้เรียนคนใดคนหนึ่งผูกขาดการตอบคำถามอยู่เพียงคนเดียว ครูควรพยายามป้อนคำถามให้กับผู้เรียนที่ไม่ค่อยมีส่วนร่วมในชั้นเรียนด้วย ในกรณีที่ไม่มีผู้เรียนคนใดตอบคำถาม อาจลองเรียกชื่อเป็นรายบุคคลและถามผู้เรียนว่าต้องการตอบคำถามนั้นหรือไม่

4. ควรเพิ่มระดับความยากของคำถามขึ้นตามลำดับ เพื่อให้เด็กได้พัฒนาการคิดในระดับวิเคราะห์ต่อไปได้ ครูต้องพัฒนาการตั้งคำถามอย่างเป็นระบบ

5. สร้างบรรยากาศส่งเสริมการเรียนรู้ในห้องเรียนโดยการใช้ยุทธศาสตร์การตั้งคำถาม เช่น

5.1 สร้างบรรยากาศที่ผ่อนคลายในชั้นเรียนและกระตุ้นในชั้นเรียนคึกคักด้วยการตั้งคำถาม

5.2 ผู้สอนพูดให้น้อยลง แต่ตั้งคำถามให้มากขึ้น

5.3 ตั้งคำถามที่ผู้เรียนสามารถใช้คำตอบแบบใช้ความคิดเห็นส่วนตัวให้มากขึ้น

5.4 ลดคำถามประเภทที่ตอบว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่”

5.5 หลีกเลี่ยงการตั้งคำถามหลายคำถามในเวลาเดียวกัน

5.6 อย่าปล่อยให้เกิดความเงียบในชั้นเรียน

5.7 ตั้งคำถามให้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

5.8 ตั้งคำถามหลากหลายที่เปิดโอกาสให้ค้นพบเด็กที่มีความสามารถพิเศษ

5.9 ช่วยเด็กปรับปรุงทักษะการตั้งคำถาม

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, หน้า 122-123) กล่าวว่าเทคนิคการใช้คำถามที่ดี มีดังต่อไปนี้

1. เตรียมคำถามล่วงหน้า เพราะจะสามารถถามเรียงตามลำดับได้ ตามความง่ายยาก ตามลำดับเนื้อหา และยังมีความมั่นใจในการถาม

2. ถามอย่างมั่นใจโดยใช้ภาษาชัดเจน กะทัดรัด

3. ถามแล้วต้องมีเวลารอคอย (Wait time) ประมาณ 3 วินาที เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทั้งเก่งและไม่เก่งได้คิดอย่างทั่วถึง จากนั้นจึงเรียกชื่อผู้เรียนให้ตอบคำถาม ไม่กำหนดผู้ตอบก่อนถามคำถาม

4. ถามทีละคน และตอบทีละคน แต่ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนตอบหลาย ๆ คนในคำถามเดียวกัน

5. ถามแล้วไม่ทวนคำถาม และไม่ทวนคำตอบ

6. ควรใช้ท่าทาง เสียงประกอบการถาม เพื่อกระตุ้นความสนใจ

7. ควรใช้คำถามปูพื้นเมื่อตอบคำถามแรกไม่ได้

8. ควรใช้คำถามง่าย และยากปนกันในการสอนครั้งหนึ่ง ๆ

9. ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามผู้สอน

จากเทคนิคการใช้คำถามที่ดีดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การถามคำถามเป็นศิลปะที่ซับซ้อน ครูควรฝึกการใช้คำถามที่จูงใจให้ผู้เรียนเกิดความต้องการตอบคำถามด้วยความเต็มใจ โดยอาศัยเทคนิคการถามคำถามที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน และถามคำถามโดยคำนึงถึงระดับ ประเภท และคำที่ใช้ในการถาม รวมทั้งมีเทคนิคในการตอบรับคำตอบที่จะทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าครูสนใจ รับรู้ และเข้าใจคำตอบของเขา

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้คำถามระดับสูงตามระดับขั้นของการใช้ความคิดด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ตามแนวคิดของบลูม 4 ด้านกล่าวคือ ถามการนำไปใช้ ถามการวิเคราะห์ ถามการสังเคราะห์ และถามการประเมินค่า ซึ่งคำถามระดับสูงทั้ง 4 ด้านนี้จะใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยรูปแบบนี้จะได้พัฒนาการคิด จนเกิดความสามารถในการคิดระดับสูงต่อไป

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ซึ่งมีสาระสำคัญ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

หมายถึง การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ที่ผู้สอนนำเอาวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการทำงานอย่างมีระบบ มีขั้นตอน ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยจะมีการสอดแทรกการตั้งคำถามระดับสูงที่มุ่งพัฒนาความคิดในแต่ละขั้นตอน ซึ่งคำถามจะต้องคำนึงถึงวุฒิภาวะและสติปัญญาของผู้เรียน ส่วนผู้เรียนนั้นจะมีบทบาทในการหาคำตอบและแสดงความคิดเห็นภายใต้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยจะใช้เทคนิคการตั้งคำถามระดับสูงตามระดับพฤติกรรมการรู้คิดของบลูม (Bloom's taxonomy) 4 ด้าน คือ ถามการนำไปใช้ ถามการวิเคราะห์ ถามการสังเคราะห์ และถามการประเมินค่า ซึ่งการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2-2 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ระดับคำถามของบลูม (Bloom's taxonomy)
1. ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นที่ฝึกให้ผู้เรียนใช้ทักษะการสังเกต สังเกตสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัว เพื่อนำไปสู่การเกิดปัญหาและตั้งปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดขอบเขต และทำความเข้าใจกับปัญหาที่ผู้เรียนได้ตั้งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ผู้สอนอาจใช้วิธีเล่าเรื่อง สร้างสถานการณ์ อภิปราย แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น อยากค้นคว้าหาคำตอบหรือข้อสงสัย เป็นการเร้าความสนใจของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงปัญหานั้น ๆ	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า
2. ขั้นตั้งสมมุติฐาน เป็นขั้นที่ผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องสำรวจค้นหาในสิ่งที่ยังไม่เคยรู้มาก่อน ท้าทายให้เกิดความสงสัยเพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐานหรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าของปัญหาก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ หรือ	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ระดับคำถามของบลูม (Bloom's Taxonomy)
ประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเป็นพื้นฐาน รวมทั้งร่วมกันวางแผนว่าจะใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของสมมติฐานอันจะนำไปสู่คำตอบของปัญหานั้น	
3. ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนที่ได้วางไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นหลักฐานยืนยันหรือหักล้างสมมติฐาน แล้วจดรายละเอียดของข้อมูลเอาไว้ โดยผู้สอนจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำ ถามคำถามเกี่ยวกับการทดลอง เพื่อให้การทดลองของผู้เรียนไปในแนวทางเดียวกัน และอำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์และสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องการใช้ในการทดลอง	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า
4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมเอาไว้จากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์ อภิปรายร่วมกันและมีการลงความคิดเห็น โดยผู้สอนกำหนดประเด็นการอภิปรายผลการทดลองโดยใช้รูปแบบของคำถาม เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การสรุปผล โดยผู้สอนจะช่วยขยายเพิ่มเติมในส่วนที่ขาดและคลุมเครือให้ชัดเจนยิ่งขึ้น	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า
5. ขั้นสรุปผล ผู้สอนตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและพิจารณาว่าจากผลการศึกษาทดลองนั้น ได้ผลสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ล่วงหน้าหรือไม่ อย่างไร หรือเป็นการให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้มาสรุปเพื่อตอบปัญหาที่ทำการศึกษา แล้วนำ	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ระดับคำถามของบลูม (Bloom's Taxonomy)
ความรู้นั้นมาสรุปเรียบเรียงให้เป็นระเบียบ ผู้สอนช่วยเสริม และสรุปประเด็นสำคัญของการเรียนการสอนในครั้งนี้ อีกทั้งเป็นขั้นที่ผู้สอนประเมินผลการทำกิจกรรมของผู้เรียน แล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องจากการทำกิจกรรมเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป	

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงที่ผู้วิจัยเลือกใช้ จะมีการสอดแทรกคำถามระดับสูงทั้ง 4 ด้านของบลูมเข้าไปในทุกขั้นของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ และคำถามการประเมินค่า ซึ่งคำถามระดับสูงแต่ละด้านที่ใช้ถามในแต่ละขั้นตอนนั้นจะเป็นคำถามด้านใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง แต่จะเน้นคำถามการคิดวิเคราะห์ที่จะมีในทุกขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการใช้คำถามการคิดวิเคราะห์มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการแก้ปัญหาต่าง ๆ การคิดวิเคราะห์จะช่วยให้มองเห็นปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา รู้จักปัญหาอย่างแท้จริง และสุดท้ายจะสามารถแก้ปัญหาทั้งหลายได้ในที่สุด อีกทั้งการคิดวิเคราะห์ยังมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และระดับชั้นของผู้เรียนอีกด้วย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 29) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic achievement) หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือคือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, หน้า 125) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนการสอน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 165) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ ปริมาณหรือคุณภาพของความรู้ ความสามารถ พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่พึงประสงค์ตามจุดมุ่งหมายอันเป็นผลมาจากการที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์การเรียนการสอนที่ผู้สอนจัดขึ้น

Good (1973, p. 7) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว โดยจะพิจารณาจากคะแนนซึ่งได้จากการทดสอบของครูผู้สอน หรือผู้รับผิดชอบในการสอน หรือทั้งสองอย่างรวมกัน

จากความหมายดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้หรือความสามารถของบุคคลอันเนื่องมาจากการเรียนการสอน ที่ปรากฏอยู่ในรูปของคะแนนสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประภัสสร วงษ์ศรี (2541, หน้า 46) กล่าวถึง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนซึ่งเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน ประกอบด้วย

1. ผู้สอน ควรมีการศึกษาค้นคว้าทางวิชาการ อ่านหนังสือที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สนใจให้มากเป็นประสบการณ์ทางการเรียนการสอน ความรู้ของครูผู้สอน การถ่ายทอดความรู้ คุณภาพของการสอน อุปกรณ์การสอนที่ทันสมัย มีทัศนะที่ดีต่อนักเรียน มีคุณธรรมและมีความยุติธรรม การจูงใจและการกระตุ้นเสริมแรงผู้เรียน ให้ความช่วยเหลือ และสามารถแก้ปัญหาให้กับนักเรียนได้ บรรยากาศในการสอนและสิ่งแวดล้อม

2. ผู้เรียน ได้แก่ พันธุกรรม เชาวน์ปัญญา ความถนัด ความสนใจ อารมณ์ ฐานะทางเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัว การศึกษาของบิดามารดา การปรับตัว แรงจูงใจ หลักสูตรหรือวิชาที่เรียน วัฒนธรรม ทัศนคติต่อสถาบัน ผู้สอนและบรรยากาศในการเรียน และสิ่งแวดล้อม

Bloom (1976, p. 42 อ้างถึงใน สาคร กิ่งจันทร์, 2545, หน้า 17) กล่าวว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีอยู่ 3 ตัวแปร คือ

1. พฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive entry behaviors) หมายถึง ความรู้ความสามารถและทักษะต่าง ๆ ของผู้เรียนที่มีมาก่อน

2. คุณลักษณะทางจิตใจ (Affective entry characterizations) หมายถึง แรงจูงใจที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียนรู้ในสิ่งใหม่ ๆ ได้แก่ ความสนใจในวิชาที่เรียน เจตคติที่เนื้อหา และสถาบันให้การยอมรับความสามารถของตัวเอง เป็นต้น

3. คุณภาพการเรียนการสอน (Quality of instruction) หมายถึง ประสิทธิภาพการเรียนการสอนที่นักเรียนได้รับ ได้แก่ คำแนะนำ การปฏิบัติ และแรงเสริมของผู้สอนที่มีต่อผู้เรียน เป็นต้น

Klausmeir (1961 อ้างถึงใน อมวรรณ หล้าบุญคำ, 2545, หน้า 4) ได้ศึกษาองค์ประกอบที่เป็นตัวกำหนดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าประกอบด้วย คุณลักษณะของผู้เรียน คุณลักษณะของผู้สอน คุณลักษณะทางกายภาพ พฤติกรรมระหว่างผู้เรียนและผู้สอน คุณลักษณะของกลุ่ม และแรงจูงใจภายนอก คลอสเมียร์ได้กล่าวไว้ว่าคุณลักษณะของผู้เรียนเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการอธิบายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ มีดังนี้

1. คุณลักษณะของผู้เรียน ได้แก่ ความพร้อมทางสมอง หรือความสามารถทางเชาวน์ปัญญา ความพร้อมทางด้านร่างกายหรือความสามารถทางทักษะของร่างกาย คุณลักษณะทางจิตใจ ซึ่งได้แก่ ความสนใจ แรงจูงใจ เจตคติ ค่านิยม อายุ เพศ ภูมิหลังทางด้านครอบครัวและสังคม

2. คุณลักษณะของผู้สอน ได้แก่ เชาวน์ปัญญา ความรู้ในวิชาที่สอน การพัฒนาความรู้ทักษะทางร่างกาย

3. พฤติกรรมระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ได้แก่ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการเรียนทั้งหลาย กล่าวคือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ความคิด วิธีการที่ครูนำสอน การกระทำ และความรู้สึก

4. คุณลักษณะของกลุ่ม ได้แก่ ความสามัคคีและความเป็นผู้นำ

5. แรงผลักดันภายนอก ได้แก่ ครอบครัว สิ่งแวดล้อมทางสังคม อิทธิพลทางศิลปะวัฒนธรรม เป็นต้น

จากการศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า การที่ผู้เรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นนั้นจะต้องมีองค์ประกอบหลัก ๆ ด้วยกัน 2 อย่าง คือ คุณลักษณะของผู้เรียน ได้แก่ ความพร้อมทางด้านสมอง ความสนใจ แรงจูงใจ ครอบครัว และสังคมของผู้เรียน เป็นต้น และคุณลักษณะของผู้สอน ได้แก่ ผู้สอนต้องมีความรู้ในวิชาที่สอน มีการพัฒนาความรู้ของตนอยู่เสมอ รู้จักวิธีการสอน สร้างบรรยากาศในการเรียนการสอน และมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้เรียน เป็นต้น

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 256-258) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive) ตามแนวคิดของบลูม ซึ่งการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยแบ่งออกเป็น 6 ด้าน โดยเรียงลำดับตามความสำคัญเริ่มจากขั้นที่ต่ำที่สุดไปหาสูงสุดดังนี้

1. ด้านความรู้-ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถของสมองที่เก็บสะสมเรื่องราวต่าง ๆ หรือประสบการณ์ทั้งปวงที่ตนได้รับรู้มา จำแนกได้ดังนี้

1.1 ความรู้ในเนื้อเรื่อง หมายถึง การถามเกี่ยวกับเรื่องราวหรือเนื้อหาสาระตามท้องเรื่องนั้น

1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม หมายถึง การถามเกี่ยวกับคำศัพท์ นิยาม คำแปล ความหมาย ชื่อ อักษรย่อ สัญลักษณ์ เครื่องหมาย และรูปภาพ

1.3 ความรู้เกี่ยวกับกฎและความจริง หมายถึง การถามเกี่ยวกับกฎ สูตร ความจริงตามท้องเรื่อง ขนาด ทิศทาง ปริมาณ เวลา คุณสมบัติ ระยะทาง เปรียบเทียบ และสาเหตุ

1.4 ความรู้ในวิธีดำเนินการ หมายถึง การถามเกี่ยวกับขั้นตอนของกิจกรรม วิธีดำเนินเรื่องราว และวิธีประพฤติปฏิบัติ

1.5 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน หมายถึง การถามเกี่ยวกับแบบฟอร์ม ระเบียบแบบแผน วัฒนธรรม ประเพณี การใช้คำสุภาพ และคำราชาศัพท์

1.6 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม หมายถึง การถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อน-หลัง ข้อคำถามแนวโน้มส่วนใหญ่ใช้คำว่า มักจะ เพราะเป็นการคาดคะเนเหตุการณ์

1.7 ความรู้เกี่ยวกับการจัดประเภท หมายถึง การถามให้จำแนก แจกแจง จัดประเภท หรือถามในรูปปฏิเสธ เช่น ไม่เข้าพวก ไม่เข้ากลุ่ม

1.8 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ หมายถึง ข้อกำหนดที่ยึดเป็นหลักแล้วนำไปเปรียบเทียบกับสิ่งต่าง ๆ ถามเอกลักษณ์

1.9 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการ หมายถึง การถามวิธีปฏิบัติ การทำกิจกรรม ขั้นตอนการทำงาน เช่น ปฏิบัติอย่างไร ควรทำโดยวิธีใดจึงจะมีประสิทธิภาพ

1.10 ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง หมายถึง ความสามารถในการค้นหาหลักการหรือหัวใจของเรื่อง

1.11 ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการขยาย หมายถึง หัวใจของเรื่องราวที่เกิดจากหลาย ๆ ความคิดรวบยอดมารวมกัน การขยายเป็นการขยายความต่อออกไปจากสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่รู้มาหรือสรุปออกจากนอกเรื่องนั้น ๆ

1.12 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง หมายถึง ถามเกี่ยวกับคติ และหลักการของหลายเนื้อหาที่ไม่สัมพันธ์กัน

2. ด้านความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ความจำไปดัดแปลงปรับปรุง เพื่อให้สามารถจับใจความหรือเปรียบเทียบ ย่นย่อเรื่องราว ความคิดข้อเท็จจริงต่าง ๆ จำแนกได้ดังนี้

2.1 การแปลความ หมายถึง ความสามารถแปลสิ่งซึ่งอยู่ในระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง ได้แก่ สุภาษิต สำนวน โวหาร

2.2 การตีความ หมายถึง การจับใจความสำคัญของเรื่อง หรือการเอาเรื่องราวเดิมมาคิดในแง่ใหม่

2.3 การขยายความ หมายถึง การคาดคะเนหรือคาดหวังว่าจะมีสิ่งนั้น เหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นในอดีตหรืออนาคต โดยอาศัยแนวโน้มที่ทราบมาเป็นหลัก

3. ด้านการนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวใด ๆ ไปใช้ในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน หรือในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

4. ด้านการวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การแยกแยะพิจารณาดูรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวต่าง ๆ ว่ามีชิ้นส่วนใดสำคัญที่สุด เป็นการใช้วิจารณญาณเพื่อไตร่ตรอง ได้แก่

4.1 วิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การพิจารณาหรือจำแนกว่า ชิ้นใด ส่วนใด เรื่องใด ตอนใด สำคัญที่สุด หรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญ

4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะที่สำคัญของเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ว่าสองชิ้นส่วนใดที่สัมพันธ์กัน

4.3 วิเคราะห์หลักการ หมายถึง การให้พิจารณาดูชิ้นส่วน หรือส่วนปลีกย่อยต่าง ๆ ว่าทำงานหรือเกาะยึดกันได้ หรือคงสภาพเช่นนั้นได้เพราะใช้หลักการใดเป็นแกนกลาง

5. ด้านการสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นเรื่องราวใหม่

5.1 สังเคราะห์ข้อความ หมายถึง การนำเอาความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ มาผสมหรือปรุงแต่งขึ้นใหม่ เกิดเป็นข้อความหรือเรื่องราวใหม่ ๆ เช่น การเขียนเรียงความ

5.2 สังเคราะห์แผนงาน หมายถึง เป็นการวัดความสามารถในการเขียนโครงการแผนปฏิบัติงาน

5.3 สังเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การเอาความสำคัญและหลักการต่าง ๆ มาผสมให้เป็นเรื่องเดียวกัน ทำให้เกิดเป็นสิ่งสำเร็จหน่วยใหม่ที่มีความสัมพันธ์แปลกไปจากเดิม

6. ด้านการประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง การวินิจฉัย หรือตีราคาเรื่องราว ความคิดเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยสรุปเป็นคุณค่าว่า ดี-เลว จำแนกได้ดังนี้

6.1 ประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายใน หมายถึง การประเมินค่าโดยใช้ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ตามท้องเรื่อง หรือตามสถานการณ์นั้น ๆ

6.2 ประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก หมายถึง การประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์จากสิ่งภายนอกเรื่องราวนั้น ๆ เป็นหลักในการพิจารณาตัดสิน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 109-113 อ้างถึงใน มยุรา ลีหัวสระ, 2556, หน้า 56-58) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยตามหลักของคลอฟเฟอร์ (Kolpfer) ว่าวัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน คือ

1. พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความจำเรื่องต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือ เป็นต้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 9 ประเภท ดังนี้

1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริง

1.2 ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์

1.3 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์

1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง

1.5 ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

1.6 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ในการแบ่งประเภท

1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์

1.8 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์

1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี

2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ความจำ

2.1 ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์อื่นได้

3. พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการดำเนินการต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude)

4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้มี 3 ประเภท คือ

4.1 ปัญหาที่เป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน

4.2 ปัญหาที่เป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น

4.3 ปัญหาที่เป็นเรื่องของการนำวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้

จากการศึกษาการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิดของบลูม 6 ด้านคือ

1. ด้านความรู้-ความจำ เป็นความสามารถในการจดจำสิ่งที่เรียนมาแล้ว เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ด้านความเข้าใจ เป็นความสามารถในการจับใจความ การแปลความหมาย การสรุปหรือขยายความ

3. ด้านการนำไปใช้ เป็นความสามารถในการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. ด้านการวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการมองเห็นรายละเอียด และจำแนกแยกแยะข้อมูล องค์ประกอบสำคัญของสิ่งต่าง ๆ มองเห็นความสัมพันธ์ของส่วนที่เกี่ยวข้องกัน อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นเช่นนั้นอาศัยหลักการของอะไร

5. ด้านการสังเคราะห์ เป็นความสามารถในการผสมผสาน รวบรวม ดัดแปลง ปรับปรุงเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นเรื่องราวใหม่หรือสิ่งใหม่

6. ด้านการประเมินค่า เป็นความสามารถในการวินิจฉัย หรือตีราคาเรื่องราว ความคิดเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์และมาตรฐาน ว่าสิ่งนั้นมีประสิทธิภาพเพียงใด มีคุณค่าเพียงใดหรือเหมาะสมหรือไม่

ซึ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ด้านนี้มีความสอดคล้องกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 19) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่มุ่งตรวจสอบความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนว่าหลังการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ แล้ว ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในวิชาที่เรียนมากน้อยเพียงใด มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตามความมุ่งหมายของหลักสูตรในวิชานั้น ๆ เพียงใด

ชวาล แพรัตกุล (2552, หน้า 74) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่าหมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่เด็กได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวง ทั้งจากทางโรงเรียนและทางบ้าน ยกเว้น การวัดทางร่างกาย ความถนัดและทางบุคคล-สังคม อันได้แก่ อารมณ์และการปรับตน เป็นต้น

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2548, หน้า 96) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 165) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึง เครื่องมืออย่างหนึ่งสำหรับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทำให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ ความสามารถ ถึงระดับมาตรฐานที่ผู้สอนกำหนดไว้หรือยัง หรือมีความรู้ความสามารถดีเพียงใด

จากความหมายข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของนักเรียนที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการวัดสมรรถภาพทางด้านสมอง ว่าผู้เรียนบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้เพียงใด

ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 20-29) ได้จำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. จำแนกตามลักษณะการสร้าง แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1.1 แบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher made test) เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น เพื่อวัดและประเมินผลการเรียนการสอนในห้องเรียน ส่วนมากมักเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ โดยยึดเนื้อหาตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ 2 กรณีคือ เพื่อการสอบย่อย (Formative test) และเพื่อการสอบรวม (Summative test)

1.2 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นอย่างมีหลักเกณฑ์ มีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ วิเคราะห์ และแก้ไขปรับปรุงจนแบบทดสอบมีประสิทธิภาพสูง สามารถนำไปใช้กว้างขวางทั่วประเทศ

2. จำแนกตามลักษณะของรูปแบบคำถามและการตอบ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

2.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำตอบให้เลือกตอบ มีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้ แบบถูก-ผิด แบบจับคู่ แบบเติมคำ แบบเลือกตอบ เป็นต้น

2.2 แบบทดสอบอัตนัย หรือแบบทดสอบความเรียง (Essay test) เป็นแบบทดสอบที่รูปแบบของคำถามเปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้เขียนตอบอย่างอิสระภายในเวลาที่กำหนด ให้โอกาสแสดงความรู้และความคิดอย่างเต็มที่ ดังนั้นแบบทดสอบอัตนัยจึงเป็นแบบทดสอบที่มักให้ผู้สอบเขียนตอบยาว ๆ แบบทดสอบอัตนัยสามารถใช้วัดพฤติกรรมได้หลายด้าน เช่น วัดความรู้ ความคิด ทัศนคติ และการใช้สำนวนภาษาเป็นต้น

3. จำแนกตามปริมาณของผู้เข้าสอบ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

3.1 แบบทดสอบเป็นรายบุคคล (Individual test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้กับการสอบครั้งละไม่เกิน 1 คน ในเวลาเดียวกัน

3.2 แบบทดสอบเป็นกลุ่ม (Group test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้สอบกับคนหลายคนในเวลาเดียวกัน โดยมากมักจะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน

4. จำแนกตามวิธีการปฏิบัติในการสอบ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

4.1 แบบให้ลงมือกระทำ (Performance test) เป็นแบบทดสอบที่ต้องการให้ผู้สอบปฏิบัติให้ดู เช่น การทดสอบภาคปฏิบัติในวิชาพลศึกษา เป็นต้น

4.2 แบบทดสอบให้เขียนตอบ (Paper pencil test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องใช้ดินสอหรือปากกาในการเขียนตอบ

4.3 แบบทดสอบปากเปล่า (Oral test) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบตอบด้วยคำพูดของตนเอง ส่วนใหญ่ใช้สอบเป็นรายบุคคล เช่น การสอบสัมภาษณ์ เป็นต้น

5. จำแนกตามสิ่งที่ใช้ในการสื่อความหมายในคำถาม จำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

5.1 แบบทดสอบที่เป็นภาษา (Verbal test) เป็นแบบทดสอบที่อาศัยการสื่อความหมายโดยใช้ภาษา เช่น การใช้ การฟัง พูด อ่าน เขียน

5.2 แบบทดสอบที่เป็นรูปภาพ (Pictorial test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ภาพในการสื่อความหมาย แบบทดสอบประเภทนี้เหมาะกับเด็กเล็กและใช้ได้กว้างขวางทั่วไป

6. จำแนกตามขอบเขตของเวลาที่ให้ทำ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

6.1 แบบทดสอบที่จำกัดเวลา (Speed test) เป็นแบบทดสอบที่ต้องการวัดความเร็วในการทำข้อสอบ มีข้อคำถามจำนวนมากข้อ แต่ให้เวลาทำน้อย มักเป็นการทดสอบทักษะด้านหนึ่ง ๆ

6.2 แบบทดสอบแบบให้เวลามาก ๆ (Power test) เป็นแบบทดสอบที่ต้องการวัดความรู้ความสามารถในเรื่องใดเรื่องหนึ่งว่ามีอยู่มากน้อยเพียงใด จะให้เวลาทำเต็มที่ตามที่เหมาะสม

7. จำแนกตามลักษณะของการเปรียบเทียบผลการสอบ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

7.1 แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced test)

7.2 แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm referenced test)

8. จำแนกตามจุดมุ่งหมายในการใช้ประโยชน์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

8.1 แบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnesis test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่องและหาสาเหตุของการบกพร่องในการเรียนรู้เป็นเรื่อง ๆ ไป

8.2 แบบทดสอบเพื่อการทำนาย (Prognostic test) เป็นแบบทดสอบเพื่อพยากรณ์หรือทำนายว่า บุคคลนั้น ๆ ควรเรียนไปในด้านใด หรือควรประกอบการงานประเภทใดจึงเหมาะสม

9. จำแนกตามขอบเขตของคำตอบ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

9.1 แบบทดสอบไม่จำกัดตัวเลือก (Free response test) ให้อิสระในการตอบ

9.2 แบบทดสอบแบบจำกัดคำตอบ (Fixed response test) กำหนดตัวเลือกในการตอบไว้ให้

บุญชม ศรีสะอาด (2545, หน้า 53) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm referenced test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐาน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539, หน้า 85-93) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้เป็น 5 ประเภท คือ

1. แบบความเรียง (Essay test) มีจุดประสงค์วัดความสามารถในการบรรยาย อธิบาย และแสดงเหตุผลตามความคิดเห็นของตน อาจจำกัดความยาวหรือให้เขียนตอบตามสบายก็ได้

2. แบบเติมคำ (Completion test) เป็นการวัดความสามารถในการหาคำ หรือข้อความมาเติมลงในช่องว่างของประโยคที่กำหนดให้ได้ถูกต้องแม่นยำ โดยไม่มีคำตอบใดมาชี้นำก่อน นอกจากข้อความหรือประโยคที่ให้ไว้เท่านั้น โดยธรรมชาตินั้นจะเป็นการวัดด้านความจำ แต่ก็สามารถวัดความคิดได้

3. แบบถูกผิด (True-False test) แบบทดสอบแบบนี้วัดความสามารถในการพิจารณาข้อความที่กำหนดให้ว่าถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จากความสามารถที่เรียนรู้มาแล้ว โดยทั่วไปจะเป็นการวัดความสามารถในด้านความจำ แต่ถ้าสามารถพลิกแพลงข้อความให้ดี สามารถวัดด้านความคิดที่สูงขึ้นได้

4. แบบจับคู่ (Matching test) เป็นลักษณะการวางข้อเท็จจริง เงื่อนไข คำ ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ไว้ 2 ด้านขนานกัน เป็นแถวตั้ง ก. กับแถวตั้ง ข. แล้วให้อ่านดูข้อเท็จจริงในแถวตั้ง ก. ก่อน ต่อจากนั้นพิจารณาดูว่าจะไปเกี่ยวข้องจับคู่กันได้พอดีกับข้อเท็จจริงไหนในแนวตั้ง ข. และโดยทั่วไปคำถามมักจะมีน้อยกว่าคำตอบ เพื่อให้ได้ใช้ความสามารถในการจับคู่ให้มากขึ้น

5. แบบเลือกตอบ (Multiple choices test) ข้อสอบแบบเลือกตอบสามารถวัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์และตรวจให้คะแนนได้แน่นอน แบบทดสอบนี้จะมีคำถามหนึ่งคำถาม และมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น ดังนั้นผู้ที่ตอบเบี่ยงเบนไปจากคำตอบถูกก็ถือว่าเป็นคำตอบที่ผิด

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2548, หน้า 96) ได้แบ่งประเภทแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึงแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นกันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and pencil test) ซึ่งแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective or essay test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้ แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัย หรือแบบให้ตอบสั้น ๆ (Objective test or short answer) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้สอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐาน

จากการศึกษาประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่า ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเองเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ (Multiple choices) 4 ตัวเลือก เนื่องจากแบบทดสอบชนิดเลือกตอบสามารถถามเนื้อหาได้กว้าง ครอบคลุม มีความเป็นปรนัยสูง มีรูปแบบการถามหลากหลาย ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้ผู้ตอบได้ใช้ความคิดและความสามารถอย่างเต็มที่ ซึ่งเป็นการพัฒนาสมองของผู้ตอบเป็นอย่างดี

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องบรรยากาศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิดของบลูม 6 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า โดยเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง เป็นแบบ

ปรนัย ชนิดเลือกตอบ (Multiple choices) 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งแบบทดสอบนี้มีความสอดคล้องกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ คำถามระดับสูง จุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับชั้นของผู้เรียน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์และผู้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่าง ๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, หน้า 9) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ ความชำนาญและความสามารถในการใช้การคิดเพื่อค้นหาความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (Intellectual skills) ไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ (Psychomotor skills/ Hand on skills) เพราะเป็นการทำงานของสมอง การคิดมีทั้งการคิดพื้นฐานหรือการคิดในระดับต่ำ เช่น ทักษะการสื่อความหมาย ได้แก่ การฟัง การอ่าน การรับรู้ การจำ การบรรยาย การพูด การเขียน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีทักษะการสังเกต การระบุ การจำแนก การเรียงลำดับ การเปรียบเทียบ การลงข้อสรุป การใช้ตัวเลข และยังมีการคิดระดับสูงหรือการคิดที่ซับซ้อน เช่น ทักษะการจัดระบบความคิด การวิเคราะห์ การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การคาดคะเน การพยากรณ์ การให้คำจำกัดความ การตีความหมาย การสรุปข้อมูล เป็นต้น

ศุภลักษณ์ วัฒนาวิทวัส และคณะ (2542, หน้า 54) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการศึกษาค้นคว้า แก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง ว่องไว

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ (2558, หน้า 264) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skill) เป็นทักษะที่สำคัญในการใช้ศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่จะใช้ในขั้นตอนการศึกษาหาความรู้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 14) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกสังเกต บันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และทำการทดลอง

จากการศึกษาความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความชำนาญและความสามารถซึ่งเป็นกระบวนการทางสติปัญญา เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมีระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว ว่องไว

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นี้ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) ได้กล่าวสรุปโดยยึดหลักตามแนวสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American association for the advancement of science) มีชื่อย่อว่า AAA's ซึ่งได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic science process skills) 8 ทักษะ และทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (Integrated science process skills) 5 ทักษะ ดังนี้

ทักษะขั้นพื้นฐาน

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการวัด
3. ทักษะการคำนวณ
4. ทักษะการจำแนกประเภท
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
8. ทักษะการพยากรณ์

ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
12. ทักษะการทดลอง
13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

- ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 14-25) มีรายละเอียด ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ

หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต มี 3 ประเภท คือ

1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งที่สังเกต เกี่ยวกับรูปร่าง กลิ่น รส เสียง การสัมผัส ซึ่งเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติที่ยังไม่สามารถระบุออกมาเป็นตัวเลขแสดงปริมาณพร้อมหน่วยวัดมาตรฐานได้

1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เช่น ขนาด มวล อุณหภูมิ เป็นต้น อาจบอกโดยการกะประมาณและบอกหน่วยมาตรฐานไว้

1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การปฏิสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น

ในการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์แต่ละครั้งนั้น ผู้สังเกตต้องพยายามสังเกตตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ควรสังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วนและสังเกตหลาย ๆ ครั้ง ควรใช้ประสาทสัมผัสมากกว่าหนึ่งอย่าง และให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ต้องไม่ใช้ประสบการณ์หรือความคิดเห็นส่วนตัวในการบรรยายสิ่งที่สังเกตได้ ถ้าเป็นไปได้ควรสังเกตให้ได้ข้อมูลจากการทดลอง เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสิ่งที่สังเกต

2. ทักษะการวัด การวัด (Measurement) เป็นทักษะสำคัญอย่างหนึ่งในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสังเกตทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบรูปร่าง ลักษณะ และสมบัติทั่ว ๆ ไปของวัตถุแต่ไม่สามารถบอกรายละเอียดที่แน่นอนลงไปได้ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้องควบคู่ไปกับการสังเกต ข้อมูลที่ได้จากการวัดต้องมีหน่วยวัดมาตรฐานกำกับเสมอ และการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการวัดนี้จำเป็นต้องอาศัยทักษะในการวัดเพื่อให้ได้ค่าตัวเลขที่ถูกต้องเหมาะสม

ทักษะในการวัด หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือ วัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด และความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้อง รวดเร็ว และใกล้เคียงกับความเป็นจริง พร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

3. ทักษะการคำนวณ การคำนวณ (Using numbers) หมายถึง การนำจำนวนที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย ยกกำลัง เป็นต้น

ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่น ๆ ตัวเลขที่นำมาคำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้

จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการ และชัดเจนยิ่งขึ้น

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรื่อสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างกัน หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา สเปซ (Space) ของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างบริเวณที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปซของวัตถุจะมี 3 มิติ (Dimensions) ซึ่งได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูง หรือความหนาของวัตถุ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (Space/ space relationship and space/ time relationship) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซของวัตถุซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง และเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ

5.2 สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงา กับภาพที่ปรากฏในกระจกเงา จะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร

5.3 ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

5.4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing data and communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการสื่อความหมายข้อมูลทำได้หลายแบบ การที่จะเลือกใช้แบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูล วัตถุประสงค์ของงานที่จะศึกษา ทั้งนี้เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการตีความหมายข้อมูล และสรุปผลต่อไป

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกต ที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่ ผู้สังเกตแต่ละคนอาจลงความคิดเห็นจากข้อมูลผลการสังเกตสิ่งเดียวกันต่างกัน เพราะมีประสบการณ์และความรู้เดิมต่างกัน ข้อมูลจากการสังเกตชุดหนึ่ง ๆ อาจมีการลงความคิดเห็นหรือมีคำอธิบายได้หลายอย่าง อย่างไรก็ตามการลงความคิดเห็นนั้นจะต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือข้อมูลที่สังเกตได้ ส่วนการจะตัดสินว่าการลงความเห็นใดถูกต้องหรือสมเหตุสมผลที่สุด ก็จะต้องมีการตรวจสอบหาหลักฐานหรือข้อมูลอื่นมาประกอบ

8. ทักษะการพยากรณ์ (Prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล (Interpolating) และภายนอกขอบเขตข้อมูล (Extrapolating)

การพยากรณ์เป็นการทำนายล่วงหน้า ซึ่งการทำนายนั้นจะถูกต้องหรือไม่ ก็ต้องอาศัยการตรวจสอบโดยการทดลองเพื่อนำผลการทดลองมายืนยัน

- ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือบูรณาการ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 25-30) มีรายละเอียด ดังนี้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบาย ซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

สมมติฐาน เป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้ หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน เนื่องจากสมมติฐานยังไม่ได้มีการทดลองยืนยันว่าจริงหรือไม่ จึงอาจผิดทั้งหมด ถูกทั้งหมด หรืออาจถูกบ้างผิดบ้างในบางส่วน เมื่อตั้งสมมติฐานแล้วก็จะต้องมีการทดลองหาข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น ๆ ถ้าข้อมูลที่ได้มีผลตรงข้ามกับสมมติฐาน สมมติฐานนั้นก็จะถูกยกเลิกไป แต่ถ้าข้อมูลสนับสนุนเพียงบางส่วนสมมติฐานก็จะถูกปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปทดสอบในการทดลองครั้งต่อ ๆ ไป สมมติฐานที่ได้รับการทดสอบยืนยันว่าเป็นจริงแล้ว ก็อาจจะกลายเป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎี แล้วแต่กรณี

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตได้ และวัดได้

คำนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่าย ๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่จะสังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็นการวัด ทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม (Dependent variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนไปด้วย

ตัวแปรควบคุม (Controlled variable) เป็นตัวแปรอื่น ๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษา ที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะบ่งชี้ได้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่ง ๆ หรือในปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ

12. ทักษะการทดลอง การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอนคือ

12.1 การออกแบบการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง

12.3 การบันทึกผลการทดลอง

ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลอง

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpretting data and conclusion) หมายถึง การแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ และการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอก

ความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2542, หน้า 3-5) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 13 ทักษะ ทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสม หรือขั้นบูรณาการ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ มีดังนี้

1. การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย การชี้บ่งและการบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการกะประมาณ และการบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วย ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้คือ การอธิบายหรือสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

3. การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ และเกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้แล้ว ได้แก่ การแบ่งพวกของสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ นอกจากนั้นสามารถเรียงลำดับสิ่งของด้วยเกณฑ์ของตัวเอง พร้อมกับบอกได้ว่าผู้อื่นแบ่งพวกของสิ่งของนั้นโดยใช้อะไรเป็นเกณฑ์

4. การวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือนั้นทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด แสดงวิธีใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือ รวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

5. การใช้ตัวเลข (Using numbers) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการ บวก ลบ คูณ หาร หรือการหาค่าเฉลี่ย ความสามารถ

ที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง เช่น ใช้ตัวเลขแทนจำนวนในการนับได้ ตัดสินได้ว่าวัตถุในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือแตกต่างกัน เป็นต้น

6. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Using space/ time relationships)

6.1 สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือความกว้าง ความยาว ความสูง

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การชี้บ่งรูป 2 มิติ และ 3 มิติได้ สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ คือ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาด หรือปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

7. การสื่อความหมายข้อมูล (Communicating) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้แล้วคือ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้น เลือกรูปแบบที่ใช้เสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

8. การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยสรุป เช่น การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ ซึ่งทำได้ 2 แบบคือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ กับการพยากรณ์นอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

9. การชี้บ่งและการควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

9.1 ตัวแปรต้น หมายถึง สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่า เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

9.2 ตัวแปรตาม หมายถึง สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะแปรตามไปด้วย

9.3 ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ หมายถึง สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

10. การตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต อาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบ หรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตั้งสมมติฐานคือการบอกชื่อตัวแปรต้นซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตาม และในการตั้งสมมติฐานต้องทราบตัวแปรจากปัญหาและสภาพแวดล้อมของตัวแปรนั้น สมมติฐานที่ตั้งขึ้นสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลอง ซึ่งต้องทราบว่าตัวแปรไหนเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining variables operationally) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลอง และบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

12. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการ เพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ขั้น คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดสอบจริง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริงและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง การบันทึกผลการทดลองอาจอยู่ในรูปตารางหรือการเขียนกราฟ

13. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and making conclusion) การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ และการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้รู้จักใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็น และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะข้างต้น การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหรือขั้นผสมของ

ผู้เรียน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็นกระบวนการทางปัญญา ที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นทักษะกระบวนการขั้นสูงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เป็นพื้นฐานในการพัฒนาประกอบไปด้วย 5 ทักษะ ดังต่อไปนี้ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งทักษะเหล่านี้มีความเหมาะสมกับบริบท เนื้อหาสาระ ระดับชั้นของผู้เรียน และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 41-43) กล่าวว่า ความสามารถหรือทักษะต่าง ๆ เราสามารถฝึกฝนและพัฒนาเพื่อให้เกิดความชำนาญได้ ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญ ก็สามารถกระทำได้ดังนี้

1. การพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

1.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบเหตุการณ์ ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ของผู้เรียนแต่ละคน

1.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายถึงเหตุและผลเพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ แล้วมาตั้งสมมติฐานว่า สำหรับเรื่องดังกล่าวตามข้อมูลและความคิดเห็นของบุคคลในกลุ่ม มีความเห็นว่าสมมติฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษาควรจะเป็นอย่างไร

1.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบข้อมูล มีการยอมรับหรือปฏิเสธข้อมูลที่ตรงกับสมมติฐานและไม่ตรงกับสมมติฐาน

1.4 ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐาน

1.5 ฝึกให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานกับข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ อย่างหลากหลาย และมีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำว่า สมมติฐานที่ตั้งนั้นมีจุดเด่นจุดด้อยอย่างไร หากจะแก้ไขหรือปรับปรุงสมมติฐานดังกล่าวจะต้องทำอย่างไร

2. การพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

2.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนั้น

2.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองที่ชัดเจนและรัดกุมจนสามารถสื่อความหมายในทางปฏิบัติให้ตรงกันได้

3. การพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

3.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้พัฒนาการวิเคราะห์ว่า ในการศึกษาครั้งนั้นมีอะไรบ้างที่เป็นสาเหตุและอะไรที่เป็นผลจากสาเหตุดังกล่าว และความเกี่ยวข้องของเหตุและผลมีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกันอย่างไร

3.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการทดลองอย่างเหมาะสม เพื่อฝึกฝนการกำหนดตัวแปร ว่าการศึกษาครั้งนั้นมีอะไรบ้างที่เป็นตัวแปร

3.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการกำหนดชนิดของตัวแปร ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

4. การพัฒนาทักษะการทดลอง

4.1 ฝึกให้ผู้เรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง เพื่อเป็นการเตรียมการ ทดลองล่วงหน้าให้มีความเหมาะสม ถูกต้อง และประหยัดค่าใช้จ่าย

4.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลองล่วงหน้า เพื่อให้การทดลองในครั้งนั้นมีความรัดกุม ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย มีความถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ

4.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริงอย่างเหมาะสม มีลำดับขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพ

4.4 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการบันทึกข้อมูลอย่างแม่นยำ เที่ยงตรง และมีความซื่อสัตย์ข้อมูลที่บันทึกมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ สามารถตรวจสอบได้

5. การพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5.1 ฝึกให้ผู้เรียนแปลความหมายและสรุปเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่

5.2 ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักรับหรือปฏิเสธ โดยอาศัยการแปลความหมายจากข้อมูลที่ได้มาจากขั้นตอนต่าง ๆ ก่อนหน้านั้น

5.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้แปลความหมาย หรือบรรยายคุณลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่โดยการวัดและการคำนวณ

5.4 ฝึกให้ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ระหว่างตัวแปร รวมไปถึงระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของความสัมพันธ์เหล่านั้น

การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544, หน้า 166) กล่าวถึงการวัดและการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 2 รูปแบบคือ

1. การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice paper-and-pencil tests)

2. การประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance assessment)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2527, หน้า 30) กล่าวถึงการดำเนินการด้านการวัดผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเสนอแนะให้ครูทำการวัดผล 2 แบบคือ การวัดผลย่อยและการวัดผลรวม และในการวัดผลทั้ง 2 แบบนั้น ได้กำหนดไว้ว่า จะต้องสร้างข้อสอบที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของแต่ละทักษะ โดยผู้ออกข้อสอบจะต้องพิจารณาเลือกใช้คำถามให้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดในสัดส่วนที่เหมาะสม รูปแบบของข้อสอบอาจเป็นแบบให้เลือกตอบหรือเป็นแบบให้เขียนตอบอย่างสั้น ๆ ก็ได้

อดุลย์ชาติ ขันธมะ และอังคณา นันท์ธิพาวรรณ (2537, หน้า 68-93) ได้กล่าวถึงวิธีวัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ข้อสอบแบบเขียนตอบ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ทางด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีส่วนที่ซ้อนกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ทางด้านพุทธิพิสัยค่อนข้างมาก ข้อสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในพุทธิพิสัย จึงสามารถใช้วัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วย

2. การสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ ในการสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการนี้จะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าว่าจะทำการวัดและประเมินทักษะปฏิบัติการในด้านใด แล้วจึงออกแบบกิจกรรมหรือปฏิบัติการให้ผู้เรียนทำ อาจทำเป็นกลุ่มพร้อม ๆ กันหลายคนก็ได้ จากนั้นจึงสร้างรายการสังเกตพฤติกรรมขึ้นเพื่อใช้บันทึกผลการสังเกต การสร้างแบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ อาจสร้างเป็นแนวกว้าง ๆ หัวข้อหรือรายการสังเกตและประเมินอาจเป็นดังนี้

2.1 ด้านการออกแบบและวางแผน

2.2 ด้านการดำเนินการปฏิบัติการทดลอง เช่น การใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์มีความถูกต้อง คล่องแคล่ว เหมาะสมเพียงใด

2.3 ด้านการสังเกตและบันทึกข้อมูล สังเกตและบันทึกข้อมูลได้ละเอียดเพียงใด

2.4 ด้านการจัดกระทำและแปลความหมายข้อมูล และการสรุปผลการทดลอง ทำได้ถูกต้อง เหมาะสม ชัดเจนเพียงใด

2.5 ด้านความรับผิดชอบและนิสัยในการทำงาน เช่น มีความตั้งใจในการทำปฏิบัติการมากน้อยเพียงใด ได้ทำความสะอาดและจัดเก็บอุปกรณ์ได้เหมาะสมเพียงใด

ซึ่งการประเมินพฤติกรรมทั้ง 5 ด้านอาจใช้มาตราส่วนประเมินค่าแบบ 5 ระดับ

3. การตรวจรายงานผลการทำปฏิบัติการ รายงานผลการทำปฏิบัติการนั้นจะสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของผู้ทำปฏิบัติการหลาย ๆ ด้าน เช่น ทักษะการสังเกตและจดบันทึก ทักษะในการใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมาย ทักษะในการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป เป็นต้น

4. การสอบภาคปฏิบัติ วิธีสอบภาคปฏิบัติวิธีหนึ่งทำได้โดย จัดเครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนวัสดุสารเคมีที่ต้องใช้วางไว้บนโต๊ะ พร้อมคำสั่ง ปัญหา และคำอธิบายต่าง ๆ แล้วให้ผู้เรียนไปที่โต๊ะนั้นแล้วทำปฏิบัติการตามคำสั่งหรือคำอธิบายนั้น ๆ ปฏิบัติการที่เลือกมาใช้สอบ ควรที่จะวัดพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดได้จริง และผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้โดยใช้เวลาไม่มากนัก

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการศึกษาเนื้อหาเรื่องบรรยากาศที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่าเนื้อหามีความเกี่ยวข้องกับการทำปฏิบัติการทั้งหมด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของผู้เรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก็มีความเหมาะสมสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา และการที่จะเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการนั้น ผู้เรียนจะต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเป็นฐานในการพัฒนาด้วย ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเองโดยใช้แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยการวัดจะวัดพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเท่านั้นซึ่งประกอบไปด้วย 5 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ความหมายของการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ฆนัท ธาตุทอง (2554, หน้า 40) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2548, หน้า 2) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า การจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นส่วน ๆ เพื่อค้นหาว่าทำมาจากอะไร มีองค์ประกอบอะไร ประกอบขึ้นมาได้อย่างไร เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง (2544, หน้า 51) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นความสามารถในการคิดแยกแยะเรื่องราวใด ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นมีองค์ประกอบกันเช่นไร

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, หน้า 70-71) ให้ความหมายของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นความสามารถในการมองเห็นรายละเอียด และจำแนกแยกแยะข้อมูล องค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุ เรื่องราว เหตุการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดเป็นหมวดหมู่เพื่อค้นหาความจริง ความ สำคัญ แก่นแท้ องค์ประกอบ หรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ สามารถอธิบายตีความสิ่งที่เห็น ทั้งที่อาจแฝงซ่อนอยู่ภายในสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏได้อย่างชัดเจน รวมทั้งหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไร อะไรเป็นสาเหตุ อะไรเป็นผล ส่งผลกระทบต่อกันอย่างไร อาศัยหลักการใด จนได้ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุป การประยุกต์ใช้ทำนายหรือคาดการณ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

สุวิทย์ มูลคำและคณะ (2554, หน้า 21) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็น วัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

จากที่กล่าวมาข้างต้น อาจสรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรอง จำแนกแยกแยะองค์ประกอบ เนื้อหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ อย่างละเอียดรอบคอบ เพื่อศึกษาค้นคว้าว่า มีองค์ประกอบอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการของอะไร

องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 17) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบสำคัญได้ดังนี้

1. สิ่งที่กำหนดให้ เป็นสิ่งสำเร็จรูปที่กำหนดให้วิเคราะห์ เช่น วัตถุ สิ่งของ เรื่องราว เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2. หลักการหรือกฎเกณฑ์ ที่เป็นข้อกำหนดสำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน หลักเกณฑ์ในการหาลักษณะความสัมพันธ์เชิงเหตุผล อาจจะเป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่มีความคล้ายคลึงกันหรือขัดแย้งกัน เป็นต้น

3. การค้นหาความจริงหรือความสำคัญ เป็นการพิจารณาส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ตามหลักการหรือกฎเกณฑ์ แล้วทำการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุป

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2548, หน้า 26-30) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. ความสามารถในการตีความ เราจะไม่สามารถวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ได้หากไม่เริ่มต้นด้วยความเข้าใจข้อมูลที่ปรากฏ เริ่มแรกเราจึงจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลที่ได้รับ ว่าอะไรเป็นอะไรด้วยการตีความ การตีความ (Interpretation) หมายถึงการพยายามทำความเข้าใจและให้เหตุผลแก่สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เพื่อแปลความหมายที่ไม่ปรากฏโดยตรงของสิ่งนั้น เป็นการสร้างความเข้าใจต่อสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ โดยสิ่งนั้นไม่ได้ปรากฏโดยตรงคือ ตัวข้อมูลไม่ได้บอกโดยตรง แต่เป็นการสร้างความเข้าใจที่เกินกว่าสิ่งที่ปรากฏ อันเป็นการสร้างความเข้าใจบนพื้นฐานของสิ่งที่ปรากฏในข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ เกณฑ์ที่แต่ละคนใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินย่อมแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ และค่านิยมของแต่ละบุคคล เช่น การตีความจากความรู้ การตีความจากประสบการณ์ การตีความจากข้อเขียน เป็นต้น

2. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ เราจะคิดวิเคราะห์ได้ดีนั้น จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องนั้น เพราะความรู้จะช่วยในการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์แจกแจง และจำแนกได้ว่าเรื่องนั้นเกี่ยวข้องกับอะไร มีองค์ประกอบย่อย ๆอะไรบ้าง มีกี่หมวดจัดลำดับความสำคัญอย่างไร และรู้ว่าอะไรเป็นสาเหตุก่อให้เกิดอะไร

3. ความช่างสังเกต ช่างสงสัย และช่างถาม นักคิดเชิงวิเคราะห์จะต้องมีองค์ประกอบทั้งสามนี้ร่วมด้วยคือ ต้องเป็นคนที่ช่างสังเกต สามารถค้นพบความผิดปกติท่ามกลางสิ่งที่ดูอย่างผิวเผินเหมือนไม่มีอะไรเกิดขึ้น ต้องเป็นคนที่ช่างสงสัย เมื่อเห็นความผิดปกติแล้วไม่ละเลยแต่หยุดพิจารณา ขบคิดไตร่ตรอง และต้องเป็นคนช่างถาม ชอบตั้งคำถามกับตัวเองและคนรอบ ๆ ข้างเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การคิดต่อเกี่ยวกับเรื่องนั้น การตั้งคำถามจะนำไปสู่การสืบค้นความจริง และเกิดความชัดเจนในประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล นักคิดเชิงวิเคราะห์จะต้องมีความสามารถในการใช้เหตุผล จำแนกแยกแยะได้ว่า สิ่งใดเป็นความจริง สิ่งใดเป็นความเท็จ สิ่งใดมีองค์ประกอบในรายละเอียดเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร

ฆนัท ธาตุทอง (2554, หน้า 327) กล่าวว่า การสอนคิดวิเคราะห์ ครูต้องคำนึงถึงและใช้องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ สำหรับจัดกิจกรรมให้กับผู้เรียน ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ โดยต้องมีการกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์

2. การสังเกต สงสัย และถาม เมื่อพบความผิดปกติ โดยไม่ละเลยสิ่งต่าง ๆ และเมื่อ

ได้ข้อมูลแล้วต้องคิดต่อ

3. ความสัมพันธ์เชิงเหตุผล โดยพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งต่อไปนี้

3.1 หาสาเหตุ

3.2 มีการเชื่อมโยง

3.3 มีใครเกี่ยวข้องบ้าง

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้น

3.5 องค์ประกอบต่าง ๆ

3.6 วิธีการและขั้นตอน

3.7 แนวทาง

3.8 คาดการณ์อนาคต

4. การตีความ ซึ่งเป็นการพยายามทำความเข้าใจในสิ่งที่ไม่ได้ปรากฏโดยตรงด้วยเกณฑ์มาตรฐาน ด้วยความสัมพันธ์ จากความรู้ จากประสบการณ์ จากข้อเขียน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสถานการณ์หรือบริบททางวิทยาศาสตร์ แม้ว่านักเรียนจะได้เรียนความรู้วิทยาศาสตร์มาแล้ว แต่ในชีวิตจริงนักเรียนจะแสดงความสามารถที่จะรับสาระ ข้อมูล ข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จากสื่อต่าง ๆ สามารถคิดวิเคราะห์และแสดงออกว่ารู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องการสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่จะจัดการหรือตัดสินใจเกี่ยวกับบริบททางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นหลักทำให้เกิดความคิดเป็นเหตุเป็นผลและคิดแบบวิทยาศาสตร์ และการที่สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนต้องมีความรู้ มีความสามารถที่เป็นองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ และมีจิตวิทยาศาสตร์

ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2553, หน้า 23-24) กล่าวว่า ลักษณะการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 ลักษณะ คือ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งของ หรือเรื่องราวต่าง ๆ

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่าง ๆ โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลหรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในที่นี้หมายถึง การหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล 14 ประเภท คือ ความคล้ายคลึง ความขัดแย้งหรือตรงกันข้าม การทำนาย การเป็นลำดับย่อย การเป็นสมาชิกของ

ประเภทเดียวกัน การเป็นลำดับที่สูงกว่า การเติมให้สมบูรณ์ ส่วนย่อย ส่วนรวม ความเท่าเทียมกัน การปฏิเสธ การใช้คำ ด้านคุณสมบัติ แบบสรุปความ

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักความสัมพันธ์ ส่วนสำคัญในเรื่องนั้น ๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด เช่น การให้นักเรียนค้นหาหลักการของเรื่อง การระบุจุดประสงค์ของนักเรียน ประเด็นสำคัญของเรื่อง เป็นต้น

บลูม (Bloom, 1956, pp. 201-207) ได้แบ่งลักษณะของการวิเคราะห์เป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญหรือเนื้อหาข้อมูลต่าง ๆ (Analysis of element) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่า สิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ หรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งไหนเป็นเหตุ สิ่งไหนเป็นผล ประกอบด้วย

1.1 วิเคราะห์ชนิด เป็นการให้นักเรียนวินิจฉัยว่า สิ่งนั้น เหตุการณ์นั้น ๆ จัดเป็นชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด เช่น ต้นผักชีเป็นพืชชนิดใด ปะการังน้ำเป็นพืชหรือสัตว์

1.2 วิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญ สิ่งใดไม่สำคัญ เป็นการค้นหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อย ของสิ่งต่าง ๆ เช่น

1.2.1 สาระสำคัญของเรื่องนี้คืออะไร

1.2.2 ควรตั้งชื่อเรื่องนี้ว่าอะไร

1.2.3 การปฏิบัติเช่นนั้น เพื่ออะไร

1.2.4 สิ่งใดสำคัญที่สุด สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุดจากสถานการณ์นี้

1.3 วิเคราะห์เลศนัย เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้นหรืออยู่เบื้องหลังจากสิ่งที่เห็น ไม่ได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความจริงซ่อนเร้นอยู่ เช่น

1.3.1 ภาพนี้หมายถึงใคร

1.3.2 ข้อความนี้หมายถึงใคร หรือสถานการณ์ใด

1.3.3 เรื่องนี้ควรยกย่อง หรือตำหนิใคร

1.3.4 เรื่องนี้ให้ข้อคิดอะไร ผู้เขียนมีความเชื่ออย่างไร มีจุดประสงค์คืออะไร

2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่ามีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ได้แก่

2.1 วิเคราะห์ชนิดความสัมพันธ์

2.1.1 มุ่งให้คิดว่าเป็นความสัมพันธ์แบบใด เช่น มีสิ่งใดสอดคล้องกันหรือไม่สอดคล้องกัน มีสิ่งใดเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ และมีสิ่งใดไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้

2.1.2 ข้อความใด มีสิ่งใดไม่สมเหตุสมผล เพราะอะไร

2.1.3 คำกล่าวใดสรุปผิด การตัดสินใจกระทำอะไรที่ไม่ถูกต้อง

2.1.4 สองสิ่งนี้เหมือนกันอย่างไร หรือแตกต่างกันอย่างไร

2.2 วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์

2.2.1 สิ่งใดเกี่ยวข้องมากที่สุด สิ่งใดเกี่ยวข้องน้อยที่สุด

2.2.2 สิ่งใดสัมพันธ์กับสถานการณ์ หรือเรื่องราวมากที่สุด

2.2.3 การเรียงลำดับมากน้อยของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เรียงลำดับความรุนแรง จำนวน ขนาด ระยะทาง ระยะเวลา มาก-น้อย ใหญ่-เล็ก เป็นต้น

2.3 วิเคราะห์ขั้นตอนของความสัมพันธ์

2.3.1 เมื่อเกิดสิ่งนี้แล้ว เกิดผลลัพธ์อะไรตามมาบ้างตามลำดับ

2.3.2 การเรียงลำดับขั้นตอน เหตุการณ์ วงจรของสิ่งของต่าง ๆ สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาตามลำดับขั้นตอน เช่นวิเคราะห์วงจรของผีเสื้อ

2.4 วิเคราะห์จุดประสงค์และวิธีการ

2.4.1 การกระทำแบบนี้เพื่ออะไร ต้องการอะไร

2.4.2 เมื่อทำอย่างนี้แล้ว จะเกิดสัมฤทธิ์ผลอะไร

2.4.3 ทำอย่างนี้มีเป้าหมายอะไร มีจุดมุ่งหมายอะไร

2.5 วิเคราะห์สาเหตุและผล

2.5.1 สิ่งใดเป็นสาเหตุของเรื่องนี้

2.5.2 หากไม่ทำอย่างนี้ ผลจะเป็นอย่างไร

2.5.3 หากทำอย่างนี้ ผลจะเป็นอย่างไร

2.5.4 สองสิ่งนี้มีความเป็นเหตุเป็นผลแก่กัน หรือขัดแย้งกัน

2.6 วิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย

2.6.1 บินเร็วเหมือนนก

2.6.2 ระบบประชาธิปไตยเหมือนการทำงานของอวัยวะใดในร่างกาย

2.6.3 ช้อนคู่ส้อม ตะปูจะคู่กับอะไร

3. การคิดวิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of organizational principles) คือ การค้นหาโครงสร้างหรือระบบของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวและการกระทำต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพนั้นได้อย่างไร เนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการอย่างไร มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จะทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการได้ประกอบด้วย

3.1 วิเคราะห์โครงสร้าง เป็นการค้นหาโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ เช่น

3.1.1 การทำวิจัยมีกระบวนการทำงานอย่างไร

3.1.2 สิ่งนี้บ่งบอกความคิดหรือเจตนาอะไร

3.1.3 คำกล่าวนี้มีลักษณะอย่างไร

3.1.4 ส่วนประกอบของสิ่งนี้มีอะไรบ้าง

3.2 วิเคราะห์หลักการ เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปเป็นคำตอบหลักได้

3.2.1 หลักการของเรื่องนี้มีว่าอย่างไร

3.2.2 หลักการในการสอนของครูควรเป็นอย่างไร

ลักษณะของสิ่งต่าง ๆที่น่าจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ เช่น วิเคราะห์วัตถุ วิเคราะห์สถานการณ์ วิเคราะห์บุคคล วิเคราะห์ข้อความ วิเคราะห์ข่าว เป็นต้น

มาร์ซาโน (Marzano, 2011, pp. 38-45 อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556, หน้า 77-82) ได้กล่าวถึงลักษณะการคิดวิเคราะห์ว่าประกอบด้วยความสามารถ 5 ด้าน ดังนี้

1. การจับคู่ หรือการจำแนก (Matching) เป็นความสามารถในการจับคู่สิ่งต่าง ๆ ที่เหมือนกันทั้งรูปร่าง ลักษณะแหล่งกำเนิด สามารถแยกแยะสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ที่เหมือนกันและแตกต่างกัน ออกเป็นแต่ละส่วนให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถระบุตัวอย่างหลักฐานและลักษณะความเหมือนความแตกต่างได้ ซึ่งจะเชื่อมโยงไปถึงความสามารถในการจับคู่ได้ประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ระบุสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

1.2 ระบุลักษณะ คุณสมบัติของสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

1.3 หาความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์

1.4 หาความแตกต่างและความถูกต้อง

2. ด้านการจัดหมวดหมู่ หรือการจัดกลุ่ม (Classification) เป็นความสามารถในการประมวลความรู้เพื่อการจัดกลุ่ม จัดลำดับและจัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ สามารถจัดกลุ่มที่มีหลักการและลักษณะที่คล้ายคลึงเข้าด้วยกันอย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถหาคุณลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งของที่เหมือนกัน จัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะจุดร่วมเหมือนกัน ทั้งด้านเนื้อหาด้านความรู้ และด้านทักษะ ประกอบด้วยความสามารถ

2.1 เลือกสิ่งของที่เหมือนกัน กำหนดตัวบ่งชี้ของสิ่งที่ต้องการจัดกลุ่ม

2.2 ให้คำนิยามหรือคุณลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งที่ต้องการจัดกลุ่ม

2.3 กำหนดหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ และให้เหตุผลว่าเหตุใดจึงอยู่ในกลุ่ม

3. การจับผิดหรือการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Error analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะข้อผิดพลาด มองเห็นความสัมพันธ์และความไม่สัมพันธ์สอดคล้องของสิ่งต่าง ๆ สามารถระบุสิ่งที่ไม่ถูกต้อง สิ่งผิดปกติไม่เหมาะสม ในสถานการณ์จากการสังเกตและการใช้ความรู้เดิมผสานกับความรู้ใหม่ สามารถโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปและลงความเห็นได้อย่างสมเหตุสมผล การพัฒนาความสามารถในด้านนี้จะเกิดขึ้นได้จะต้องมีองค์ประกอบสำคัญดังนี้

3.1 มีความรู้เดิมพื้นฐาน ต้องฝึกอ้างอิงความรู้เดิม

3.2 ฝึกฝนการใช้หลักฐาน หลักฐานจะเป็นการอธิบายอย่างละเอียด และตีความข้อมูลพื้นฐานนั้น

3.3 มีข้อมูลสนับสนุน สามารถหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาสนับสนุนความคิดตนเอง

3.4 ขยายความ สามารถขยายความคิดของตนเองให้เป็นที่ยอมรับ ให้ข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ

4. การสรุปอ้างอิงหลักการได้ หรือการวิเคราะห์หลักการ (Generalization) เป็นความสามารถในการนำความรู้เดิมที่มีไปสรุปเป็นหลักการใหม่ นำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม ส่วนใหญ่เป็นการให้เหตุผลเชิงอุปนัยคือเรียนรู้จากตัวอย่างเหตุการณ์รายละเอียดย่อย สรุปเป็นหลักการ มีขั้นตอนของการสรุปอ้างอิง ดังนี้

4.1 พิจารณาสังเกตข้อมูลอย่างถี่ถ้วน สันนิษฐาน และสรุปข้อมูลที่มีอยู่ในจินตนาการเอาเอง

4.2 หารูปแบบการเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้น

4.3 สร้างหลักการ รูปแบบการอธิบายข้อมูล

4.4 ศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันหลักการหรือเปลี่ยนแปลงหลักการ

5. การทำนาย (Specifying) เป็นความสามารถในการนำความรู้หรือหลักการที่มีอยู่แล้วไปใช้เพื่อทำนายสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างจำเพาะเจาะจง สามารถเข้าใจเหตุการณ์มีความรู้ สามารถระบุรายละเอียดในเหตุการณ์นั้น ระบุสิ่งที่มีผลตามมา และปรับเปลี่ยนวิธีการให้เหมาะสมกับสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นต่อไป

จากลักษณะของการคิดวิเคราะห์ ดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์นั้นจะมีลักษณะเป็นการกำหนดขอบเขตของสิ่งที่จะวิเคราะห์ โดยกำหนดจุดมุ่งหมายลงไปว่าจะวิเคราะห์เพื่ออะไร ด้วยการใช้ทฤษฎีใด ๆ ที่เห็นว่าเหมาะสมมาเป็นกรอบในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้การคิดวิเคราะห์ตามแนวของบลูม ซึ่งเป็นลักษณะของการคิดวิเคราะห์ในรูปแบบความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่า

ประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และที่เป็นเช่นนั้นอาศัยหลักการอะไร หรืออาจกล่าวได้ว่าการแบ่งแยกประเด็นการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประการ คือ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ

กระบวนการคิดวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2553, หน้า 19) เป็นการคิดวิเคราะห์โดยใช้สมองซีกซ้าย เป็นการคิดลึกคิดอย่างละเอียด จากเหตุไปสู่ผลดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่ต้องการคิดวิเคราะห์ เป็นการกำหนดสิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อเป็นต้นเรื่องในการวิเคราะห์

2. กำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดประเด็นที่สงสัยจากปัญหา สิ่งที่ต้องการวิเคราะห์อาจเป็นคำถาม หรือเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ เพื่อค้นหาความจริง สาเหตุ หรือข้อความสำคัญ

3. เป็นการกำหนดข้อความ สำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ในการจำแนกแยกแยะ สิ่งที่เหมือนหรือต่างกัน ความสัมพันธ์ของเหตุผล

4. พิจารณาแยกแยะเป็นการวิเคราะห์ กระจายสิ่งที่กำหนดให้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยใช้เทคนิค 5 W 1 H ประกอบด้วย What (อะไร) Where (ที่ไหน) When (เมื่อไร) Why (ทำไม) Who (ใคร) How (อย่างไร)

5. สรุปเป็นคำตอบ เป็นการรวบรวมประเด็นสำคัญ เพื่อหาข้อสรุปเป็นคำตอบหรือตอบปัญหาของสิ่งของที่กำหนดให้

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, หน้า 82) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่จะวิเคราะห์ว่าจะวิเคราะห์อะไร กำหนดขอบเขตและนิยามของสิ่งที่จะคิดให้ชัดเจน

2. กำหนดจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ว่าต้องการวิเคราะห์เพื่ออะไร เช่น เพื่อจัดอันดับ เพื่อหาสาเหตุ เพื่อหาแนวทางแก้ไข เป็นต้น

3. พิจารณาข้อมูลความรู้ ทฤษฎี หลักการ กฎเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ว่าจะใช้หลักใดเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ และจะใช้หลักความรู้นั้นควรใช้ในการวิเคราะห์อย่างไร เช่น จะจำแนกหรือจัดหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในห้องเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม จะใช้เกณฑ์อะไรจำแนก

4. สรุปและรายงานผลการวิเคราะห์ให้เป็นระบบและชัดเจน

ลักขณา สริวัฒน์ (2549, หน้า 73) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตหรือนิยามสิ่งที่เราจะวิเคราะห์ให้ชัดเจนว่าจะวิเคราะห์อะไร

2. กำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนว่าจะวิเคราะห์เพื่ออะไร

3. พิจารณาหลักความรู้หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องว่าใช้หลักใดเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

4. ใช้หลักความรู้ให้ตรงกับเรื่องที่จะวิเคราะห์เป็นกรณี ๆ ไป และจะต้องรู้ว่าควรจะวิเคราะห์อย่างไร

5. สรุปและรายงานผลการวิเคราะห์ให้เป็นระเบียบชัดเจน

วนิช สุธารัตน์ (2547, หน้า 130-133) ได้กล่าวว่า กระบวนการคิดวิเคราะห์ เป็นการแสดงให้เห็นจุดเริ่มต้น สิ่งที่สืบเนื่องหรือเชื่อมโยงสัมพันธ์กันในระบบการคิด และจุดสิ้นสุดของการคิด ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไปทีละขั้นดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุหรือทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหา ผู้ที่ทำการวิเคราะห์จะต้องทำความเข้าใจปัญหาอย่างกระจ่างแจ้ง ด้วยการตั้งคำถามหลาย ๆ คำถาม เพื่อให้เข้าใจปัญหาต่าง ๆ ที่กำลังเผชิญอยู่นั้นอย่างดีที่สุด ตัวอย่างคำถาม เช่น ปัญหานี้เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดของบ้านเมืองใช่หรือไม่ เป็นต้น

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในขั้นนี้ผู้ที่จะทำการคิดวิเคราะห์จะต้องรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากการสังเกต จากการอ่าน จากข้อมูลการประชุม บทความ จากการสัมภาษณ์ การวิจัย และอื่น ๆ ด้วยวิธีการหลาย ๆ วิธีจะทำให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ ชัดเจน และมีความเที่ยงตรง คำถามที่จะต้องตั้งในขั้นตอนนี้ เช่น ข้อมูลนี้มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร เป็นต้น

ขั้นที่ 3 พิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล หมายถึงผู้ที่คิดวิเคราะห์พิจารณาความถูกต้องเที่ยงตรงของสิ่งที่นำมาอ้าง รวมทั้งการประเมินความพอเพียงของข้อมูลที่จะนำมาใช้ คำถามที่ควรจะนำมาใช้ในตอนนี้ เช่น ข้อมูลที่ได้มามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงไร ยังมีเรื่องอะไรอีกในส่วนนี้ที่ยังไม่รู้ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 การจัดข้อมูลเข้าเป็นระบบ เป็นขั้นที่ผู้คิดจะต้องสร้างความคิด ความคิดรวบยอด หรือหลักการขึ้นให้ได้ ด้วยการเริ่มต้นจากระบุลักษณะของข้อมูล แยกแยะข้อเท็จจริง ข้อคิดเห็น จัดลำดับความสำคัญของข้อมูล พิจารณาขีดจำกัดหรือขอบเขตของปัญหา รวมทั้งข้อตกลงพื้นฐานการสังเคราะห์ข้อมูลเข้าเป็นระบบ และกำหนดข้อสันนิษฐานเบื้องต้น คำถามที่ควรนำมาใช้ในตอนนี้ เช่น ข้อมูลส่วนนี้เกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร จำเป็นต้องหาข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องนี้อีกหรือไม่ จากใคร ที่ใด เป็นต้น

ขั้นที่ 5 ตั้งสมมติฐาน เป็นขั้นที่นักคิดวิเคราะห์จะต้องนำข้อมูลที่จัดระบบระเบียบแล้วมาตั้งเป็นสมมติฐานเพื่อกำหนดขอบเขต และการหาข้อสรุปของข้อคำถาม หรือปัญหาที่กำหนดไว้ ซึ่งต้องอาศัยความคิดเชื่อมโยงสัมพันธ์ในเชิงของเหตุผลอย่างถูกต้อง สมมติฐานที่ตั้งขึ้นจะต้องมี

ความชัดเจนและมาจากข้อมูลที่ถูกต้องปราศจากอคติหรือความลำเอียงของผู้ที่เกี่ยวข้อง คำถามที่ควรนำมาใช้ในตอนนี้ เช่น รายละเอียดแต่ละส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร เป็นต้น

ขั้นที่ 6 การสรุป เป็นขั้นของการลงความเห็น หรือการเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลกับผลอย่างแท้จริง ซึ่งผู้คิดวิเคราะห์จะต้องพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมตามสภาพของข้อมูลที่ปรากฏ โดยใช้เหตุผลทั้งทางตรรกศาสตร์ เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และพิจารณาถึงความเป็นไปได้ตามสภาพที่เป็นจริงประกอบกัน คำถามที่ควรนำมาถาม เช่น ข้อสรุปนี้ทำให้เราเข้าใจอะไรได้บ้าง สิ่งที่สรุปนั้นเป็นเหตุผลที่สมบูรณ์หรือไม่ เป็นต้น

ขั้นที่ 7 การประเมินข้อสรุป เป็นขั้นสุดท้ายของการคิดวิเคราะห์ เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลของการสรุป และพิจารณาผลสืบเนื่องที่จะเกิดขึ้นต่อไป เช่น การนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง หรือการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ๆ คำถามที่ควรนำมาถาม เช่น ส่วนไหนของข้อสรุปที่มีความสำคัญที่สุด ถ้านำเรื่องนี้ไปปฏิบัติจะมีปัญหาอะไรเกิดขึ้นบ้าง เป็นต้น

จากการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการคิดวิเคราะห์ สรุปได้ว่า กระบวนการคิดวิเคราะห์มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการแก้ปัญหาต่าง ๆ แนวทางที่จะปฏิบัติได้ ต้องมีการฝึกให้รู้จักคิดและตัดสินใจได้อย่างเป็นระบบ มีการดำเนินการที่เป็นขั้นตอน การคิดวิเคราะห์จะช่วยให้มองเห็นปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา รู้จักปัญหาอย่างแท้จริง และสุดท้ายจะสามารถแก้ปัญหาทั้งหลายได้

พฤติกรรมของบุคคลที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ฆนัท ธาตุทอง (2554, หน้า 328) ได้กล่าวถึงบุคคลที่มีพฤติกรรมการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. มีความสามารถในการแยกแยะส่วนประกอบต่าง ๆ ได้
2. มีความสามารถในการแจกแจงรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ได้
3. มีความสามารถในการจัดโครงสร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบใหญ่และย่อยได้
4. มีความสามารถในการนำเสนอข้อมูลให้เข้าใจได้

สุวิทย์ มูลคำ (2547, หน้า 14) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของบุคคลที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์
2. ช่างสังเกต ช่างสงสัย ช่างไต่ถาม
3. มีความสามารถในการตีความ
4. มีความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล

จากการศึกษาพฤติกรรมของบุคคลที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสอนเด็ก จะเป็นการเตรียมเด็กให้มีการพัฒนาแนวความคิด

และสติปัญญา การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเป็นการเตรียมสร้างคนที่มีคุณภาพในอนาคต ซึ่งการคิดวิเคราะห์นั้นเป็นความคิดในเชิงลึก บุคคลจะมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ได้ต้องใช้ความสามารถหลาย ๆ ด้านและจะเกิดเมื่อเราต้องการทำความเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อเกิดข้อสงสัยในบางสิ่งจึงพยายามค้นหาความเป็นมาเป็นไปของเรื่องนั้น ๆ หาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลมาอธิบาย จัดลำดับความสำคัญของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และนำไปสู่การพบคำตอบที่เป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งเป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้เกิดขึ้นด้วยนั่นเอง

การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 149-154) กล่าวว่า การวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ เป็นคำถามที่สามารถแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง มีจุดมุ่งหมายหรือประสงค์สิ่งใด นอกจากนั้นก็ยังมีส่วนย่อย ๆ ที่สำคัญในแต่ละเหตุการณ์เกี่ยวกันพันกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันกันโดยหลักการใด จะเห็นว่าสมรรถภาพด้านการคิดวิเคราะห์จะเต็มไปด้วยการหาเหตุและผลมาเกี่ยวข้องกันเสมอ การคิดวิเคราะห์ จึงต้องอาศัยพฤติกรรม ด้านความจำ ความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้มาประกอบการพิจารณา การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์แบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการวิเคราะห์ว่าสิ่งที่มีอยู่นั้น อะไรสำคัญ หรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด อะไรเป็นมูลเหตุ ต้นกำเนิด ผลลัพธ์ และความสำคัญของเรื่องราว เหตุผลใดถูกต้องและเหมาะสมที่สุด ตัวอย่างคำถาม เช่น ข้อความนี้กล่าวถึงสิ่งสำคัญใด ที่กล่าวเช่นนั้นเพื่อให้เกิดอะไร เป็นต้น

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์ หรือความเกี่ยวข้องส่วนย่อยของเรื่องราว เหตุการณ์ หรือเนื้อหานั้น ว่ามีความเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อาจเป็นความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องกับเหตุ เนื้อเรื่องกับผล หรือเหตุกับผลก็ได้ ตัวอย่างคำถาม เช่น เพราะเหตุใดรุ้งจึงโค้งตามแนวโค้งของโลก ทำไมรับประทานพริกท้องจึงร้อน เป็นต้น

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถที่จะจับเค้าเงื่อนของเรื่องราวนั้น ว่ายึดหลักการใด มีเทคนิคหรือยึดหลักปรัชญาใด อาศัยหลักการใด เป็นสื่อสารสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจตัวอย่างคำถาม เช่น รถยนต์วิ่งโดยอาศัยหลักการใด การกระทำนี้แสดงว่าผู้ทำยึดคติใด เป็นต้น

ชวาล แพรัตกุล (2552, หน้า 171-180) ได้กล่าวถึง การวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า คำถามด้านการวิเคราะห์มีความมุ่งหมายที่จะฝึกและวัด ว่านักเรียนสามารถแยกเรื่องราว หรือแยกเหตุการณ์ ผลลัพธ์ ผลรวม ของปรากฏการณ์ใด ๆ ที่ประจักษ์อยู่นี้ ว่าเกิดจากหรือ

ประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ อะไรบ้าง ความสามารถชนิดนี้จะทำให้เขาทราบว่า แต่ละเรื่องราวนั้นมีความสำคัญตรงไหน ส่วนย่อย ๆ เหล่านั้นสัมพันธ์เกี่ยวโยงกันอย่างไร และในที่สุดก็ทราบได้ว่าส่วนย่อยนั้นผูกติดกันเป็นเรื่องราวที่สมบูรณ์ โดยยึดหลักการหรือทฤษฎีใดด้วย

คำถามจำพวกนี้มักใช้ข้อความนอกบทเรียนเหมาะ ๆ มาเป็นตัวนำ โดยอาจตัดตอนมาจากบทความทางวิทยาศาสตร์ หรือจากปัญหาข้อโต้แย้ง หรือแม้จนกระทั่งใช้ภาพและตาราง ตัวเลขข้อมูลต่าง ๆ มาให้นักเรียนอ่านเป็นหลักก่อนก็ได้ แล้วสร้างคำถามให้นักเรียนวินิจฉัย หาคำตอบที่ถูกต้องที่สุด หรือสอดคล้องเหมาะสมกับข้อความที่ยกมานั้น คำถามด้วยการวิเคราะห์นี้มี 3 ประการ คือ ให้วิเคราะห์หาความสำคัญ (Analysis of elements) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Analysis of relationships) และวิเคราะห์หาหลักการ (Analysis of organizational principles) โดยแต่ละประเภท ๆ อาจสร้างคำถามพลิกแพลงได้หลายทาง ดังจะกล่าวต่อไปนี้

1. ถามให้วิเคราะห์หาความสำคัญ ได้แก่โจทย์ที่ถามให้นักเรียนค้นหาเนื้อแท้ หรือหามูลเหตุ ต้นกำเนิด ผลลัพธ์ และความสำคัญทั้งปวงของเรื่องราวต่าง ๆ เช่น ถามให้วิเคราะห์ว่าข้อความนั้นมีใจความทั้งที่กล่าวไว้อย่างประจักษ์แจ้ง และที่กล่าวไว้อย่างเปรียบเปรยอะไรบ้าง ถามให้นักเรียนชี้ว่า ความตอนใดเป็นเพียงสมมติฐาน ตอนใดเป็นคำสรุปผลหรือเป็นคำอ้างอิงสนับสนุน ข้อความนั้นมีวัตถุประสงค์ หรือความมุ่งหมายสำคัญตรงไหน เป็นต้น คำถามเหล่านี้ต้องการให้นักเรียนแยกแยะเรื่องราวที่พบเห็นให้กระจายออกมาเป็นส่วนย่อย ๆ แล้วนำมาพิจารณาว่าสิ่งใดสำคัญและไม่สำคัญ คำถามประเภทวิเคราะห์นี้อาจพลิกแพลงแบบเป็นให้นักเรียนค้นหาความผิดพลาด หรือหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ก็ได้ โดยเรายกเอาเรื่องราว เหตุการณ์ หรือผลการทดลองต่าง ๆ มาให้นักเรียนวินิจฉัยว่า ตัวใดผิด ผิดตรงไหน เป็นต้น

2. ถามให้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้แก่คำถามที่จะให้นักเรียนค้นหาว่า ความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวนั้น ต่างติดต่อเกี่ยวพันกันอย่างไร แต่ละตอนพาดพิงกับท้องเรื่องทั้งหมดอย่างไร ความเห็นหรือเนื้อความทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนจบ ยึดทฤษฎีหรือสมมติฐานอะไรเป็นหลัก และแต่ละตอนนั้น ๆ สอดคล้องหรือขัดแย้งกันเองหรือเปล่า เป็นต้น ในการถามหาความสัมพันธ์นี้อาจยกเรื่องราวสั้น ๆ หรือตัดตอนข้อความทั้งที่เป็นจริงหรือเป็นเท็จ หรือที่ปนเปกัน มาแบ่งเป็นประโยค ๆ แล้วถามว่าแต่ละประโยคนั้น ๆ ต่างมีลักษณะสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน

3. ถามให้วิเคราะห์หลักการ ในการอ่านหรือศึกษาเรื่องราวใด ๆ นั้น เราต้องการให้เด็กจับเค้าเงื่อนให้ได้ว่า เรื่องนั้นยึดถือหลักการใด ใช้เทคนิคหรือหลักวิชาใด มีระเบียบวิธีในการเรียบเรียง และมีเค้าโครงสร้างอย่างไร คุณภาพเหล่านี้คือความสามารถของการวิเคราะห์หาหลักการ การวิเคราะห์แบบนี้มุ่งหมายที่จะให้นักเรียนค้นหากฎเกณฑ์ ทั้งที่กล่าวไว้อย่างแจ้งชัด และที่กล่าวไว้อย่างมีเลศนัยด้วย ผู้ที่จะวิเคราะห์หลักการได้นั้นต้องเป็นผู้ที่สามารถวิเคราะห์ทั้งความสำคัญและ

ความสัมพันธ์มาก่อนแล้วทั้งสองประการ จึงจะวิเคราะห์หลักการได้สำเร็จ ซึ่งทั้งนี้ก็หมายความว่าต้องเป็นบุคคลที่มีความสามารถ ตั้งแต่ความจำ ความเข้าใจ และนำไปใช้เป็นมาแล้วครบทั้ง 3 ขั้นนั้นด้วย และสมรรถภาพในการวิเคราะห์ทั้ง 3 ชนิดนี้ ต่างเกี่ยวเนื่องกันเป็นลูกโซ่

จากการศึกษาการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการพิจารณาการตัดสินใจเรื่องราวหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง มีอะไรเป็นส่วนสำคัญ แต่ละเหตุการณ์เกี่ยวพันกันอย่างไรบ้าง และเกี่ยวพันกันโดยหลักการใด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 21 ข้อโดยกำหนดจากเนื้อหารายวิชาที่ต้องการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยการวัดพฤติกรรมในการคิดวิเคราะห์แบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ด้านคือ การวัดการวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ โดยอาจยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ บทความที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือใช้คำถามที่นักเรียนสามารถแยกแยะส่วนย่อย ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

ศริวรรณ เจษฎารมย์ (2551) ได้ทำการศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จริยา ภูสีฤทธิ์ (2550) ได้ทำการศึกษา ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ John Dewey ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

วราวรรณ แสงอยู่ (2556) ได้ทำการศึกษา ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัย

พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นิติกร อ่อนโยน (2551) ได้ทำการศึกษา ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มยุรา ลีหัวสระ (2556) ได้ทำการศึกษา ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

สตีล เคลซี่ และจูน (Steel, Kelsey, & June, 2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยออกแบบบทเรียน 40 หน่วย บูรณาการทั้งวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนทุกขั้นตอน มีการใช้คำถามเป็นข้อมูลเชิงตาราง มีการออกแบบการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง วิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอข้อมูล พบว่านักเรียนสามารถประยุกต์ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบได้ดี มีระบบในการทำงาน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

บักกี้ (Buggy, 1971) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้คำถามกับนักเรียนและผลสัมฤทธิ์วิชาสังคมศึกษาของนักเรียนเกรด 2 โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 สอนโดย

ใช้บทเรียนที่เตรียมไว้ซึ่งใช้คำถามระดับสูง 70% และคำถามระดับความรู้ความจำ 30% กลุ่มที่ 2 สอนโดยใช้คำถามระดับสูง 30% และคำถามระดับความรู้ความจำ 70% กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม หลังจากเรียนจบแล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบปรนัย ซึ่งจะมีคำถาม ถามในแต่ละด้านพฤติกรรมของบลูม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่สอนโดยใช้คำถามระดับสูง 70% มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่านักเรียนที่สอนโดยใช้คำถามระดับสูง 30% และกลุ่มควบคุม นอกจากนั้นยังพบว่านักเรียนที่สอนโดยใช้คำถามระดับสูง 30% มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมเช่นเดียวกัน

บัทซอร์ และซีเวล (Butzow & Sewell, 1971) ได้ทดลองสอนเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 92 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยนักเรียนมีความสามารถในการสังเกต การเปรียบเทียบ การจัดจำแนก การวัด การทดลองและการสรุปอ้างอิงเพิ่มมากขึ้น และยังพบว่านักเรียนที่มีสติปัญญาดีจะมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

สตราวิทซ์ และมาโลน (Strawitz & Malone, 1987) ได้ทำการศึกษาความคงทนของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักศึกษาฝึกหัดครูประถมศึกษาที่ได้รับการสอนจากครูโดยตรง (Teacher-direct strategy) และที่ได้รับการสอนด้วยตัวเอง (Self-instractional strategy) พบว่านักศึกษาฝึกหัดที่ได้รับการสอนด้วยตนเองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมากกว่าที่ได้รับการสอนจากครูโดยตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในด้านของความคงทนของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของทั้ง 2 วิธีนั้น พบว่ามีความคงทนทั้ง 2 วิธี

ลัมพ์คิน (Lumpkin, 1992) ได้ศึกษาผลการสอนทักษะการคิดวิเคราะห์ ที่มีต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในเนื้อหาวิชาสังคมศึกษา ของนักเรียนเกรด 5 และเกรด 6 ผลการวิจัยพบว่า เมื่อได้สอนทักษะการคิดวิเคราะห์แล้ว นักเรียนเกรด 5 และ 6 มีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน นักเรียนเกรด 5 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในเนื้อหาวิชาสังคมไม่แตกต่างกัน ส่วนนักเรียนเกรด 6 ที่เป็นกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในเนื้อหาวิชาสังคมศึกษาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงนั้น สามารถใช้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวน การทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากรูปแบบการสอนมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ที่ชัดเจน กระบวนการจัดกิจกรรมแต่ละขั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดอย่างมีเหตุผล จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องบรรยากาศ และการสร้างแบบทดสอบ เกณฑ์การประเมินผล สำหรับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชลบุรี เขต 3 อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 8 ห้องเรียน รวม 328 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/7 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียนโดยการสุ่มห้องเรียน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 38 คน

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

ระดับสูง ซึ่งดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One group pretest-posttest design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 248-249) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบ One group pretest-posttest design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เรื่องบรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เรื่องบรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

สาระที่ 6: กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐานว 6.1: เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัดตามมาตรฐานการเรียนรู้ (ตัวชี้วัดชั้นปี) ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา วิชาวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ วิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องบรรยากาศ ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องบรรยากาศ

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
สืบค้นและอธิบายองค์ประกอบและการแบ่งชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมผิวโลก	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 อากาศและบรรยากาศ	1. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบของอากาศและการแบ่งชั้นบรรยากาศโดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ได้ 2. อธิบายสมบัติของบรรยากาศในระดับชั้นต่าง ๆ ได้ 3. บอกความสำคัญของอากาศและบรรยากาศที่เกี่ยวข้องกับชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้	2	15

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 รังสีจากดวงอาทิตย์	4. ทดลองและอธิบายปริมาณการดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์และการคายความร้อนของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกที่มีลักษณะต่างกันได้ 5. อธิบายผลของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มีต่ออุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวโลกได้	2	14
ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 อุณหภูมิของอากาศ	6. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศได้ 7. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศได้	2	14
ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ความดันอากาศ	8. ทดลองและอธิบายได้ว่าอากาศมีแรงดัน และความดันอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศและความสูงและคำนวณหาความดันอากาศ 9. อธิบายหลักการทำงานและวิธีใช้เครื่องมือวัดความดันอากาศได้	2	14

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น และความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ลม	10. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศ ความหนาแน่นของอากาศ และอุณหภูมิของอากาศกับการเกิดลมได้ 11. อธิบายความแตกต่างของความดันอากาศในสองพื้นที่ที่มีผลต่ออัตราเร็วลมได้ 12. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราเร็วลม และทิศทางลมอย่างง่ายได้	2	14
ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น และความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ความชื้นของอากาศ	13. ทดลองและอธิบายความหมายของ ความชื้นปริมาณไอน้ำอิ่มตัว การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมบูรณ์ได้ 14. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับปริมาณไอน้ำในอากาศได้	2	14
ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นและความกดอากาศที่มีผลต่อ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เมฆและฝน	15. ทดลองและอธิบายการเกิดรูปร่าง ลักษณะของเมฆและชนิดของเมฆได้ 16. ทดลองและอธิบายการเกิดฝนและการวัดปริมาณน้ำฝนได้	2	15

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
ปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ				
รวม			14	100

1.3 วิเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องบรรยากาศ จำนวน 7 แผน ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องบรรยากาศ จำนวน 7 แผน

กระบวนการจัดการเรียนรู้	คำถามระดับสูง	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
ขั้นระบุปัญหา	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า	-
ขั้นตั้งสมมติฐาน	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า	- ทักษะการตั้งสมมติฐาน - ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ - ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า	- ทักษะการทดลอง

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

กระบวนการจัดการเรียนรู้	คำถามระดับสูง	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า	- ทักษะการตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป
ขั้นสรุปผล	คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ คำถามการประเมินค่า	

<u>หมายเหตุ</u> ในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 7 แผน มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบเดียวกัน

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 7 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.4.1 มาตรฐานการเรียนรู้/ ตัวชี้วัด

1.4.2 สาระสำคัญ

1.4.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.4 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

1.4.5 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1.4.6 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.4.7 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

1.4.8 กระบวนการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา

2) ขั้นตั้งสมมติฐาน

3) ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล

4) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล

5) ขั้นสรุปผล

ซึ่งในแต่ละขั้นของกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ขั้น จะมีการสอดแทรกคำถามระดับสูงในทุกขั้นตอนโดยจะเน้นคำถามการคิดวิเคราะห์

1.4.9 สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

1.4.10 การวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง และนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา สมรรถนะ คุณลักษณะ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถามโดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนนดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมคือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.20-5.00 ซึ่งถือว่ามีค่าความเหมาะสมมาก (ภาคผนวก ข)

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ โดยปรับปรุงสาระสำคัญ และกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง บรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้ว มาปรับปรุงแก้ไขและจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนดาราสมุทรศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ต่อไป

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 ศึกษาคำอธิบายรายวิชา ตัวชี้วัด และจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาจากหลักสูตร คู่มือครู และแบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องบรรยากาศ ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.3 กำหนดโครงสร้างข้อสอบเพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องบรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดตามแนวคิดของบลูมทั้ง 6 ด้าน คือ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า ซึ่งข้อสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ทำการสร้างแบบทดสอบจำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 30 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 วิเคราะห์ข้อสอบจำแนกตามจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามระดับพฤติกรรม						รวม	ต้องการจริง
		ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า		
อากาศและบรรยากาศ	1. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบของอากาศและการแบ่งชั้นบรรยากาศโดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ได้	2	-	-	-	-	-		
	2. อธิบายสมบัติของบรรยากาศในระดับชั้นต่าง ๆ ได้	-	1	-	2	-	-	-	-
	3. บอกความสำคัญของอากาศและบรรยากาศที่เกี่ยวข้องกับชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้	1	1	1	1	-	-		
	รวม	3(1)	2(1)	1(1)	3(2)	-	-	9	5
รังสีจากดวงอาทิตย์	4. ทดลองและอธิบายปริมาณการดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์และการคายความร้อนของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก	2	2	1	1	-	-	-	-

ตาราง 3-4 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามระดับพฤติกรรม						รวม	ต้องการจริง
		ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า		
	ที่มีลักษณะต่างกัน								
	5. อธิบายผลของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มีต่ออุณหภูมิอากาศที่พื้นผิวโลก	-	1	1	-	-	-		
	รวม	2(1)	3(1)	2(1)	1(1)	-	-	8	4
อุณหภูมิของอากาศ	6. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศได้	1	1	1	-	-	-	-	-
	7. อธิบายปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศได้	1	2	1	1	-	-		
	รวม	2(1)	3(1)	2(1)	1(1)	-	-	8	4
ความดันอากาศ	8. ทดลองและอธิบายได้ว่าอากาศมีแรงดัน และความดันอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศและความสูง	-	-	3	2	-	2	-	-

ตาราง 3-4 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามระดับพฤติกรรม						รวม	ต้องการจริง
		ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า		
	และคำนวณหาความดันอากาศได้								
	9. อธิบายหลักการทำงานและวิธีใช้เครื่องมือวัดความดันอากาศได้	1	-	-	-	-	-		
	รวม	1(1)	-	3(1)	2(1)	-	2(1)	8	4
ลม	10. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศ ความหนาแน่นของอากาศ และอุณหภูมิของอากาศกับการเกิดลมได้	-	4	-	1	-	-	-	-
	11. อธิบายความแตกต่างของความดันอากาศในสองพื้นที่ที่มีผลต่ออัตราเร็วลมได้	-	-	-	1	-	-		

ตาราง 3-4 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามระดับพฤติกรรม						รวม	ต้องการจริง
		ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า		
	12. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราเร็วลม และทิศทางลมอย่างง่ายได้	2	1	-	-	-	-		
	รวม	2(1)	5(2)	-	2(1)	-	-	9	4
ความชื้นของอากาศ	13. ทดลองและอธิบาย ความหมายของความชื้นปริมาณไอน้ำอิ่มตัว การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมบูรณ์ได้	2	1	2	-	-	-	-	-
	14. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศกับปริมาณไอน้ำในอากาศได้	-	3	1	-	-	-		
	รวม	2(1)	4(2)	3(1)	-	-	-	9	4

ตาราง 3-4 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบตามระดับพฤติกรรม						รวม	ต้องการจริง
		ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า		
เมฆและฝน	15. ทดลองและอธิบายการเกิดรูปร่าง ลักษณะของเมฆและชนิดของเมฆได้	1	1	1	1	1	-	-	-
	16. ทดลองและอธิบายการเกิดฝนและการวัดปริมาณน้ำฝนได้	1	1	1	-	1	-		
	รวม	2(1)	2(1)	2(1)	1(1)	2(1)	-	9	5
จำนวนข้อสอบทั้งหมด		14 (7)	19 (8)	13 (6)	10 (7)	2 (1)	2 (1)	60	30

หมายเหตุ 2(1) หมายถึง (1) คือ จำนวนแบบทดสอบที่ต้องการใช้จริง 2 คือ จำนวนแบบทดสอบที่สร้างขึ้น

2.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว จำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 30 ข้อ

2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้

กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่า แบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า แบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่า แบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

2.7 พิจารณาเลือกแบบทดสอบ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ซึ่งแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ภาคผนวก ข)

2.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 60 ข้อที่ปรับปรุงแล้ว นำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดาราสมุทรศรีราชา จำนวน 47 คน ซึ่งมีสภาพใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างและได้เรียนเนื้อเรื่องบรรยากาศมาแล้ว และนำผลมาตรวจคะแนน โดยให้คะแนนสำหรับข้อที่ตอบถูก 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิด 0 คะแนน

2.9 นำผลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของข้อสอบเป็นรายข้อ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 129) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185-187) จำนวน 30 ข้อ โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.21-0.72 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.22-0.71 (ภาคผนวก ข)

2.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับแบบอิงเกณฑ์โดยใช้วิธีของโลเวทท์ (Lovett's method) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555, หน้า 110) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94 (ภาคผนวก ข)

2.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องบรรยากาศ จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่องบรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง และตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจากหนังสือคู่มือการวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการตามแนวหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

3.2 กำหนดรูปแบบของแบบวัด เป็นแบบกำหนดสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องบรรยากาศ โดยแต่ละสถานการณ์มีคำถามเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ทักษะ

3.3 สร้างตารางกำหนดโครงสร้างของข้อสอบ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่องบรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้สอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป โดยจะดำเนินการสร้างแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ แต่ต้องการใช้จริงจำนวน 20 ข้อ ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 การกำหนดจำนวนข้อของแบบทดสอบที่ต้องการ ให้สอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ต้องการวัด เรื่องบรรยากาศ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	**จำนวนข้อที่ออก**	**จำนวนข้อที่ใช้จริง**
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	6	4
ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	6	4
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	6	4
ทักษะการทดลอง	6	4
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	6	4
รวม	30	20

3.4 สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก ซึ่งในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว แบบทดสอบมีจำนวน 30 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 20 ข้อ

3.5 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง บรรยากาศที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

3.6 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117) ของข้อคำถามแต่ละข้อกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ต้องการวัด โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ต้องการวัด

3.7 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แต่ถ้าหากมีค่าต่ำกว่า 0.50 ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ซึ่งแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ภาคผนวก ข)

3.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว แล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา จำนวน 47 คน ซึ่งมีสภาพใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างและได้เรียน เรื่อง บรรยากาศมาแล้ว จากนั้นนำผลจากแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน โดยให้คะแนนข้อที่ตอบถูก 1 คะแนนและข้อที่ตอบผิด 0 คะแนน

3.9 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และผลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของข้อสอบเป็นรายข้อ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 129) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (*p*) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185-187) จำนวน 20 ข้อ จากการวิเคราะห์คุณภาพพบว่ามีค่าความยาก (*p*) ตั้งแต่ 0.23-0.70 และค่าอำนาจจำแนก (*B*) อยู่ระหว่าง 0.22-0.79 (ภาคผนวก ข)

3.10 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับแบบอิงเกณฑ์โดยใช้วิธีของโลเวทท์ (Lovett's method) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555, หน้า 110) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 (ภาคผนวก ข)

3.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 20 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

4.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.2 ศึกษาเทคนิคในการสร้างข้อสอบจากหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสอบ หนังสือการวัดผลและประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.3 กำหนดโครงสร้างข้อสอบ เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่องบรรยากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งข้อสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว จำนวน 30 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 21 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 3-6 โดยกำหนดองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม (Bloom, 1956, pp. 201-207)

ตารางที่ 3-6 กำหนดองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์และจำนวนแบบวัดที่ต้องการ

องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์	จำนวนข้อที่ออก	จำนวนข้อที่ใช้จริง
1. ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ	10	7
2. ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	10	7
3. ด้านการวิเคราะห์หลักการ	10	7
รวม	30	21

4.4 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่มีลักษณะเป็นแบบปรนัย (Multiple choice) ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ตามโครงสร้างข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นสถานการณ์ เรื่องราวต่าง ๆ ที่ครอบคลุมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน

4.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง บรรยากาศที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

4.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบลักษณะเนื้อหา สถานการณ์ การใช้คำถาม และภาษาที่ใช้ เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

4.7 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ซึ่งแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ภาคผนวก ข)

4.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิชาวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว นำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีสภาพใกล้เคียงกับ

กลุ่มตัวอย่างและได้เรียนเรื่องบรรยากาศมาแล้ว จากนั้นนำผลจากแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน โดยให้คะแนนข้อที่ตอบถูก 1 คะแนนและข้อที่ตอบผิด 0 คะแนน

4.9 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของข้อสอบเป็นรายข้อ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 129) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185-187) จำนวน 21 ข้อ จากการวิเคราะห์คุณภาพพบว่ามีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.28-0.66 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.29-0.62 (ภาคผนวก ข)

4.10 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วนำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับแบบอิงเกณฑ์โดยใช้วิธีของโลเวทท์ (Lovett's method) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555, หน้า 110) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 (ภาคผนวก ข)

4.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องบรรยากาศ จำนวน 21 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือจากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถึงโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ และบทบาทหน้าที่ของนักเรียนในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 14 ชั่วโมง

3. ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น บันทึกผลการสอบไว้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

4. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงในวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องบรรยากาศ ใช้ระยะเวลาสอน 14 ชั่วโมง

5. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกำหนดการทดลองแล้ว ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบทดสอบ

วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นชุดเดียวกันกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) บันทึกผลการสอบไว้เป็นคะแนนทดสอบหลังเรียนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

6. นำคะแนนที่เก็บรวบรวมได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) โดยใช้สูตร *t*-test for dependent sample (ทดสอบสมมติฐานข้อ 1)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 2)

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) โดยใช้สูตร *t*-test for dependent sample (ทดสอบสมมติฐานข้อ 3)

4. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 4)

5. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) โดยใช้สูตร *t*-test for dependent sample (ทดสอบสมมติฐานข้อ 5)

6. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 6)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{X}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 307)

$$S = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยใช้สูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum_R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 127) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

2.2.1 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

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

เมื่อ p แทน ค่าความยากของข้อสอบ

R แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูก

N แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมด

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ของเบรนแนน (Brennan) เรียกว่า ดัชนี B (B-Index หรือ Brennan Index) มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555, หน้า 107)

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2}$$

เมื่อ N_1 แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)

N_2 แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

U แทน จำนวนผู้รอบรู้ ตอบถูก

L แทน จำนวนผู้ไม่รอบรู้ ตอบถูก

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

2.3.1 หาความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์โดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555, หน้า 110)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum X_i - \sum X_i^2}{(k-1)\sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

x_i แทน คะแนนของผู้สอบแต่ละคน

k แทน จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

C แทน คะแนนจุดตัด

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติ *t*-test แบบ Dependent sample เพื่อทดสอบสมมติฐานที่เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลังเรียน มีสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

$(\sum D)^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.2 ใช้สูตร *t*-test แบบ One-sample เพื่อทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ กับเกณฑ์ที่กำหนดว่าสูงกว่าเกณฑ์หรือไม่ มีสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

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

เมื่อ	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกลุ่มตัวอย่าง
	μ	แทน	ค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของประชากร
	S	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

4. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

5. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

6. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

กลุ่มตัวอย่าง	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	38	9.84	2.736			
				37	45.686*	.000
หลังเรียน	38	22.08	1.992			

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-1 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 9.84 และ 22.08 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข)

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน) แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	*n*	เกณฑ์	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
หลังเรียน	38	21	22.08	1.992	37	3.340*	.002

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-2 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เท่ากับ 22.08 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข) และเมื่อพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนพบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 76 และร้อยละ 24 ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ พบว่าต่ำกว่าเกณฑ์ 1-2 คะแนน เท่านั้น

3. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

กลุ่มตัวอย่าง	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	38	6.74	1.996			
				37	35.615*	.000
หลังเรียน	38	14.55	1.058			

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-3 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 6.74 และ 14.55 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข)

4. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน) แสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	*n*	เกณฑ์	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
หลังเรียน	38	14	14.55	1.058	37	3.221*	.003

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-4 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียน เท่ากับ 14.55 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน) พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข) และเมื่อพิจารณาคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนของนักเรียนพบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 84 และร้อยละ 16 ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ พบว่าต่ำกว่าเกณฑ์ 1-2 คะแนน เท่านั้น

5. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง แสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

กลุ่มตัวอย่าง	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	38	6.37	2.443			
				37	29.213*	.000
หลังเรียน	38	15.63	1.618			

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-5 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 6.37 และ 15.63 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบพบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข)

6. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (15 คะแนน จากคะแนนเต็ม 21 คะแนน) แสดงดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (15 คะแนน จากคะแนนเต็ม 21 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	*n*	เกณฑ์	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
หลังเรียน	38	15	15.63	1.618	37	2.407*	.021

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-6 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียน เท่ากับ 15.63 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (15 คะแนน จากคะแนนเต็ม 21 คะแนน) พบว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข) และเมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนพบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 74 และร้อยละ 26 ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ พบว่าต่ำกว่าเกณฑ์ 1-2 คะแนนเท่านั้น

บทที่ 5
สรุปผล และอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เรื่องบรรยากาศ จำนวน 7 แผน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.21-0.72 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.71 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94 3) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.23-0.70 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.79 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 และ 4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.28-0.66 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.29-0.62 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) โดยแบบแผนการทดลองที่ใช้คือ แบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One group pretest-posttest design) ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) แบบ Dependent sample และเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) แบบ One sample

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

5. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5

6. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 6

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง มีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผู้สอนนำเอาวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นการทำงานอย่างมีระบบ มีขั้นตอน มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ผ่านรูปแบบกิจกรรมการฝึกปฏิบัติการ ให้ผู้เรียนได้สืบเสาะค้นคว้าหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการ

เรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นที่ฝึกให้ผู้เรียนใช้ทักษะการสังเกต สังเกตสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัว เพื่อนำไปสู่การเกิดปัญหาและตั้งปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดขอบเขต และทำความเข้าใจกับปัญหาที่ผู้เรียนได้ตั้งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ผู้สอนอาจใช้วิธีเล่าเรื่อง สร้างสถานการณ์ อภิปราย แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น อยากค้นคว้าหาคำตอบหรือข้อสงสัย เป็นการเร้าความสนใจของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงปัญหานั้น ๆ 2) ขั้นตั้งสมมติฐาน เป็นขั้นที่ผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องสำรวจค้นหาในสิ่งที่ยังไม่เคยรู้มาก่อน ท้าทายให้เกิดความสงสัยเพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน หรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าของปัญหาก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเป็นพื้นฐาน รวมทั้งร่วมกันวางแผนว่าจะใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของสมมติฐานอันจะนำไปสู่คำตอบของปัญหานั้น 3) ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามแผนที่ได้วางไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเป็นหลักฐานยืนยันหรือหักล้างสมมติฐาน แล้วจดรายละเอียดของข้อมูลเอาไว้ โดยผู้สอนจะมีบทบาทในการให้คำแนะนำ ถามคำถามเกี่ยวกับการทดลอง เพื่อให้การทดลองของผู้เรียนไปในแนวทางเดียวกัน และอำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์และสิ่งจำเป็นต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องการใช้ในการทดลอง 4) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมเอาไว้จากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์ อภิปรายร่วมกัน และมีการลงความคิดเห็นโดยผู้สอนกำหนดประเด็นการอภิปรายผลการทดลองโดยใช้รูปแบบของคำถามเพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การสรุปผล โดยผู้สอนจะช่วยขยายเพิ่มเติมในส่วนที่ขาดและคลุมเครือให้ชัดเจนยิ่งขึ้น 5) ขั้นสรุปผล เป็นขั้นที่ผู้สอนตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและพิจารณาว่าจากผลการศึกษาทดลองนั้น ได้ผลสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ล่วงหน้าหรือไม่ อย่างไร หรือเป็นการให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้มาสรุปเพื่อตอบปัญหาที่ทำการศึกษา แล้วนำความรู้นั้นมาสรุปเรียบเรียงให้เป็นระเบียบ โดยผู้สอนจะช่วยเสริมและสรุปประเด็นสำคัญของการเรียนการสอนในครั้งนี้ อีกทั้งเป็นขั้นที่ผู้สอนประเมินผลการทำกิจกรรมของผู้เรียน แล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องจากการทำกิจกรรมเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ ศศิธร เวียงวะลัย (2556, หน้า 94-98) ที่ได้กล่าวถึงแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ ว่า การสอนแบบวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดประสบการณ์โดยใช้การทดลอง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการที่ผู้สอนหรือผู้เรียนกำหนดปัญหาและสมมติฐานในการทดลอง ผู้สอนให้คำแนะนำแก่ผู้เรียน และให้ผู้เรียนลงมือทดลอง ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปอภิปรายผลการทดลอง และสรุปการเรียนรู้ที่ได้ การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง เป็นการจัด

กิจกรรมในลักษณะกลุ่มปฏิบัติการที่เรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรง จากการเผชิญสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง ฝึกคิด ฝึกลงมือทำ ฝึกทักษะกระบวนการต่าง ๆ ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และฝึกทักษะการเสาะแสวงหาความรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการอภิปราย ปรึกษา และแสดงความคิดเห็น ทำให้ผู้เรียนได้รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้ค้นคว้าหาข้อมูลความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดนิสัยการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งข้อค้นพบจากการวิจัยนี้สรุปได้ว่า 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เป็นรูปแบบการสอนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยประกอบด้วยผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน (โดยดูจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1) ทำให้ผู้เรียนได้ช่วยกันคิด ค้นหาข้อมูล ทำการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล และสรุปผลร่วมกันเป็นกลุ่ม และยังพบว่ารูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ช่วยให้ผู้เรียนจดจำความรู้ได้นาน โดยผู้วิจัยสร้างเนื้อหาในบทเรียนให้น่าสนใจ เป็นรูปธรรมที่เข้าใจง่าย ทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ ยกตัวอย่างเช่น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องเมฆและฝน ในขั้นระบุปัญหา ผู้วิจัยได้สร้างความสนใจโดยให้ผู้เรียนได้มาเรียนรู้จากสถานการณ์จริงจากการสังเกตรูปร่างและลักษณะของก้อนเมฆบนท้องฟ้า แล้วผู้สอนตั้งคำถามชวนคิดให้ผู้เรียนเปรียบเทียบภาพก้อนเมฆในหนังสือแบบเรียนกับก้อนเมฆบนท้องฟ้าในขณะนั้น ก็เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจรูปร่างลักษณะของก้อนเมฆแต่ละชนิดที่เป็นรูปธรรมโดยการเปรียบเทียบกับของจริง จากนั้นเมื่อผู้เรียนกลับเข้าห้องเรียนผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องของรูปร่างและลักษณะของก้อนเมฆที่สังเกตได้ในแต่ละวัน แต่ละฤดูกาล พร้อมทั้งเปิดวีดีโอเรื่องลักษณะของเมฆ เพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากรู้ที่มา การเกิดเมฆแต่ละชนิด ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เพื่อนำไปสู่การค้นคว้า การทดลองการเกิดเมฆและฝนในขั้นตอนต่อไป เป็นต้น จากการสอนรูปแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม และรายละเอียดของลักษณะก้อนเมฆแต่ละชนิดที่ซับซ้อน การเกิดเมฆที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจมากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพจึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการสืบเสาะหาความรู้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนต้องใช้ความคิดระดับสูงในการคิดแก้ปัญหา ทำให้เกิดความกระตือรือร้นความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง อีกทั้งยังมีการแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในกลุ่ม มีการร่วมมือช่วยเหลือซึ่งกันและกันการที่ผู้เรียนช่วยกันอธิบายในสิ่งที่เพื่อนบางคนยังไม่เข้าใจนั้น มีการใช้ภาษาที่สื่อสารหรืออธิบายให้เข้าใจได้ง่าย อาจเนื่องมาจากผู้เรียนอยู่ในช่วงวัยเดียวกัน

ซึ่งส่งผลให้เกิดการเรียนรู้และมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น จนเกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศริวรรณ เจษฎารมย์ (2551) ที่ได้ทำการศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของจริยา ภูสีฤทธิ์ (2550) ที่ได้ทำการศึกษา ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ John Dewey ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 ทั้งนี้ในการวิจัยเมื่อพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนพบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 76 และร้อยละ 24 ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ พบว่า ต่ำกว่าเกณฑ์ 1-2 คะแนน เท่านั้น และจากการสังเกตของผู้สอนพบว่า ผู้เรียนที่ได้คะแนนน้อยอาจเนื่องมาจากผู้เรียนขาดเรียนบ่อยครั้ง ซึ่งผู้สอนและเพื่อน ๆ ในห้องเรียนได้ดูแลและกระตุ้นผู้เรียนให้ติดตามงานอยู่เสมอ ซึ่งท้ายสุดแล้วผู้เรียนก็มีพัฒนาการที่ดีขึ้นโดยดูจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านรูปแบบกิจกรรมการปฏิบัติการ ผู้เรียนจะมีการปฏิบัติการทดลองและฝึกฝนการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมีระบบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และขั้นสรุปผล ผู้เรียนจะได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหรือขั้นผสม ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็น

กระบวนการทางปัญญา ที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ เป็นทักษะกระบวนการขั้นสูงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ประกอบไปด้วย 5 ทักษะ ดังต่อไปนี้ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ตัวอย่างเช่น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ความดันอากาศ ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหาครูได้จัดกิจกรรมเพื่อเร้าความสนใจเรื่อง “แก้วน้ำมหัศจรรย์” แล้วตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ เพื่อร่วมกันระบุปัญหา โดยผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการระบุปัญหา ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการพยากรณ์ และทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นต้น พบว่าผู้เรียนเข้าใจถึงปัญหาและสามารถระบุปัญหาได้อย่างถูกต้อง ขั้นที่ 2 ขั้นตั้งสมมติฐาน ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานจากปัญหา โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิม พร้อมทั้งออกแบบการทดลอง กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ซึ่งในขั้นนี้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ซึ่งพบว่า ผู้เรียนสามารถตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และกำหนดตัวแปรได้อย่างถูกต้อง ขั้นที่ 3 ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล ผู้เรียนทำการทดลองตามขั้นตอนที่ได้วางเอาไว้โดยมีผู้สอนให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ จัดวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นให้ ในขั้นนี้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการทดลอง ซึ่งพบว่าผู้เรียนสามารถออกแบบการทดลองได้ ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว เลือกใช้อุปกรณ์การทดลองและบันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง ขั้นที่ 4 ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และขั้นที่ 5 ขั้นสรุปผล ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป ซึ่งพบว่าผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลได้ถูกต้อง ชัดเจน และตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีความเหมาะสมกับการปฏิบัติการทดลอง เป็นการฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และยังทำให้ได้ฝึกกระบวนการคิด คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ คิดริเริ่มสร้างสรรค์ และมีการคิดแก้ปัญหาแบบวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนในการนำวิธีการไปใช้แก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย จากการวิจัยครั้งนี้ได้ข้อสรุปว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เป็นกิจกรรมปฏิบัติการทดลองทุกแผน ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน ผู้เรียนได้สืบเสาะค้นหาความรู้ความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้เดิม ความสงสัย มาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการศึกษาค้นคว้าการทดลอง ผู้เรียนจึงได้ฝึกทักษะการคิดขั้นสูง และฝึกการแก้ปัญหา ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างแท้จริง ยกตัวอย่างเช่น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง อุณหภูมิของอากาศ ในขั้น

ระบุปัญหา ครูได้ตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับอุณหภูมิของอากาศในแต่ละฤดู แต่ละพื้นที่ ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องตรงกัน แต่เมื่อครูถามถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศใน 1 วัน ว่าช่วงเวลาใดในรอบวันมีอุณหภูมิสูงที่สุดหรือต่ำที่สุด พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามได้ไม่ตรงกัน เกิดเป็นประเด็นที่ถกเถียงกัน เกิดเป็นความขัดแย้งกับความรู้สึกและความรู้เดิมที่มีอยู่ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยขึ้นมาว่าความรู้เดิมที่มีอยู่ถูกต้องหรือไม่ ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ก็จะนำไปสู่กระบวนการเพื่อค้นหาคำตอบในขั้นต่อไป ซึ่งผู้เรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่ใช้ในการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้ในขั้นตอนการศึกษาหาความรู้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ และการฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ กำหนดตัวแปร ทำการทดลอง และสรุปผลได้อย่างถูกต้อง 2) การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจ มีความกระตือรือร้น และให้ความร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมเป็นอย่างดี นักเรียนมีบทบาทในการเป็นผู้นำ กล้าแสดงออก มีความรับผิดชอบ สนุกกับการเรียน มีความตื่นเต้นในการทำกิจกรรมการทดลองต่าง ๆ สนใจที่จะถามถึงการทำกิจกรรมครั้งต่อไป และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี อีกทั้งมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ด้าน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศริวรรณ เจษฎารมย์ (2551) ที่ได้ทำการศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของวราวรรณ แสงอยู่ (2556) ที่ได้ทำการศึกษา ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ในการวิจัยเมื่อพิจารณาคะแนน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนของนักเรียนพบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 84 และร้อยละ 16 ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ พบว่าต่ำกว่าเกณฑ์ 1-2 คะแนน เท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติและซักถามในเรื่องที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจ สุดท้ายก็พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นโดยดูจากคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการจัดกิจกรรมการปฏิบัติการ และมีการใช้คำถามระดับสูงตามแนวคิดของบลูม 4 ด้าน ได้แก่ คำถามการนำไปใช้ คำถามการวิเคราะห์ คำถามการสังเคราะห์ และคำถามการประเมินค่า มาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสามารถในการคิด โดยจะมีการสอดแทรกคำถามระดับสูงทั้ง 4 ด้านของบลูมเข้าไปในทุกขั้นของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และขั้นสรุปผล ซึ่งคำถามระดับสูงที่ใช้ถามในแต่ละขั้นตอนนั้นสามารถทำให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ที่สูงขึ้นได้ จากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างอิสระเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ ชลาธร วิเชียรรัตน์ (2559, หน้า 144) ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม 3 ด้าน ได้แก่ วิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ สอดคล้องกับ สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2547, หน้า 74) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนจะป้อนคำถามในลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นคำถามที่ดี สามารถพัฒนาความคิดผู้เรียน ถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดเชิงเหตุผล วิเคราะห์ วิจารณ์ สังเคราะห์ หรือการประเมินค่า เพื่อจะตอบคำถามเหล่านั้น ซึ่งข้อสรุปที่ได้จากการวิจัย พบว่า 1) การนำเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงมาใช้ในทุกขั้นของการสอน เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด ได้ค้นคว้า แสดงออก และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองอย่างอิสระ ทำให้นักเรียนตื่นตัวอยู่ตลอดเวลา ได้พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์มากขึ้น ทำให้นักเรียนมีความใฝ่รู้ และรู้จักวางแผนการทำงาน ได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหา ทำความเข้าใจประเด็นสำคัญของปัญหาและหาความสัมพันธ์ของตัวแปร ตลอดจนหาวิธีการแก้ไขปัญหาร่วมกัน ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ มีความพอใจในการปฏิบัติกิจกรรมและสามารถคิดวิเคราะห์เรื่องราวหรือ

สถานการณ์ต่าง ๆ ได้ 2) การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ผู้เรียนมีความชอบ สนใจ หรือมีความรู้สึกที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และกระบวนการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการพัฒนาคุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์ในเบื้องต้น ที่ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ดีทั้งด้านพุทธิพิสัยและทักษะพิสัย ผู้เรียนมีความตั้งใจในการเรียนและมีผลการเรียนที่ดีขึ้น สามารถเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ได้ รวมไปถึงสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในการคิดตัดสินใจ วิเคราะห์หาเหตุผล และแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิติกร อ่อนโยน (2551) ที่ได้ทำการศึกษา ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ มยุรา ลีหัวสระ (2556) ที่ได้ทำการศึกษา ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ทักษะการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ทักษะการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ในการวิจัยเมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนพบว่า มีนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 74 และร้อยละ 26 ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ พบว่าต่ำกว่าเกณฑ์ 1-2 คะแนนเท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายกระบวนการคิดวิเคราะห์ให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น และตั้งคำถามหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ให้ผู้เรียนฝึกการคิดวิเคราะห์อยู่เสมอ จนกระทั่งผู้เรียนสามารถหาความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการของสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ท้ายที่สุดแล้วผู้วิจัยพบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น โดยดูจากคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ควรมีการปฐมนิเทศนักเรียนให้เข้าใจในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างถูกต้องและไม่เกิดปัญหา พร้อมทั้งชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการร่วมมือช่วยเหลือกันในการเรียนรู้

1.2 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามต้องใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนค่อนข้างมาก ควรมีการปรับความยืดหยุ่นของเวลาให้เหมาะสม

1.3 ควรมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นให้พร้อมก่อนการสอน จะได้ไม่เสียเวลาในการจัดกิจกรรม

1.4 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม การกำหนดปัญหา หรือสถานการณ์ที่ใช้เป็นคำถาม พบว่าหากเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยและมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้นนักเรียนจะตอบคำถามได้ดีกว่าสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย ดังนั้นในการตั้งคำถามผู้สอนควรพิจารณาความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อนด้วย

1.5 การเลือกเนื้อหาที่นำมาสอนควรเริ่มจากเนื้อหาที่สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ง่าย หรือสามารถเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่อยู่ในความสนใจของนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง ช่วยให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ควรมีการวิจัยโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงในรายวิชาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา

2.2 ควรมีการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงในตัวแปรตามอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคงทนในการเรียนรู้ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และสามารถนำสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวไปใช้ในรายวิชาอื่น และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของนักเรียน

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2543). *เอกสารชุดเทคนิคการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด การสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา กรมการศาสนา.

กุณฑรี เพ็ชรทวีพรเดช, ธาริดา สริยาภรณ์, สุริยา บังใบ และสุคนธ์ สินธพานนท์. (2550). *สุดยอดวิธีสอนวิทยาศาสตร์นำไปสู่การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่*. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2548). *การคิดเชิงวิเคราะห์* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย.

ฒนัท ธาตุทอง. (2554). *สอนคิด: การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด*. นครปฐม: เพชรเกษมการพิมพ์.

จริยา ภูสีฤทธิ์. (2550). *การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ John Dewey*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชลาธร วิเชียรรัตน์. (2559). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกวิชาเคมี เรื่องอนุพันธ์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *18*(2), 144.

ชวาล แพรัตกุล. (2552). *เทคนิคการวัดผล* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วิฑูรย์การปก.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

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

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษาทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ณัฐกา นาเลื่อน. (2556). *ผลการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์. (2557). *การประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมีพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นิติกร อ่อนโยน. (2551). *ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. (2558). *หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.1*. กรุงเทพฯ: ไซเบอร์พริ้นท์กรุ๊ป.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). *การพัฒนาการคิด ฉบับปรับปรุงใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิค พริ้นติ้ง.

ประภัสสร วงษ์ศรี. (2541). *การรับรู้อัตสมรรถนะ ความภาคภูมิใจในตนเองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลศรีมหาสารคาม*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พจนา ทรัพย์สมาน. (2550). *การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนแสวงหาและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรภิมล พรพีรชนม์. (2550). *การจัดกระบวนการเรียนรู้*. สงขลา: เทมการพิมพ์สงขลา.

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542. (2542, 19 สิงหาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. หน้า 8-9.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2530). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงใหม่ล่าสุด)* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2548). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มีสท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธี และเทคนิคการสอน 1*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง)* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

มยุรา ลีหัวสระ. (2556). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ลักขณา สริวัฒน์. (2549). *การคิด Thinking*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

วนิช สุธารัตน์. (2547). *ความคิดและความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว. (2542). *การพัฒนาการคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วราวรรณ แสงอยู่. (2556). *ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัลลี สัตยาศัย. (2547). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก รูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: บุ๊คเน็ท.

วิไลวรรณ แสนพาน. (2555). *หลักสูตรและสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน CURRICULUM AND BASIC SCIENCE STRAND* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ศริวรรณ เจษฎารมย์. (2551). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้ Learning management*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง. (2544). *สอนเด็กให้คิดเป็น*. กรุงเทพฯ: ทิปส์ พับบลิเคชั่น.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory)* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภลักษณ์ วัฒนาวิทวัส, เติมศักดิ์ เศรษฐวัชราวนิช, ทิพย์วัลย์ สีจันทร์, ฐิติกร ศิริสุขเจริญพร, อมรรัตน์ วัระสัมฤทธิ์ และทิพย์วิมล กิตติวราพล. (2542). *วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต*. กรุงเทพฯ: เธิร์ดเวฟ เอ็ดดูเคชั่น.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.). (2555). *สอบถามค่าสถิติคะแนนพื้นฐานทั่วประเทศ*. เข้าถึงได้จาก http://www.onetresult.niets.or.th.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.). (2556). *สอบถามค่าสถิติคะแนนพื้นฐานทั่วประเทศ*. เข้าถึงได้จาก http://www.onetresult.niets.or.th.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.). (2557). *สอบถามค่าสถิติคะแนนพื้นฐานทั่วประเทศ*. เข้าถึงได้จาก http://www.onetresult.niets.or.th.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.). (2558). *สอบถามค่าสถิติคะแนนพื้นฐานทั่วประเทศ*. เข้าถึงได้จาก http://www.onetresult.niets.or.th.

สถาบันทรัพยากรมนุษย์. (2544). *การเสริมสร้างการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อความเป็นเลิศในระบบการศึกษาของไทย: ยุทธศาสตร์ในการสร้างบุคลากรทางวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาประเทศในยุคโลกาภิวัตน์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2527). *12 ปีของพัฒนาการด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ครูวิทยาสาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. กรุงเทพฯ: อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สริตา สุนทรภัค. (2559, 15, 18, 29 กุมภาพันธ์). สัมภาษณ์.

สาคร กิ่งจันทร์. (2545). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์, สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2547). *รายงาน "การสังเคราะห์รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูต้นแบบ" (ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542) รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. นนทบุรี: แคนดิดมีเดีย.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2554). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุจิตร เอกพิมพ์. (2556). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุพัตรา มหายศ. (ม.ป.ป.). *วิธีสอนแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific method)*. เข้าถึงได้จาก http://mcpswis.mcp.ac.th/.

สุรางค์ โควัตระกูล. (2553). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2517). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2547). *21 วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2553). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำและคณะ. (2554). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการคิด*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

อดุลย์ชาติ ขันธมะ และอังคณา นันท์ธิพาวรรณ. (2537). *สารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อมวรรณ หล้าบุญคำ. (2545). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว*. รายงานการศึกษาอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2553). *หลักการสอน ฉบับปรับปรุง* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

Bloom, B. (1956). *Taxonomy of education objectives*. New York: David McKay.

Buggy, L. J. (1971, November). A study of the relationship of classroom questions and social studies achievement of second-grade children. *Dissertation Abstracts International*, p. 2543-A.

Butzow, J. W., & Sewell, L. E. (1971, March). The process learning components of introductory physical science: A pilot Study [Abstract]. *Research in Education*.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill.

Lumpkin, C. R. (1992). Effects of teaching critical thinking skills on the critical thinking ability, achievement, and retention of social studies content by fifth and sixth graders. *Journal of Research in Education, 2*(1), 8-12.

Steel, E. A., Kelsey, A. K., & June M. (2004). The truth about science: A middle school curriculum teaching the scientific method and data analysis in an ecology context. *Environmental and Ecological Statistics, 11*(1), 21-29.

Strawitz, B. M., & Malone, M. R. (1987). Preservice teachers' acquisition and retention of integrated science process skills: A comparison of teacher-directed and self-instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching, 24*(1), 53.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์
2. อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ	อาจารย์โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
3. อาจารย์ประนอม พลอยอร่าม	หัวหน้าฝ่ายบริหารหลักสูตรและงานวิชาการ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในรายวิชา วิทยาศาสตร์
4. อาจารย์สริตา สุนทรภัค	หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์
5. อาจารย์บุญธรรม ผดุงศักดิ์ชัยกุล	หัวหน้าฝ่ายบริหารหลักสูตรและงานวิชาการ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

(สำเนา)

ที่ ศธ ๖๒๑๘/ว. ๐๕๖๗

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๐

๒๙ กันยายน ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวนิชกานต์ สฤษดิ์ไพศาล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙

โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕

ผู้วิจัย ๐๘๗-๗๔๐๓๗๐๗

(สำเนา)

ที่ ศธ ๖๒๑๘/ ๗๔๐ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๐

๑ พฤศจิกายน ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวนิชกานต์ สฤษดิ์ไพศาล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑” ในความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองระหว่างวันที่ ๗ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๕๙ – ๑๐ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๕๙ อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ รักษาการแทน
ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙
โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕
ผู้วิจัย ๐๘๗-๓๔๐๓๗๐๗

(สำเนา)

ที่ ศธ ๖๒๑๘/ ๗๔๒

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๐

๑ พฤศจิกายน ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวนิชกานต์ สฤษดิ์ไพศาล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูงเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองระหว่างวันที่ ๑๔ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๕๙ ถึงวันที่ ๑๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ รักษาการแทน

ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙

โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕

ผู้วิจัย ๐๘๗-๗๔๐๓๗๐๗

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
- ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B)
- ตารางแสดงผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง

ตารางที่ ข-1 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อากาศและบรรยากาศ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	4	4	4	5	4.40	0.55	มาก
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	4	4	4	4.20	0.45	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก

ตารางที่ ข-2 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รังสีจากดวงอาทิตย์

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	***SD***	**ระดับความเหมาะสม**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	4	4	4	4.20	0.45	มาก
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก

ตารางที่ ข-3 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อุณหภูมิของอากาศ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-4 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ความดันอากาศ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ ข-5 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ลม

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	***SD***	**ระดับความเหมาะสม**
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**			
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ ข-6 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ความชื้นของอากาศ

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ ข-7 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง เมฆและฝน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2. จุดประสงค์								
2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ ข-7 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องบรรยากาศ
เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ตารางที่ ข-8 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		($\sum R/N$)
1	1	1	1	0	1	1	4	0.80
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
2	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	0	1	1	4	0.80
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
3	6	1	1	1	1	1	5	1.00
	7	1	1	0	1	1	4	0.80
	8	1	1	1	1	1	5	1.00
	9	1	1	0	1	1	4	0.80
4	10	1	1	0	1	1	4	0.80
	11	1	1	1	1	1	5	1.00
	12	1	1	1	1	1	5	1.00
	13	1	1	1	0	1	4	0.80
	14	1	1	1	1	1	5	1.00
	15	1	1	1	1	1	5	1.00
5	16	1	1	1	1	1	5	1.00
	17	1	1	1	1	1	5	1.00
6	18	1	1	1	1	1	5	1.00
	19	1	1	0	1	1	4	0.80
	20	1	1	0	1	1	4	0.80
	21	1	0	0	1	1	3	0.60

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		($\sum R/N$)
7	22	1	1	0	1	1	4	0.80
	23	1	1	1	1	1	5	1.00
	24	1	1	1	1	1	5	1.00
	25	1	0	0	1	1	3	0.60
8	26	1	0	1	1	1	4	0.80
	27	1	0	1	1	1	4	0.80
	28	1	0	1	1	1	4	0.80
	29	1	1	0	1	1	4	0.80
	30	1	1	1	1	1	5	1.00
	31	1	1	0	1	1	4	0.80
	32	1	1	1	1	1	5	1.00
9	33	1	1	1	1	1	5	1.00
10	34	1	1	1	1	1	5	1.00
	35	1	1	1	1	1	5	1.00
	36	1	1	0	1	1	4	0.80
	37	1	1	1	1	1	5	1.00
	38	1	1	1	1	1	5	1.00
11	39	1	1	1	1	1	5	1.00
12	40	1	1	1	1	1	5	1.00
	41	1	1	1	1	1	5	1.00
	42	1	1	1	1	1	5	1.00
13	43	1	1	1	1	1	5	1.00
	44	1	1	1	1	1	5	1.00
	45	1	1	1	1	1	5	1.00
	46	1	0	1	1	1	4	0.80
	47	1	0	1	1	1	4	0.80

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		($\sum R/N$)
14	48	1	1	1	1	1	5	1.00
	49	1	1	1	1	1	5	1.00
	50	1	1	1	1	1	5	1.00
	51	1	1	1	1	1	5	1.00
15	52	1	1	1	1	1	5	1.00
	53	1	1	1	1	1	5	1.00
	54	1	1	1	1	1	5	1.00
	55	1	1	1	1	1	5	1.00
	56	1	1	1	1	1	5	1.00
16	57	1	1	1	1	1	5	1.00
	58	1	1	1	1	1	5	1.00
	59	1	0	1	1	1	4	0.80
	60	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*)
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บรรยากาศ

ตารางที่ ข-9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 60 ข้อ

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.19	0.21	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	22	0.55	0.56	ใช้ได้	12
2	0.62	0.46	ใช้ได้	1	23	0.38	0.03	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
3	0.28	0.28	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	24	0.64	0.53	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
4	0.45	0.62	ใช้ได้	2	25	0.49	0.36	ใช้ได้	13
5	0.43	0.35	ใช้ได้	3	26	0.23	0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
6	0.45	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	27	0.53	0.49	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
7	0.53	0.49	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	28	0.47	0.49	ใช้ได้	14
8	0.45	0.42	ใช้ได้	4	29	0.79	0.31	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
9	0.55	0.56	ใช้ได้	5	30	0.49	0.46	ใช้ได้	15
10	0.55	0.26	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	31	0.21	0.37	ใช้ได้	16
11	0.40	0.39	ใช้ได้	6	32	0.74	0.28	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
12	0.49	0.55	ใช้ได้	7	33	0.21	0.28	ใช้ได้	17
13	0.55	0.36	ใช้ได้	8	34	0.40	0.48	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
14	0.74	0.38	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	35	0.34	0.38	ใช้ได้	18
15	0.38	0.22	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	36	0.47	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
16	0.62	0.27	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	37	0.32	0.22	ใช้ได้	19
17	0.66	0.40	ใช้ได้	9	38	0.53	0.20	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
18	0.51	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	39	0.57	0.33	ใช้ได้	20
19	0.47	0.29	ใช้ได้	10	40	0.79	0.31	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
20	0.72	0.31	ใช้ได้	11	41	0.36	0.35	ใช้ได้	21
21	0.66	0.40	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	42	0.19	0.01	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-9 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
43	0.49	0.26	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	52	0.62	0.37	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
44	0.49	0.46	ใช้ได้	22	53	0.47	0.29	ใช้ได้	26
45	0.40	0.48	ใช้ได้	23	54	0.34	0.35	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
46	0.45	-0.17	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	55	0.72	0.41	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
47	0.45	0.42	ใช้ได้	24	56	0.23	0.24	ใช้ได้	27
48	0.43	0.65	ใช้ได้	25	57	0.21	0.47	ใช้ได้	28
49	0.51	0.52	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	58	0.47	0.29	ใช้ได้	29
50	0.34	0.19	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	59	0.45	0.71	ใช้ได้	30
51	0.55	0.66	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	60	0.81	0.31	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

หมายเหตุ การตัดข้อสอบบางส่วนที่มีค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทิ้งนั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ได้ข้อสอบที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์และเวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบ

ตารางที่ ข-10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*
1	0.62	0.46	16	0.21	0.37
2	0.45	0.62	17	0.21	0.28
3	0.43	0.35	18	0.34	0.38
4	0.45	0.42	19	0.32	0.22
5	0.55	0.56	20	0.57	0.33
6	0.40	0.39	21	0.36	0.35
7	0.49	0.55	22	0.49	0.46
8	0.55	0.36	23	0.40	0.48
9	0.66	0.40	24	0.45	0.42
10	0.47	0.29	25	0.43	0.65
11	0.72	0.31	26	0.47	0.29
12	0.55	0.56	27	0.23	0.24
13	0.49	0.36	28	0.21	0.47
14	0.47	0.49	29	0.47	0.29
15	0.49	0.46	30	0.45	0.71

หมายเหตุ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง บรรยากาศ โดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett's method)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum X_i - \sum X_i^2}{(k-1)\sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ $k = 30$

$\sum xi = 632$

$\sum xi^2 = 10470$

$\sum (xi-C)^2 = 4653$

$$r_{cc} = 1 - \frac{30(632) - (10470)}{(30 - 1)(4653)}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{18960 - 10470}{(29)(4653)}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{8490}{134937}$$

$$r_{cc} = 1 - 0.06 = 0.94$$

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
เรื่องบรรยากาศ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับทักษะที่ต้องการวัด

ตารางที่ ข-11 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับทักษะที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่องบรรยากาศ

ทักษะ	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		($\sum R/N$)
1. ทักษะ	1	1	1	1	1	1	5	1.00
การตั้ง	10	1	1	1	1	1	5	1.00
สมมติฐาน	14	1	1	0	0	1	3	0.60
	18	1	0	1	1	1	4	0.80
	22	1	1	1	1	1	5	1.00
	26	1	1	0	1	1	4	0.80
2. ทักษะ	2	1	1	1	1	1	5	1.00
การกำหนด	6	1	1	1	1	1	5	1.00
นิยามเชิง	12	1	1	1	1	1	5	1.00
ปฏิบัติการ	19	1	1	1	1	1	5	1.00
	24	1	1	1	1	1	5	1.00
	27	1	1	1	1	0	4	0.80
3. ทักษะ	3	1	1	1	1	1	5	1.00
การกำหนดและ	7	1	1	1	1	1	5	1.00
ควบคุมตัวแปร	8	1	1	0	1	1	4	0.80
	15	1	1	1	1	1	5	1.00
	23	1	1	1	1	1	5	1.00
	28	1	1	0	1	1	4	0.80

ตารางที่ ข-11 (ต่อ)

ทักษะ	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		($\sum R/N$)
4. ทักษะ	4	0	1	1	1	1	4	0.80
การทดลอง	9	1	1	0	1	1	4	0.80
	11	1	1	1	1	1	5	1.00
	16	1	1	1	1	1	5	1.00
	20	1	1	1	1	1	5	1.00
	29	1	1	1	1	1	5	1.00
5. ทักษะ	5	1	1	1	1	1	5	1.00
การตีความ	13	1	1	1	1	1	5	1.00
หมายข้อมูล	17	1	1	1	1	1	5	1.00
และการลง	21	1	1	1	1	1	5	1.00
ข้อสรุป	25	1	1	1	1	1	5	1.00
	30	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*)
แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง บรรยากาศ

ตารางที่ ข-12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.34	0.23	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	16	0.23	0.38	ใช้ได้	10
2	0.28	0.32	ใช้ได้	1	17	0.68	0.25	ใช้ได้	11
3	0.47	0.35	ใช้ได้	2	18	0.40	0.34	ใช้ได้	12
4	0.70	0.32	ใช้ได้	3	19	0.50	0.52	ใช้ได้	13
5	0.66	0.38	ใช้ได้	4	20	0.68	0.25	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
6	0.68	0.45	ใช้ได้	5	21	0.23	0.58	ใช้ได้	14
7	0.70	0.32	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	22	0.60	0.58	ใช้ได้	15
8	0.30	-0.02	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	23	0.28	0.22	ใช้ได้	16
9	0.45	0.79	ใช้ได้	6	24	0.43	0.41	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
10	0.57	0.50	ใช้ได้	7	25	0.60	0.58	ใช้ได้	17
11	0.72	0.29	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	26	0.19	-0.07	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
12	0.19	0.34	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	27	0.30	0.29	ใช้ได้	18
13	0.68	0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	28	0.26	0.45	ใช้ได้	19
14	0.51	0.49	ใช้ได้	8	29	0.47	0.35	ใช้ได้	20
15	0.55	0.43	ใช้ได้	9	30	0.85	0.21	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

<u>หมายเหตุ</u> การตัดข้อสอบบางส่วนที่มีค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทิ้งนั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ได้ข้อสอบที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์และเวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบ

ตารางที่ ข-13 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*
1	0.28	0.32	11	0.68	0.25
2	0.47	0.35	12	0.40	0.34
3	0.70	0.32	13	0.50	0.52
4	0.66	0.38	14	0.23	0.58
5	0.68	0.45	15	0.60	0.58
6	0.45	0.79	16	0.28	0.22
7	0.57	0.50	17	0.60	0.58
8	0.51	0.49	18	0.30	0.29
9	0.55	0.43	19	0.26	0.45
10	0.23	0.38	20	0.47	0.35

หมายเหตุ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง บรรยากาศ โดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett's method)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum X_i - \sum X_i^2}{(k-1)\sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ $k = 20$

$\sum xi = 444$

$\sum xi^2 = 5166$

$\sum (xi-C)^2 = 1946$

$$r_{cc} = 1 - \frac{20(444) - (5166)}{(20 - 1)(1946)}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{8880 - 5166}{(19)(1946)}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{3714}{36974}$$

$$r_{cc} = 1 - 0.10 = 0.90$$

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องบรรยากาศ
เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมการคิดวิเคราะห์ที่ต้องการวัด

ตารางที่ ข-14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมการคิดวิเคราะห์ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องบรรยากาศ

พฤติกรรมการคิดวิเคราะห์	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. การวิเคราะห์	1	1	1	1	1	1	5	1.00
ความสำคัญ	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	6	1	1	1	1	1	5	1.00
	10	1	1	1	1	1	5	1.00
	14	1	1	1	1	1	5	1.00
	18	1	1	1	1	1	5	1.00
	19	1	1	1	1	1	5	1.00
	22	1	1	1	1	1	5	1.00
	26	0	1	1	1	1	4	0.80
	27	1	1	1	1	1	5	1.00
2. การวิเคราะห์	3	1	1	1	1	1	5	1.00
ความสัมพันธ์	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	7	1	1	1	1	1	5	1.00
	11	1	1	1	1	1	5	1.00
	15	1	1	1	1	1	5	1.00
	20	1	1	0	1	1	4	0.80
	23	1	1	1	1	1	5	1.00
	24	1	1	1	1	1	5	1.00
	28	1	1	1	1	1	5	1.00
	29	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-14 (ต่อ)

พฤติกรรมการคิดวิเคราะห์	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC ($\sum R/N$)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
3. การวิเคราะห์หลักการ	5	1	1	1	1	1	5	1.00
	8	1	1	1	1	1	5	1.00
	9	1	1	0	1	1	4	0.80
	12	1	1	0	1	1	4	0.80
	13	1	1	1	1	1	5	1.00
	16	1	1	1	1	1	5	1.00
	17	1	1	1	1	1	5	1.00
	21	1	1	1	1	1	5	1.00
	25	1	1	1	1	1	5	1.00
	30	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*)
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง บรรยากาศ

ตารางที่ ข-15 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.83	0.24	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	16	0.28	0.52	ใช้ได้	10
2	0.60	0.37	ใช้ได้	1	17	0.36	0.50	ใช้ได้	11
3	0.62	0.44	ใช้ได้	2	18	0.38	0.47	ใช้ได้	12
4	0.70	0.32	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	19	0.36	0.30	ใช้ได้	13
5	0.51	0.49	ใช้ได้	3	20	0.19	0.24	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
6	0.62	0.34	ใช้ได้	4	21	0.66	0.38	ใช้ได้	14
7	0.66	0.38	ใช้ได้	5	22	0.28	0.52	ใช้ได้	15
8	0.53	0.36	ใช้ได้	6	23	0.43	0.51	ใช้ได้	16
9	0.43	0.41	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	24	0.51	0.49	ใช้ได้	17
10	0.49	0.42	ใช้ได้	7	25	0.28	0.62	ใช้ได้	18
11	0.55	0.33	ใช้ได้	8	26	0.19	0.13	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
12	0.53	0.56	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	27	0.51	0.29	ใช้ได้	19
13	0.36	0.20	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	28	0.57	0.40	ใช้ได้	20
14	0.19	0.44	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	29	0.34	0.53	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
15	0.40	0.54	ใช้ได้	9	30	0.32	0.36	ใช้ได้	21

<u>หมายเหตุ</u> การตัดข้อสอบบางส่วนที่มีค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทิ้งนั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ได้ข้อสอบที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์และเวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบ

ตารางที่ ข-16 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*B*) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง บรรยากาศ จำนวน 21 ข้อ

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *B*
1	0.60	0.37	12	0.38	0.47
2	0.62	0.44	13	0.36	0.30
3	0.51	0.49	14	0.66	0.38
4	0.62	0.34	15	0.28	0.52
5	0.66	0.38	16	0.43	0.51
6	0.53	0.36	17	0.51	0.49
7	0.49	0.42	18	0.28	0.62
8	0.55	0.33	19	0.51	0.29
9	0.40	0.54	20	0.57	0.40
10	0.28	0.52	21	0.32	0.36
11	0.36	0.50			

หมายเหตุ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง บรรยากาศ โดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett's method)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum X_i - \sum X_i^2}{(k-1)\sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ $k = 21$

$\sum xi = 466$

$\sum xi^2 = 5672$

$\sum (xi-C)^2 = 2267$

$$r_{cc} = 1 - \frac{21(466) - (5672)}{(21 - 1)(2267)}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{9786 - 5672}{(20)(2267)}$$

$$r_{cc} = 1 - \frac{4114}{45340}$$

$$r_{cc} = 1 - 0.09 = 0.91$$

ตารางที่ ข-17 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	11	20	20	8	23
2	15	24	21	10	23
3	9	21	22	9	21
4	6	19	23	8	22
5	6	20	24	11	21
6	10	20	25	13	24
7	9	20	26	9	23
8	8	22	27	8	23
9	15	25	28	8	23
10	7	20	29	15	26
11	9	21	30	16	28
12	12	23	31	12	24
13	11	22	32	13	25
14	8	21	33	7	19
15	9	22	34	7	21
16	6	21	35	12	23
17	7	20	36	7	20
18	9	22	37	13	24
19	10	21	38	11	22
			$\bar{X}$	9.84	22.08
			SD	2.74	1.99

ตารางที่ ข-18 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	6	15	20	7	15
2	10	15	21	8	16
3	3	12	22	8	14
4	7	14	23	7	14
5	5	14	24	5	13
6	8	15	25	6	15
7	5	14	26	5	15
8	4	14	27	8	14
9	11	16	28	8	15
10	3	13	29	10	16
11	7	15	30	9	17
12	9	16	31	7	15
13	9	15	32	7	15
14	6	15	33	5	14
15	5	14	34	5	14
16	4	13	35	8	15
17	7	14	36	5	13
18	5	13	37	9	16
19	9	15	38	6	15
			$\bar{X}$	6.74	14.55
			SD	2.00	1.06

ตารางที่ ข-19 คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 21 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	6	16	20	6	18
2	10	20	21	5	17
3	2	13	22	6	15
4	5	15	23	4	14
5	2	13	24	8	14
6	5	16	25	9	15
7	4	14	26	10	17
8	5	15	27	6	16
9	10	15	28	5	16
10	3	15	29	11	19
11	9	18	30	9	18
12	7	15	31	7	17
13	5	17	32	10	16
14	6	16	33	8	14
15	3	14	34	6	15
16	5	15	35	10	16
17	4	14	36	3	14
18	7	14	37	7	17
19	8	16	38	6	15
			$\bar{X}$	6.37	15.63
			SD	2.44	1.62

ตารางที่ ข-20 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest	22.08	38	1.992	.323
	Pretest	9.84	38	2.736	.444

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Posttest & Pretest	38	.801	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest - Pretest	12.237	1.651	.268

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest - Pretest	11.694	12.780	45.686	37	.000

ตารางที่ ข-21 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	38	22.08	1.992	.323

One-Sample Test

	Test Value = 21					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Posttest	3.340	37	.002	1.079	.42	1.73

ตารางที่ ข-22 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest	14.55	38	1.058	.172
	Pretest	6.74	38	1.996	.324

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Posttest & Pretest	38	.775	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest - Pretest	7.816	1.353	.219

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest - Pretest	7.371	8.260	35.615	37	.000

ตารางที่ ข-23 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (14 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	38	14.55	1.058	.172

One-Sample Test

	Test Value = 14					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Posttest	3.221	37	.003	.553	.20	.90

ตารางที่ ข-24 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest	15.63	38	1.618	.262
	Pretest	6.37	38	2.443	.396

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Posttest & Pretest	38	.603	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest - Pretest	9.263	1.955	.317

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest - Pretest	8.621	9.906	29.213	37	.000

ตารางที่ ข-25 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 (15 คะแนนจากคะแนนเต็ม 21 คะแนน)

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	38	15.63	1.618	.262

One-Sample Test

	Test Value = 15					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Posttest	2.407	37	.021	.632	.10	1.16

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	ภาคเรียนที่ 2/ 2559
หน่วยที่ 1 บรรยากาศ	เวลา 14 ชั่วโมง
เรื่อง ความดันอากาศ	เวลา 2 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานว 6.1: เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 6.1 ม.1/2 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น และความกดอากาศที่มีผลต่อปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ

สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม.1/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.1/2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี

ว 8.1 ม.1/3 เลือกเทคนิค วิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.1/4 รวบรวมข้อมูลจัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.1/5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป

ทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1/7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ว 8.1 ม.1/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

ว 8.1 ม.1/9 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/ หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

2. สาระสำคัญ

อากาศประกอบด้วยโมเลกุลของแก๊สชนิดต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ตลอดเวลา เมื่อโมเลกุลของอากาศชนกับพื้นผิวของวัตถุจะทำให้เกิดแรงกระทำบนพื้นผิวนั้น เรียกแรงที่เกิดขึ้นว่า แรงดันอากาศบนพื้นที่นั้น แรงดันอากาศต่อหน่วยพื้นที่เรียกว่า ความดันอากาศ ซึ่งเราควรศึกษาความรู้เรื่องความดันอากาศเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้นี้แล้วนักเรียนสามารถ

3.1 อธิบายหลักการทำงานและวิธีใช้เครื่องมือวัดความดันอากาศได้ (K)

3.2 อธิบายได้ว่าอากาศมีความดัน และความดันอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศและความสูง (K)

3.3 คำนวณหาความดันอากาศได้ (K)

3.4 ทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิกับความดันอากาศได้ (P)

3.5 มีความกระตือรือร้น และให้ความร่วมมือในการปฏิบัติการทดลอง (A)

4. สาระการเรียนรู้

4.1 ความดันของอากาศ

อากาศประกอบด้วยโมเลกุลของแก๊สชนิดต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ตลอดเวลา เมื่อโมเลกุลของอากาศชนกับพื้นผิวของวัตถุ จะทำให้เกิดแรงกระทำบนพื้นผิวนั้น เรียกแรงที่เกิดขึ้นว่าแรงดันอากาศบนพื้นที่นั้น แรงดันอากาศต่อหน่วยพื้นที่เรียกว่า ความดันอากาศ

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความดันของอากาศ

4.2.1 ปริมาณหรือจำนวนโมเลกุลของอากาศ ถ้าจำนวนโมเลกุลของอากาศมาก โอกาสที่จะชนพื้นผิวก็จะมีมาก และทำให้เกิดแรงบนพื้นผิวนั้นมาก จึงส่งผลให้ความดันอากาศสูง

4.2.2 อุณหภูมิ ในระบบปิด เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โมเลกุลของอากาศจะมีพลังงานมากขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วและชนผนังภาชนะหรือพื้นผิวได้มากขึ้น ความดันของอากาศจึงเพิ่มตามไปด้วย แต่ถ้าเป็นในระบบเปิดนั้น จะไม่มีขอบเขต โมเลกุลของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีพลังงานมากจะเคลื่อนที่ได้เร็วและกระจายตัวออกจากกันในทางด้านข้างและด้านบน ทำให้โมเลกุลของอากาศที่ชนพื้นผิวโลกน้อยลง ทำให้แรงดันอากาศต่อพื้นที่หรือความดันอากาศต่ำ ดังนั้น พื้นผิวโลกบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงจึงมีความดันอากาศน้อยกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ

4.2.3 ความหนาแน่นของอากาศ ถ้าความหนาแน่นของอากาศต่ำความดันอากาศจะต่ำ แต่ถ้าความหนาแน่นของอากาศมากความดันอากาศจะมากตามไปด้วย

4.2.4 ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ถ้าระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลมากขึ้น ความดันอากาศจะค่อย ๆ ลดลง

4.3 การคำนวณหาความดันของอากาศ

หน่วยวัดความดันของอากาศ อาจมีหน่วยเป็นบรรยากาศ ปาสคาล หรือ บาร์ ซึ่งเปรียบเทียบกันได้ดังนี้

1 บรรยากาศ = 760 มิลลิเมตรปรอท (mmHg)

= 1.013×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือ ปาสคาล

= 1.013 บาร์

ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นทุก ๆ ระยะ 11 เมตร ความดันของอากาศจะลดลง 1 มิลลิเมตรของปรอท (mmHg) หรือทุกความสูง 1,000 ฟุต ระดับปรอทจะลดลง 1 นิ้ว

4.4 เครื่องมือวัดความดันของอากาศ

4.4.1 บารอมิเตอร์แบบปรอท (Barometer) อาศัยหลักการที่ความดันซึ่งเกิดจากน้ำหนักของปรอทในหลอดแก้วปลายปิดที่คว่ำอยู่ในอ่างปรอทต้องเท่ากับความดันอากาศ ถ้าความดันอากาศเพิ่มขึ้น ลำปรอทจะสูงขึ้น และถ้าความดันอากาศลดลง ความสูงของลำปรอทจะลดลง

4.4.2 แอนิรอยด์บารอมิเตอร์ (Aneroid Barometer) ใช้การยุบตัวหรือพองตัวของตลับโลหะปิดผนึกซึ่งนำอากาศออกไปบางส่วน หากความดันอากาศเพิ่มขึ้น ตลับโลหะจะถูกกดให้ยุบตัวลง และหากความดันอากาศลดลง ความดันภายในตลับโลหะจะทำให้ตลับพองตัวขึ้น

4.4.3 แอลติมิเตอร์ (Altimeter) เป็นแอนนิรอยด์บารอมิเตอร์ ที่นำมาประยุกต์ให้ใช้ความกดดันของอากาศวัดระดับความสูง แอลติมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบิน เครื่องมือที่

นักกระโดดร่มใช้เพื่อการกระโดดร่ม

4.4.4 บารอกราฟ (Barograph) พัฒนามาจากแอนิรอยด์บารอมิเตอร์ แต่จะมีเข็มชี้ที่มีปากกาบันทึกความดันอากาศต่อเนื่องกันลงบนกระดาษกราฟที่หมุนอยู่ตลอดเวลาด้วยลานนาฬิกา

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

☑ ความสามารถในการสื่อสาร

☑ ความสามารถในการคิด

☑ ความสามารถในการแก้ปัญหา

☑ ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

☑ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

☑ รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

☑ ซื่อสัตย์สุจริต

☑ มีวินัย

☑ ใฝ่เรียนรู้

☑ อยู่อย่างพอเพียง

☑ มุ่งมั่นในการทำงาน

☑ รักความเป็นไทย

☑ มีจิตสาธารณะ

7. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

☑ ทักษะการตั้งสมมติฐาน

☑ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

☑ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

☑ ทักษะการทดลอง

☑ ทักษะการตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป

8. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ระดับคำถามของบลูม
1. ขั้นระบุปัญหา (ชั่วโมงที่ 1) 1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 6-7 คน คละเพศและความสามารถด้านการเรียน (โดยดูจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาคเรียนที่ 1) 2. ครูและนักเรียนร่วมกันสนทนาเกี่ยวกับความดันของอากาศ โดยครูได้จัดกิจกรรมเพื่อเร้าความสนใจเรื่อง “แก้วน้ำมหัศจรรย์” โดยนักเรียนส่งตัวแทน 2 คนร่วมทำกิจกรรมสาธิตเกี่ยวกับความดันของอากาศหน้าชั้นเรียน ดังนี้ 2.1) ใช้แก้วน้ำบรรจุน้ำเต็มแก้ว นำกระดาษไม่อ่อนหรือแข็งเกินไปที่มีขนาดปิดปากแก้วได้ นำมาปิดปากแก้วไว้ จากนั้นให้เพื่อน ๆ ในห้องทายว่า - ถ้าเอามือทับกระดาษไว้แล้วค่อย ๆ คว่ำแก้วน้ำลง จากนั้นปล่อยมือที่จับกระดาษออก นักเรียนคิดว่าผลจะเป็นอย่างไร	การวิเคราะห์
 2.2) จากนั้นนักเรียนตั้งสมมติฐานจากคำถามที่ว่า - ถ้าเทน้ำออกจากแก้วให้เหลือเพียงครึ่งแก้ว แล้วทดลองเช่นเดิม นักเรียนคิดว่าผลจะเป็นอย่างไร (ให้นักเรียนอาสาสมัครคนใหม่ออกมาทดลองหน้าชั้นสังเกต และอภิปรายร่วมกัน)	การวิเคราะห์
-สรุปแล้วที่แผ่นกระดาษยังยึดติดอยู่กับแก้วน้ำเมื่อปล่อยมือออกนักเรียนคิดว่าเป็นเพราะอะไร	การวิเคราะห์
- และเมื่อเทน้ำออกครึ่งแก้วแล้วทำการทดลองเช่นเดิม แผ่นกระดาษไม่ยึดติดกับแก้วน้ำและน้ำในแก้วหกออก เป็นเพราะอะไร	การวิเคราะห์
3. จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความดันอากาศ ซึ่งเป็นสมบัติประการหนึ่งของอากาศว่า อากาศมีแรงดัน เราเรียกแรงดันอากาศที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ในทิศตั้งฉากว่า ความดันอากาศ 4. จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน ดังนี้	

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)	ระดับคำถามของบลูม
- นักเรียนคิดว่าความดันอากาศที่เกิดขึ้นมานั้นสามารถเปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้นหรือลดลง ได้หรือไม่ แล้วอะไรบ้างที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ความดันอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง 5. นักเรียนจะเห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความดันอากาศนั้นมีหลายประการ แต่ในวันนี้ครูจะให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิ 6. จากนั้นผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงประเด็นที่เป็นข้อสงสัยในวันนี้ แล้วบันทึกปัญหาลงในใบกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม แล้วให้ตัวแทนกลุ่มออกไปเขียนหัวข้อปัญหาบนกระดานจนครบทุกกลุ่ม แล้วผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปหัวข้อของปัญหาให้ชัดเจน ซึ่งควรจะสรุปหัวข้อปัญหาได้ว่า “ อุณหภูมิมีผลอย่างไรต่อความดันของอากาศ ” 7. ครูนำอุปกรณ์มาให้นักเรียนพิจารณาได้แก่ ลูกโป่ง น้ำ กาน้ำร้อน และขันน้ำ เพื่อให้นักเรียนออกแบบการทดลอง และ ตั้งสมมติฐานได้	การวิเคราะห์
2. ขั้นตั้งสมมติฐาน 1. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิด ช่วยกันคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า เป็นการตั้งสมมติฐานจากปัญหา โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิม แล้วผู้สอนจดบันทึกสมมติฐานที่แต่ละกลุ่มได้บนกระดาน โดยผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานด้วยคำถาม ดังนี้	การสังเคราะห์
- นักเรียนคิดว่าเมื่อลูกโป่งโดนน้ำร้อนผลการทดลองจะออกมาเป็นเช่นไร	การวิเคราะห์
2. ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันวิเคราะห์สมมติฐานที่แต่ละกลุ่มตั้งไว้ พร้อมทั้งออกแบบการทดลองให้สอดคล้องกับสมมติฐานแต่ละข้อพร้อมเหตุผลประกอบ จากนั้นผู้สอนเลือกให้ผู้เรียนทำการตรวจสอบสมมติฐานเพียงข้อเดียว	การวิเคราะห์
3. จากนั้นผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันกำหนดตัวแปรจากสมมติฐานที่ตั้ง โดยกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม รวมไปถึงกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ แล้วบันทึกในใบกิจกรรม	การวิเคราะห์
4. ต่อมาผู้สอนก็ได้ให้ผู้เรียนช่วยกันแสดงความคิดเกี่ยวกับการออกแบบวิธีการทดลอง โดยถามผู้เรียนว่า	
- ทำไมในการทดลองจึงต้องใช้ลูกโป่งเพื่อสังเกตความดันอากาศ	การวิเคราะห์

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)	ระดับคำถามของบลูม
5. จากนั้นให้ผู้เรียนศึกษาวิธีการทดลอง วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ ในใบกิจกรรมที่ได้ร่วมกันออกแบบ	
3. ขั้นทดลองและรวบรวมข้อมูล 1. ผู้สอนชี้แจงถึงข้อควรระวังในการทดลอง และอธิบายรายละเอียดการกรอกข้อมูลลงในใบกิจกรรม 2. ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มลงมือทำการทดลองตามขั้นตอนที่ได้วางเอาไว้ โดยมีผู้สอนให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ จัดวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นให้ และดูแลผู้เรียนแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิด โดยขณะที่ผู้สอนเดินดูแต่ละกลุ่มได้มีการตั้งคำถามชวนให้ผู้เรียนคิด ดังนี้ - ทำไมนักเรียนจึงไม่เป่าลูกโป่งให้พองเป็นลูกใหญ่ - ระดับของลูกโป่งที่จุ่มอยู่ในน้ำร้อนมีผลต่อความดันอากาศหรือไม่อย่างไร 3. เมื่อผู้เรียนทดลองเสร็จ ทำการบันทึกผลและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	การวิเคราะห์
4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล (ชั่วโมงที่ 2) 1. ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่ได้ โดยผู้สอนสุ่มถามผลการทดลองของกลุ่มหนึ่ง แล้วนำมาเขียนบนกระดาน แล้วถามผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ ให้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่า - ได้ผลการทดลองเหมือนหรือแตกต่างจากกลุ่มของเพื่อนอย่างไร 2. ผู้สอนได้ใช้คำถามเป็นแนวทางในการอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้ - เมื่อนักเรียนวางลูกโป่งบนน้ำร้อนแล้ว สังเกตเห็นขนาดลูกโป่งเป็นอย่างไร - อากาศภายในลูกโป่งเป็นระบบปิดหรือเปิด เพราะอะไร - จำนวนโมเลกุลของอากาศก่อนและหลังวางบนน้ำร้อนมีจำนวนเท่ากันหรือไม่ เพราะอะไร - ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันของอากาศในลูกโป่งเป็นอย่างไร 3. จากนั้นครูให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า แรงโน้มถ่วงของโลกทำให้จำนวนโมเลกุลของอากาศใกล้ผิวโลกมีปริมาณมากกว่าที่ระดับสูงขึ้นไป แล้วให้นักเรียนศึกษาใบความรู้เกี่ยวกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศและความสูงจากพื้นผิวโลก แล้วถามนักเรียนว่า	การวิเคราะห์ การวิเคราะห์ การวิเคราะห์ การวิเคราะห์

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)	ระดับคำถามของบลูม
- จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศและความสูงจากพื้นผิวโลกนั้น แปลความได้อย่างไร 4. ครูจะช่วยขยายเพิ่มเติมการอภิปรายของผู้เรียนในส่วนที่ขาดและคลุมเครือให้ชัดเจนยิ่งขึ้น 5. จากนั้นครูตั้งประเด็นเพื่อนำเข้าสู่เรื่อง เครื่องมือวัดความดันของอากาศดังนี้ - ถ้าต้องการสร้างเครื่องมือวัดความดันอากาศ นักเรียนคิดว่าจะนำความรู้เรื่องความดันอากาศมาสร้างเครื่องมือได้อย่างไร 6. ครูนำบารอมิเตอร์แบบแอนนิรอยด์มาให้นักเรียนฝึกการอ่านค่าความดันอากาศที่ได้จากเครื่องวัด หลังจากนั้นอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับค่าความดันอากาศที่วัดได้ หลักการทำงานของเครื่องวัดความดันอากาศและบารอมิเตอร์แบบต่าง ๆ รวมไปถึงฝึกการคำนวณหาค่าความดันบรรยากาศด้วย	การสังเคราะห์
5. ขั้นสรุปผล 1. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำผลจากการตอบคำถามในห้องมาเป็นแนวทางในการตอบคำถามท้ายการทดลองและเขียนสรุปผลการทดลองในใบกิจกรรม จากนั้นผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปผลการทดลอง และร่วมกันอภิปรายผลการทดลองให้ถูกต้อง สมบูรณ์ ชัดเจน และเข้าใจได้ตรงกัน รวมไปถึงสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลอง ผู้สอนมีการเน้นย้ำประเด็นสำคัญที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ ช่วยเสริมและสรุปการเรียนการสอนในครั้งนี้ ผู้เรียนมีหน้าที่แสดงความคิดเห็น และจดบันทึกเพิ่มเติมส่วนสำคัญ ๆ คำถามที่ผู้สอนใช้ถามกระตุ้นความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุปผลการทดลอง เช่น - ความดันของอากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร อย่างไรบ้าง - ความดันอากาศในระบบปิดและระบบเปิดแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร - จากผลการศึกษาทดลองนั้น ได้ผลสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่อย่างไร - จากการเรียนในครั้งนี้นักเรียนคิดว่าจะนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง 2. ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันและร่วมกันพิจารณาความรู้ที่ได้มาว่ามีความถูกต้องเหมาะสมและครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่	การประเมินค่า การนำไปใช้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)	ระดับคำถามของบลูม
3. ให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมและสรุปองค์ความรู้อีกครั้งเป็นแผนผังความคิด 4. ผู้สอนประเมินผลการปฏิบัติการทดลองของผู้เรียน แล้วแจ้งให้ผู้เรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการทดลองครั้งต่อไป โดยผู้สอนอาจจะตั้งคำถามให้ผู้เรียนพิจารณาผลจากการปฏิบัติการทดลองของตนเองก่อนดังนี้	
- จากที่นักเรียนได้ทำการทดลองไปนั้นคิดว่ามีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุงแก้ไข - นักเรียนคิดว่าที่ผลการทดลองของบางกลุ่มแตกต่างไปจากเพื่อนน่าจะมาจากสาเหตุใด	การนำไปใช้ การวิเคราะห์

9. สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

9.1 สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของสำนักพิมพ์นิยมวิทยา
2. ใบความรู้ เรื่องความดันอากาศ
3. ใบกิจกรรม เรื่องความดันอากาศกับอุณหภูมิ
4. วัสดุ-อุปกรณ์ เรื่อง แก้วน้ำมหัศจรรย์ ได้แก่ แก้ว, น้ำ, กระดาษ
5. วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง ความดันอากาศกับอุณหภูมิ ได้แก่ ลูกโป่ง, ขันน้ำพลาสติก, น้ำร้อน, ยางรัด

9.2 แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. ห้องคอมพิวเตอร์
3. อินเตอร์เน็ต

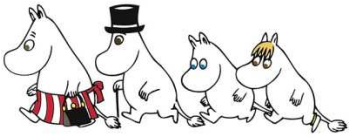
10. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
1. ด้านความรู้ (K) - อธิบายหลักการทำงานและวิธีใช้เครื่องมือวัดความดันอากาศได้ - อธิบายได้ว่าอากาศมีความดัน และความดันอากาศมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ - คำนวณหาความดันอากาศได้	- ตรวจการตอบคำถามในใบกิจกรรมเรื่อง ความดันอากาศกับอุณหภูมิ	- ใบกิจกรรมเรื่องความดันอากาศกับอุณหภูมิ	- สามารถตอบคำถามท้ายใบกิจกรรมได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 (4 ข้อ ใน 5 ข้อ)
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P) - ทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิกับความดันอากาศได้	- สังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่อง อุณหภูมิกับความดันอากาศ	- แบบสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง	- ระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีขึ้นไป
3. ด้านจิตพิสัย (A) - มีความกระตือรือร้นและให้ความร่วมมือในการปฏิบัติการทดลอง	- สังเกตการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มของผู้เรียน	- แบบประเมินพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	- ระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีขึ้นไป

ใบความรู้
เรื่อง ความดันอากาศ

ความดัน คือ แรงที่กระทำต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย อากาศก็มีแรงดันเช่นกัน โดยแรงดันของอากาศจะกระทำต่อมวลของสสารทุกอย่างบนโลก น้ำหนักของอากาศที่อยู่ชั้นบนสุดของบรรยากาศจะกดลงบนชั้นบรรยากาศที่อยู่ต่ำลงมา แรงดันอากาศบนพื้นที่ขนาดต่าง ๆ กันมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ ถ้าพื้นที่มากแรงดันอากาศที่กระทำต่อพื้นที่นั้นก็จะมีมากด้วย และยังขึ้นกับจำนวนโมเลกุลของอากาศในปริมาตรที่เท่ากัน ในระดับน้ำทะเลจะมีจำนวนโมเลกุลของอากาศมากกว่าอากาศที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไป ดังนั้นอากาศที่มีโมเลกุลหนาแน่นกว่าจะมีน้ำหนักหรือแรงดันมากกว่า

ค่าของน้ำหนักหรือแรงกดอากาศที่กระทำต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยที่รองรับน้ำหนักหรือแรงกดของอากาศ คือ **ความกดอากาศ** หรือ **ความดันอากาศ** และในการพยากรณ์อากาศจะนิยมเรียกความดันอากาศว่า ความกดอากาศ



การวัดความดันอากาศเป็นการวัดความสามารถของอากาศที่ดันน้ำหรือปรอทให้สูงขึ้นในหลอดแก้ว โดยความดันอากาศที่ระดับน้ำทะเลมีค่าเท่ากับ 1 บรรยากาศ ซึ่งสามารถดันน้ำให้ขึ้นไปในหลอดแก้วที่ปิดปลายไว้ข้างหนึ่งได้สูงประมาณ 10 เมตร ส่วนปรอทมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ โดยมีความหนาแน่น 13.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งที่ความดัน 1 บรรยากาศนั้นอากาศสามารถดันปรอทให้ขึ้นไปในหลอดแก้วปลายปิดได้สูง 76 เซนติเมตร หรือ 760 มิลลิเมตร หน่วยของความดันอากาศจึงมีหน่วยเป็น เมตรของน้ำ หรือเป็น มิลลิเมตรของปรอท (mmHg)

จากหลักการดังกล่าวข้างต้นนำมาสร้างเครื่องมือวัดความดันอากาศ เรียกว่า **บารอมิเตอร์**

1. บารอมิเตอร์ปรอทแบบง่าย เป็นเครื่องมือง่าย ๆ ประกอบด้วยหลอดแก้วกลวงยาวประมาณ 90 ซม. ปลายปิดด้านหนึ่ง บรรจุปรอทให้เต็มหลอดแก้ว คว่ำปากหลอดแก้วลงในภาชนะที่มีปรอทอยู่ โดยให้ปลายเปิดของหลอดแก้วจุ่มอยู่ในปรอท พบว่าปรอทในหลอดแก้วจะลดลงโดยยังคงเหลือปรอทในหลอดแก้วที่มีความสูงเหนือระดับปรอทในภาชนะประมาณ 76 ซม. หรือ 760 , มม. ส่วนที่ว่างเหนือปรอทในหลอดแก้วจะเป็นสุญญากาศ และเมื่อความกดอากาศสูงขึ้นจะไปดันให้ปรอทในหลอดแก้วสูงขึ้น

2. แอนิรอยด์บารอมิเตอร์ ประกอบด้วยตลับโลหะรูปร่างกลมแบน ที่สูบอากาศตรงกลาง ตลับนี้มีสปริงต่อไปยังคานและเข็มชี้บนหน้าปัด เมื่อความกดอากาศเปลี่ยนไป ตลับโลหะจะพองขึ้นหรือแฟบลง ทำให้สปริงดึงเข็มชี้ไปบนหน้าปัดตามความกดอากาศ มีทั้งแบบแขวนและแบบตั้งโต๊ะ

3. แอลติมิเตอร์ เนื่องจากความดันอากาศแปรเปลี่ยนตามความสูงจากระดับน้ำทะเล เราจึงสามารถใช้ค่าความดันอากาศบอกระดับความสูงได้ หลักการนี้ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า **แอลติมิเตอร์** ใช้สำหรับวัดความสูงในเครื่องบิน เครื่องติดตัวนักกระโดดร่มเพื่อบอกระดับความสูง

4. บารอกราฟ เป็นเครื่องมือวัดความกดอากาศที่ใช้แอนิรอยด์บารอมิเตอร์ แต่ต่อปลายเข็มชี้กับปากกา ซึ่งสามารถขีดบนกระดาษกราฟที่หมุนด้วยจานนาฬิกา ทำให้บันทึกความดันของอากาศในเวลาต่าง ๆ ทั้งวันได้จากเส้นกราฟ

ความดันอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และความดันอากาศ ณ บริเวณต่าง ๆ จะไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ กล่าวคือ บริเวณใดที่มีอุณหภูมิสูง อากาศจะขยายตัวทำให้ความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศโดยรอบจึงลอยตัวสูงขึ้นทำให้ความดันอากาศบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียง และเกิดเป็นบริเวณความกดอากาศต่ำ ซึ่งจะเป็นบริเวณที่อากาศไม่ดี มีเมฆและฝนมาก ส่วนบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ความหนาแน่นจะสูงกว่าอากาศโดยรอบจึงจมตัวลง ทำให้ความดันบริเวณนั้นสูงกว่าบริเวณใกล้เคียง จึงเกิดเป็นบริเวณความกดอากาศสูง ซึ่งจะมีเมฆน้อย และสภาพอากาศดี จากการที่ความดันของอากาศเกิดจากน้ำหนักของอากาศ ฉะนั้นยิ่งสูงจากพื้นโลกของมวลอากาศยิ่งมีน้อย นั่นคือ ความดันของอากาศจะลดลงตามระดับความสูง ดังนั้นแล้วความดันอากาศจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่ ถ้าพื้นที่มาก จะทำให้อากาศมีแรงดันมาก

1. อากาศมีแรงดันทุกทิศทาง

2. ความดันอากาศหรือความดันบรรยากาศ คือ ค่าของแรงดันอากาศต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่รองรับแรงดันนั้นหรือสูตร

$P = \frac{F}{A}$ โดยที่ P = ความดัน $(N/m^2, Pascal(Pa))$

F = แรงดันอากาศ $(Newton, N)$

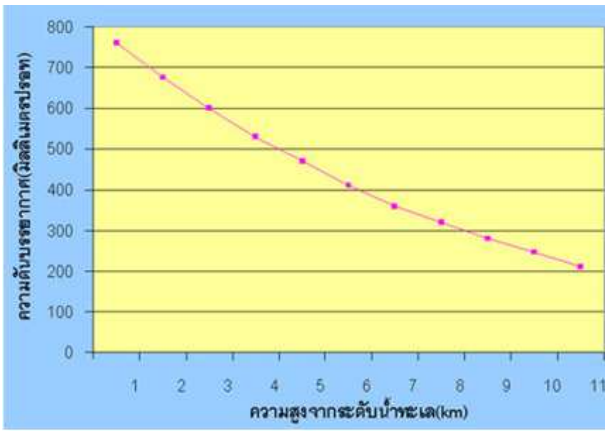
A = พื้นที่รองรับแรงดัน (m^2)

3. แรงดันอากาศมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่ ถ้าพื้นที่ (A) มากอากาศจะมีแรงดัน (F) มากกว่าพื้นที่น้อย แต่ความดัน (P) จะมีค่าน้อยเมื่อพื้นที่มาก ทั้งนี้เป็นไปตามสมการ P = F/A

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับความสูงจากระดับน้ำทะเล เป็นดังนี้

4.1 ที่ความสูงระดับเดียวกัน ความดันอากาศทีค่าเท่ากัน หลักการนี้ได้นำไปใช้ทำเครื่องมือวัดแนวระดับในการก่อสร้าง

4.2 เมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ความดันของอากาศมีค่าลดลง หลักการนี้นำไปใช้ทำเครื่องมือวัดความสูง เรียกว่า แอลติมิเตอร์



ตารางแสดงความดันของอากาศที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลในระดับต่าง ๆ

ความสูงจากระดับน้ำทะเล	ความดันอากาศหรือความกดอากาศ	
กิโลเมตร (km)	มิลลิเมตรของปรอท (mm ของปรอท)	นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2)
0	760	1.01×10^5
1	675	0.90×10^5
2	600	0.80×10^5
3	530	0.71×10^5
4	470	0.63×10^5
5	410	0.55×10^5
6	360	0.48×10^5
7	320	0.43×10^5
8	280	0.37×10^5
9	245	0.33×10^5
10	210	0.28×10^5
11	185	0.25×10^5
12	160	0.21×10^5
13	140	0.19×10^5

ที่มา : (กุณฑรี เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ 2546, 303)

จากข้อมูลในตารางสรุปได้ว่า

ที่ระดับความสูงมากขึ้น ความดันอากาศหรือความกดอากาศมีค่าลดลง โดยเฉลี่ยความดันของอากาศจะลดลง 1 มิลลิเมตรของปรอท เมื่อความสูงเพิ่มขึ้น 11 เมตร

ความสูงของยอดเขา = (760 - ความดันของอากาศบนยอดเขา) x 11 เมตร

สรุป ถ้ายิ่งมีความสูงมากขึ้น ความดันบรรยากาศจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ

ใบกิจกรรม

เรื่อง ความดันอากาศกับอุณหภูมิ

คำชี้แจง ให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้

1. ตอบคำถามก่อนทำการทดลอง
2. อ่านขั้นตอนวิธีทำการทดลองให้เข้าใจ
3. ทำการทดลองและบันทึกผล
4. ตอบคำถามท้ายการทดลอง

ปัญหา

.....

.....

.....

สมมติฐาน

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

.....

ตัวแปรตาม

.....

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

.....

นิยามเชิงปฏิบัติการ

ความดันอากาศ หมายถึง

.....

.....

.....

วัสดุอุปกรณ์

1. ลูกโป่ง + ยางรัด
2. น้ำร้อน (อุณหภูมิ 60°C-70°C)
3. ขันน้ำพลาสติก

ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิ 60°C-70°C ไม่ต้องเดือด
2. เป่าลูกโป่งให้มีขนาดพอเหมาะ แล้วมัดปากลูกโป่งให้แน่น
3. เทน้ำร้อนลงในขันพลาสติกประมาณ 2/3 ของขัน
4. ลูกโป่งที่เป่าไว้นำมากดให้จมลงในน้ำร้อน โดยจับปลายลูกโป่งตรงยางรัด ให้อยู่เหนือน้ำ
5. จุ่มลูกโป่งในน้ำร้อนทิ้งไว้สักครู่ สังเกตขนาดของลูกโป่ง บันทึกผล

* **<u>ข้อควรระวัง</u>**

1. เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของขนาดลูกโป่งที่ชัดเจน ควรเป่าลมเข้าไปในลูกโป่งให้ลูกโป่งพอมีรูปร่าง ไม่ควรเป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่เกินไป

ตารางบันทึกผลการทดลอง

สถานการณ์	การเปลี่ยนแปลงของขนาดลูกโป่งที่สังเกตได้
เมื่อเป่าลูกโป่ง	
เมื่อจุ่มลูกโป่งลงในน้ำร้อน	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อวางลูกโป่งบนน้ำร้อน ขนาดของลูกโป่งเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

.....

2. จำนวนโมเลกุลของอากาศในลูกโป่งก่อนและหลังวางบนน้ำร้อนเท่ากันหรือไม่

.....

.....

.....

3. เครื่องมือที่ใช้วัดความดันอากาศคืออะไร และมีหลักการทำงานอย่างไร

.....

.....

.....

4. มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อความดันของอากาศ

.....

.....

.....

5. ยอดเขา A วัดความดันอากาศได้ 680 มิลลิเมตรของปรอทจงหาความสูงจากระดับน้ำทะเลของยอดเขานี้ (แสดงวิธีทำ) และตอบคำถามว่า ถ้าหากวัดความดันอากาศของยอดเขา B ได้ 400 มิลลิเมตรของปรอท แสดงว่า ยอดเขา A หรือ ยอดเขา B สูงกว่ากัน

.....

.....

.....

.....

แนวคำตอบใบกิจกรรม

เรื่อง ความดันอากาศกับอุณหภูมิ

คำชี้แจง ให้นักเรียนปฏิบัติดังนี้

1. ตอบคำถามก่อนทำการทดลอง
2. อ่านขั้นตอนวิธีทำการทดลองให้เข้าใจ
3. ทำการทดลองและบันทึกผล
4. ตอบคำถามท้ายการทดลอง

ปัญหา

อุณหภูมิมีผลอย่างไรต่อความดันของอากาศ

สมมติฐาน

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความดันของอากาศจะเพิ่มขึ้น

ตัวแปรต้น

อุณหภูมิ

ตัวแปรตาม

การเปลี่ยนแปลงของความดันอากาศ

ตัวแปรควบคุม

ปริมาณน้ำร้อน, ขนาดของลูกโป่ง, ภาชนะที่ใส่น้ำร้อน

นิยามเชิงปฏิบัติการ

ความดันอากาศ หมายถึง แรงที่อากาศกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่รองรับแรงดัน ความดันอากาศสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า บารอมิเตอร์ มีหน่วยเป็น บรรยากาศ ปาสคาล หรือบาร์

วัสดุอุปกรณ์

1. ลูกโป่ง + ยางรัด
2. น้ำอุ่น (อุณหภูมิ 60°C-70°C)
3. ขันน้ำพลาสติก

ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิ 60°C-70°C ไม่ต้องเดือด
2. เป่าลูกโป่งให้มีขนาดพอเหมาะ แล้วมัดปากลูกโป่งให้แน่น
3. เทน้ำร้อนลงในขันพลาสติกประมาณ 2/3 ของขัน
4. ลูกโป่งที่เป่าไว้นำมากดให้จมลงในน้ำร้อน โดยจับปลายลูกโป่งตรงยางรัด ให้อยู่เหนือน้ำ
5. จุ่มลูกโป่งในน้ำร้อนทิ้งไว้สักครู่ สังเกตขนาดของลูกโป่ง บันทึกผล

* **<u>ข้อควรระวัง</u>**

1. เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของขนาดลูกโป่งที่ชัดเจน ควรเป่าลมเข้าไปในลูกโป่งให้ลูกโป่งพอมีรูปร่าง ไม่ควรเป่าลูกโป่งให้มีขนาดใหญ่เกินไป

ตารางบันทึกผลการทดลอง

สถานการณ์	การเปลี่ยนแปลงของขนาดลูกโป่งที่สังเกตได้
เมื่อเป่าลูกโป่ง	ลูปโป่งมีขนาดเล็ก พอให้เห็นเป็นรูปทรง
เมื่อจุ่มลูกโป่งลงในน้ำร้อน	ลูกโป่งมีขนาดขยายใหญ่ขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จำนวนโมเลกุลของอากาศที่อยู่ภายในลูกโป่งก่อนและหลังวางบนน้ำร้อนมีจำนวนเท่ากัน ทั้งนี้ เนื่องจากหลังจากที่เป่าลมใส่ในลูกโป่งจะมัดปากลูกโป่งแน่น จนโมเลกุลของอากาศไม่สามารถออกมาจากลูกโป่งได้ หลังจากวางลูกโป่งบนน้ำร้อนลูกโป่งมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นเพราะปริมาตรของอากาศในลูกโป่งขยายมากขึ้น

แสดงว่าอากาศภายในลูกโป่งเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากการถ่ายโอนพลังงานความร้อนจากน้ำร้อนในภาชนะ ทำให้โมเลกุลของอากาศมีพลังงานมากขึ้น จึงเคลื่อนที่เร็วขึ้นอยู่ภายในลูกโป่งชนผนังลูกโป่งทุกทิศทุกทาง อากาศภายในลูกโป่งมีแรงดัน และอากาศภายในลูกโป่งอยู่ในระบบปิดไม่สามารถเคลื่อนที่ออกไปนอกลูกโป่งได้ โมเลกุลอากาศเคลื่อนที่เร็วขึ้นมีแรงดันชนผนังลูกโป่งบ่อยครั้งขึ้น ซึ่งเมื่อคิดแรงดันต่อพื้นที่ อากาศภายในลูกโป่งจะมีความดันอากาศสูงกว่าอากาศภายนอกลูกโป่ง และผนังลูกโป่งมีความยืดหยุ่น ทำให้อากาศภายในลูกโป่งขยายตัว มีปริมาตรมากขึ้น สรุปได้ว่า อุณหภูมิอากาศมีผลต่อความดันอากาศ เมื่ออุณหภูมิสูง ความดันอากาศจะสูง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อวางลูกโป่งบนน้ำร้อน ขนาดของลูกโป่งเปลี่ยนแปลงอย่างไร

เมื่อวางลูกโป่งบนน้ำร้อน ขนาดของลูกโป่งจะขยายใหญ่ขึ้น เนื่องจากอากาศภายในลูกโป่งเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากการถ่ายโอนพลังงานความร้อนจากน้ำร้อนในภาชนะ ทำให้โมเลกุลของอากาศมีพลังงานมากขึ้นจึงเคลื่อนที่เร็วขึ้นอยู่ภายในลูกโป่งชนผนังลูกโป่งทุกทิศทุกทางบ่อยครั้งขึ้น มีแรงดันบนพื้นผิวลูกโป่งมากขึ้น ส่งผลให้ความดันอากาศภายในลูกโป่งเพิ่มขึ้นและมากกว่าความดันอากาศภายนอก ผนังลูกโป่งยืดออกตามแรงดันอากาศที่อยู่ภายใน ขนาดของลูกโป่งจึงขยายใหญ่ขึ้น

2. จำนวนโมเลกุลของอากาศในลูกโป่งก่อนและหลังวางบนน้ำร้อนเท่ากันหรือไม่

จำนวนโมเลกุลของอากาศในลูกโป่งก่อนและหลังวางบนน้ำร้อนเท่ากัน เนื่องจากหลังจากที่เป่าลมใส่ในลูกโป่งจะมัดปากลูกโป่งแน่น จนโมเลกุลของอากาศไม่สามารถออกมาจากลูกโป่งได้

3. เครื่องมือที่ใช้วัดความดันอากาศคืออะไร และมีหลักการทำงานอย่างไร (เลือกมา 1 ชนิด)

บารอมิเตอร์ปรอทแบบง่าย ประกอบด้วยหลอดแก้วกลวงยาว ปลายปิดด้านหนึ่ง บรรจุปรอทให้เต็มหลอดแก้ว คว่ำปากหลอดแก้วลงในภาชนะที่มีปรอทอยู่ โดยให้ปลายเปิดของหลอดแก้วจุ่มอยู่ในปรอท พบว่าปรอทในหลอดแก้วจะลดลงโดยยังคงเหลือปรอทในหลอดแก้ว ส่วนที่ว่างเหนือปรอทในหลอดแก้วจะเป็นสุญญากาศ และเมื่อความกดอากาศสูงขึ้นจะไปดันให้ปรอทในหลอดแก้วสูงขึ้น (หรือเครื่องมือชนิดอื่น ๆ)

4. มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อความดันของอากาศ

ปริมาณหรือจำนวนโมเลกุลของอากาศ, อุณหภูมิ, ความหนาแน่นของอากาศ, ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล

5. ยอดเขา A วัดความดันอากาศได้ 680 มิลลิเมตรของปรอทจงหาความสูงจากระดับน้ำทะเลของยอดเขานี้ (แสดงวิธีทำ) และตอบคำถามว่า ถ้าหากวัดความดันอากาศของยอดเขา B ได้ 400 มิลลิเมตรของปรอท แสดงว่า ยอดเขา A หรือ ยอดเขา B สูงกว่ากัน

<u>วิธีทำ</u> ที่ระดับน้ำทะเล ลำปรอทสูง 760 มิลลิเมตร

ที่ยอดเขา ลำปรอทสูง 680 มิลลิเมตร

เพราะฉะนั้นที่ยอดเขาระดับปรอทจะลดลง = 760-680 = 80 มิลลิเมตร

ระดับปรอทลดลง 1 มิลลิเมตร เมื่อมีความสูง 11 เมตร

ระดับปรอทลดลง 80 มิลลิเมตร เมื่อมีความสูง 11x80 = 880 เมตร

<u>ตอบ</u> เพราะฉะนั้นยอดเขา A อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 880 เมตร และยอดเขา B สูงกว่ายอดเขา A

แบบสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม .....
.....
.....
.....
.....
.....

คำชี้แจง ให้ผู้สอนสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม แล้วเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองของผู้เรียน

ที่	รายการพฤติกรรม	คุณภาพการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง (คะแนน)			
		ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1	การวางแผนวิธีการดำเนินการทดลอง				
2	การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน				
3	ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติการทดลอง				
4	การนำเสนอผลการทดลอง				

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
13-16	ดีมาก
9-12	ดี
5-8	พอใช้
ต่ำกว่า 5	ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
วันที่.....

เกณฑ์การให้คะแนนการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง

รายการที่ประเมิน	คะแนนที่ได้
1. การวางแผนวิธีการดำเนินการทดลอง	
- วางแผนและออกแบบการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมกับเวลา สามารถเลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม	4
- วางแผนและออกแบบการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมกับเวลา แต่การเลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลองยังไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม	3
- วางแผนและออกแบบการทดลองไม่ถูกต้องและไม่เหมาะสมกับเวลา ต้องให้ความช่วยเหลือในการเลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลอง	2
- ไม่สามารถวางแผนและออกแบบการทดลองได้เอง ต้องได้รับความช่วยเหลือทั้งการวางแผน ออกแบบการทดลอง และเลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลอง	1
2. การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน	
- ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนด้วยตนเองและใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม	4
- ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนด้วยตนเอง แต่ต้องได้รับความช่วยเหลือในการใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลองเป็นบางครั้ง	3
- ดำเนินการทดลองไม่เป็นลำดับขั้นตอน ต้องได้รับความช่วยเหลือในการทดลองและการใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลองเป็นบางครั้ง	2
- ดำเนินการทดลองไม่เป็นลำดับขั้นตอน ต้องได้รับความช่วยเหลือในการทดลองและการใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลองอยู่ตลอดเวลา	1
3. ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติการทดลอง	
- ดำเนินการทดลองและใช้วัสดุ-อุปกรณ์ในการทดลองได้เหมาะสม มีความปลอดภัย และทำการทดลองเสร็จทันเวลาที่กำหนด	4
- ต้องการคำแนะนำในการดำเนินการทดลองและการใช้วัสดุ-อุปกรณ์เป็นบางครั้ง การทดลองมีความปลอดภัย และทำการทดลองเสร็จทันเวลาที่กำหนด	3
- ต้องการคำแนะนำในการดำเนินการทดลอง ใช้วัสดุ-อุปกรณ์เป็นบางครั้ง การทดลองมีความปลอดภัย แต่ทำไม่ทันตามเวลาที่กำหนด	2
- ดำเนินการทดลอง ใช้วัสดุ-อุปกรณ์ไม่ถูกต้อง อุปกรณ์ชำรุดเสียหาย และทำการทดลองไม่ทันตามเวลาที่กำหนด	1

เกณฑ์การให้คะแนนการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	คะแนนที่ได้
4. การนำเสนอผลการทดลอง	
- บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง เขียนรายงานการทดลองได้เป็นขั้นตอนและมีความชัดเจน	4
- บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง เขียนรายงานการทดลองได้ แต่ไม่สมบูรณ์และไม่ชัดเจน	3
- ต้องได้รับคำแนะนำช่วยเหลือในการบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลองและการเขียนรายงานการทดลอง จึงจะเขียนได้	2
- ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลองและการเขียนรายงานการทดลอง	1

แบบประเมินพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วขีด /□ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล ของผู้รับการประเมิน	ความร่วมมือกันทำกิจกรรม				การแสดงความคิดเห็น				การรับฟังความคิดเห็น				มีความกระตือรือร้น				ส่งงานตรงต่อเวลา				รวม 20 คะแนน
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรม**อย่างสม่ำเสมอ** ให้ 4 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรม**บ่อยครั้ง** ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรม**บางครั้ง** ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรม**น้อยครั้ง** ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน	**ระดับคุณภาพ**
18 - 20	ดีมาก
14 - 17	ดี
10 - 13	พอใช้
ต่ำกว่า 10	ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

วันที่...../...../.....

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องบรรยากาศ

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

---

1. ข้อใดต่อไปนี้จัดเป็นส่วนผสมในอากาศแห้ง

1. แก๊สฮีเลียม 3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
2. แก๊สออกซิเจน 4. ไอน้ำ

ก. 1,4 ข. 1,2,4

ค. 1,2,3 ง. 1,2,3,4

2. สาเหตุที่เครื่องบินนิยมบินในตอนล่างของบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์คือข้อใด

ก. ป้องกันการชนกันของเครื่องบิน

ข. ลดความกดอากาศภายในเครื่องบิน

ค. หลีกเลี่ยงความแปรปรวนของอากาศ

ง. เพื่อป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์

3. การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างชั้นบรรยากาศกับสมบัติของชั้นบรรยากาศในข้อใด **ไม่**สอดคล้องกัน

ก. โทรโพสเฟียร์ : อากาศแปรปรวน

ข. ไอโอโนสเฟียร์ : สะท้อนคลื่นวิทยุได้

ค. สตราโตสเฟียร์ : ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต

ง. เทอร์โมสเฟียร์ : ป้องกันอุกกาบาตหรือวัตถุนอกโลกต่าง ๆ

4. นักอุตุนิยมวิทยานำข้อมูลจากบรรยากาศชั้นใดมาใช้ในการพยากรณ์อากาศ

ก. โทรโพสเฟียร์ ข. สตราโตสเฟียร์

ค. มีโซสเฟียร์ ง. เทอร์โมสเฟียร์

5. ถ้าลมฟ้าอากาศมีความจำเป็นต่อความเป็นอยู่และการดำรงชีวิตของมนุษย์ นักเรียนคิดว่าบรรยากาศชั้นใดมีความสำคัญที่สุด

ก. โทรโพสเฟียร์ ข. สตราโตสเฟียร์

ค. มีโซสเฟียร์ ง. เทอร์โมสเฟียร์

6. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับรังสีจากดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังโลก

ก. ถูกดูดกลืนและสะท้อนกลับสู่บรรยากาศในปริมาณที่เท่ากัน

ข. ถูกดูดกลืนโดยพื้นผิวโลกและบรรยากาศในปริมาณที่มากกว่าการสะท้อนกลับ

ค. ถูกดูดกลืนโดยพื้นผิวโลกและบรรยากาศในปริมาณที่น้อยกว่าการสะท้อนกลับ

ง. ถูกดูดกลืนโดยพื้นผิวโลกและบรรยากาศทั้งหมดไม่มีการสะท้อนกลับสู่บรรยากาศ

7. ในเวลากลางวันอากาศเหนือพื้นดินและพื้นน้ำบริเวณใกล้เคียงกันมีอุณหภูมิเป็นอย่างไร

ก. อากาศเหนือพื้นน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศเหนือพื้นดิน

ข. อากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศเหนือพื้นน้ำ

ค. อากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิเท่ากับอากาศเหนือพื้นน้ำ

ง. สรุปแน่นอนไม่ได้

8. การที่พื้นดินและพื้นน้ำรับและคายความร้อนได้ไม่เท่ากันจะมีผลต่อข้อใดมากที่สุด

ก. อุณหภูมิ ข. ความดัน

ค. ความชื้น ง. ความหนาแน่น

9. การตัดไม้ทำลายป่ามีผลกระทบต่ออุณหภูมิของอากาศอย่างไร

ก. ทำให้ฝนตกหนักจนเกิดอุทกภัยส่งผลให้อุณหภูมิอากาศลดลง

ข. ต้นไม้มีการคายน้ำลดลงส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศต่ำลงด้วย

ค. ทำให้ลดสิ่งกีดขวางทางลมส่งผลให้ลมพัดมากขึ้นอุณหภูมิจึงลดลง

ง. ทำให้การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์บนผิวโลกลดลงส่งผลให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้น

10. ข้อความใดต่อไปนี้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศได้ถูกต้อง

ก. ช่วงเย็นอุณหภูมิอากาศจะต่ำกว่าเช้ามืด

ข. ช่วงเที่ยงวันมีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด

ค. ช่วงบ่ายอุณหภูมิอากาศจะต่ำกว่าช่วงเที่ยงวัน

ง. ช่วงเช้าอุณหภูมิอากาศจะต่ำกว่าช่วงสายและช่วงบ่าย

11. ถ้าระดับความสูงของพื้นที่มีผลต่ออุณหภูมิของอากาศ บริเวณใดควรมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด

ก. ภูเขา ข. ทะเล

ค. น้ำตก ง. ป่าไม้

12. ข้อใด**ไม่ใช่**ปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิของอากาศแตกต่างกัน

ก. ระดับความสูงของพื้นที่ ข. ปริมาณเมฆบนท้องฟ้า

ค. ตำแหน่งบนพื้นโลก ง. ความหนาแน่นของธาตุต่าง ๆ

13. อะไรเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิของโลกเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างช้า ๆ

ก. น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ข. การเอียงของแกนโลก

ค. การทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ง. การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ

14. สนามหญ้าหน้าบ้านขนาด 50 ตารางเมตร ถูกกดทับด้วยแรงดันอากาศ 2,000 นิวตัน ความดันอากาศบนพื้นสนามหญ้าหน้าบ้านเป็นเท่าไร

ก. 25 นิวตันต่อตารางเมตร ข. 40 นิวตันต่อตารางเมตร

ค. 140 นิวตันต่อตารางเมตร ง. 200 นิวตันต่อตารางเมตร

15. จากข้อมูลที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ข้อใดคือความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับอุณหภูมิของอากาศในระบบเปิด

1. ความดันอากาศสูง อุณหภูมิสูง 3. ความดันอากาศสูง อุณหภูมิต่ำ

2. ความดันอากาศต่ำ อุณหภูมิต่ำ 4. ความดันอากาศต่ำ อุณหภูมิสูง

ก. ข้อ 1 ถูก ข. ข้อ 3 ถูก

ค. ข้อ 1, 2 ถูก ง. ข้อ 3, 4 ถูก

16. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่ว่า “ น้ำสามารถเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ” เพราะเหตุใด

ก. ไม่เห็นด้วย เพราะจุดเดือดของน้ำต้องเป็น 100 องศาเซลเซียส

ข. ไม่เห็นด้วย เพราะจุดเดือดของน้ำต้องมีค่าที่แน่นอน

ค. เห็นด้วย ถ้าขณะนั้นความดันบรรยากาศสูงกว่า 760 มิลลิเมตร

ง. เห็นด้วย ถ้าขณะนั้นความดันบรรยากาศต่ำกว่า 760 มิลลิเมตร

17. “ เครื่องมือที่ใช้วัดความดันอากาศที่ดัดแปลงมาใช้สำหรับวัดความสูง ซึ่งเครื่องมือชนิดนี้ใช้ในเครื่องบินหรือใช้ติดตัวนักกระโดดร่มเพื่อบอกความสูง ” จากข้อความข้างต้น คือเครื่องมือในข้อใด

ก. ไฮโกรมิเตอร์ ข. ไซครอมิเตอร์

ค. แอลติมิเตอร์ ง. อะนิโมมิเตอร์

18. อะไรเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ลมเคลื่อนที่จากหมู่บ้าน A ไปหมู่บ้าน B

ก. แรงดันของอากาศหมู่บ้าน B สูงกว่าหมู่บ้าน A

ข. อุณหภูมิของอากาศหมู่บ้าน B สูงกว่าหมู่บ้าน A

ค. ความกดอากาศของหมู่บ้าน A ต่ำกว่าหมู่บ้าน B

ง. ความหนาแน่นของอากาศหมู่บ้าน B สูงกว่าหมู่บ้าน A

19. ในเวลากลางวันขณะที่เรานั่งอยู่ริมหนองน้ำ เราจะรู้สึกว่ามีลมพัดจากหนองน้ำเข้าสู่ตลิ่งนักเรียนคิดว่าที่เป็นเช่นนี้ เพราะเหตุใด

ก. ความกดอากาศเหนือพื้นน้ำต่ำกว่าพื้นดิน

ข. ความกดอากาศเหนือพื้นน้ำสูงกว่าพื้นดิน

ค. อุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำสูงกว่าพื้นดิน

ง. ความหนาแน่นของอากาศเหนือพื้นดินสูงกว่าพื้นน้ำ

20. สิ่งสำคัญที่ทำให้ลมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากขึ้นคือข้อใด

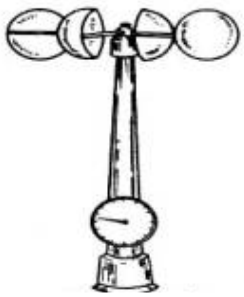
ก. เมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่าลดลง

ข. เมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่าสูงขึ้น

ค. ความกดอากาศระหว่างสองพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น

ง. ความกดอากาศระหว่างสองพื้นที่มีความแตกต่างกันมากขึ้น

21. เด็กหญิงแพรไหมทำการทดลองเรื่องลมโดยใช้อุปกรณ์ดังภาพ นักเรียนคิดว่าเด็กหญิงแพรไหมใช้อุปกรณ์นี้เพื่ออะไร



ที่มา:

ก. วัดความเร็วลม ข. วัดกระแสลม

ค. วัดทิศทางลม ง. วัดความแรงลม

22. ข้อใดคือความหมายของความชื้นสัมบูรณ์

ก. อัตราส่วนระหว่างมวลของอากาศกับความดันอากาศ

ข. อัตราส่วนระหว่างมวลของอากาศกับปริมาตรของอากาศ

ค. อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำในอากาศกับปริมาตรของอากาศ

ง. อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำในอากาศกับความหนาแน่นของอากาศ

23. “ อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ” มีความหมายตรงกับข้อใด

ก. อากาศมีความชื้น ข. อากาศควบแน่นเป็นไอน้ำ

ค. มีมวลไอน้ำพอ ๆ กับมวลอากาศ ง. มีไอน้ำมากที่สุดที่อากาศจะรับไว้ได้

24. อากาศขณะนั้นมีไอน้ำอยู่ 60 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ถ้าอากาศสามารถรับไอน้ำได้อย่างเต็มที่เท่ากับ 120 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นเท่าใด

ก. 5% ข. 50 %

ค. 55 % ง. 65 %

25. ถ้าอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์มาก ๆ ประมาณ 90% ร่างกายของเราจะมีความรู้สึกอย่างไร

ก. รู้สึกหนาวเย็น ข. รู้สึกสบายตัว

ค. รู้สึกอึดอัดและร้อน ง. ไม่กระทบกับร่างกาย

26. เมฆจะเกิดในบริเวณใดมากที่สุด

ก. ทะเล ข. ทะเลทราย

ค. ภูเขา ง. เขตชุมชน

27. นิดหน่อยต้องการทราบลักษณะของท้องฟ้าในวันนี้ นิดหน่อยควรทำอย่างไร

ก. นับจำนวนก้อนเมฆบนท้องฟ้าเท่าที่สังเกตเห็นได้

ข. สังเกตเมฆบนท้องฟ้าว่าเป็นเมฆชนิดใดแล้วนำมาเทียบกับแผนภาพเมฆ

ค. แบ่งท้องฟ้าออกเป็น 4 ส่วน นับจำนวนเมฆ แล้วนำมาคำนวณเพื่อบอกลักษณะท้องฟ้า

ง. นับจำนวนเมฆบนท้องฟ้าแล้วตรวจสอบว่าเป็นเมฆชนิดใดเพื่อบอกลักษณะท้องฟ้า

28. ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ หมายถึงอะไร

ก. ขนาดของเม็ดฝนที่ตกลงมา ข. ความสูงของน้ำฝนในภาชนะรองรับ

ค. ปริมาณเม็ดฝนที่ตกลงมาในภาชนะ ง. ปริมาตรของน้ำฝนที่ตกลงมาในภาชนะ

29. ถ้าเราวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้เท่ากับ 97 % เราจะอธิบายการเกิดฝนได้ตามข้อใด

ก. ฝนไม่ตก ข. ฝนมีโอกาสตกมาก

ค. ฝนมีโอกาสตกปานกลาง ง. ฝนตกและตกเป็นระยะเวลานาน

30. การทำฝนเทียมอาศัยหลักการสำคัญในข้อใด

ก. ทำให้เมฆมีน้ำหนักมากขึ้น

ข. การทำให้ก้อนเมฆกระจายตัวออก

ค. กระตุ้นให้ความชื้นในอากาศลดลง

ง.ทำให้ไอน้ำระเหยขึ้นสู่บรรยากาศมากขึ้น

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่องบรรยากาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

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

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องบรรยากาศ

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

---

1. “ ชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ เป็นชั้นบรรยากาศที่เกิดปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศที่สำคัญ ซึ่งมีผลโดยตรงกับสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก เช่น การเกิดฝน พายุ ” คำนิยามเชิงปฏิบัติการของลมฟ้าอากาศ คือข้อใด

ก. การเกิด ฝน เมฆ หมอก คลื่นลม พายุ

ข. สภาวะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของอากาศที่เกิดขึ้นบนท้องฟ้า

ค. ลักษณะอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลายาวนาน จึงจัดได้ว่าเป็นตัวแทนของลักษณะอากาศเฉลี่ยของภูมิภาคใดภูมิภาคหนึ่งในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

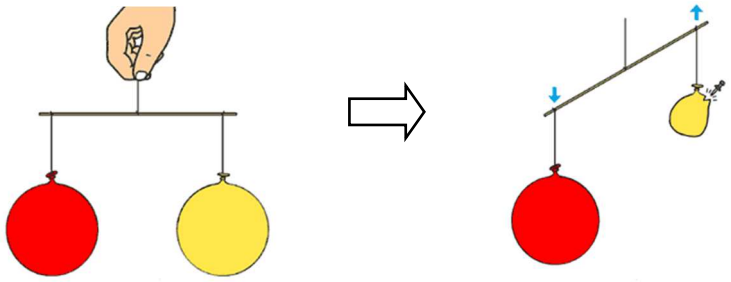
ง. สภาวะของอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ณ บริเวณหนึ่งในช่วงเวลาสั้น ๆ ตรวจวัดจากองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดันอากาศ

2. นักเรียนได้ทำการทดลองการหาสมบัติบางประการของบรรยากาศเพื่อต้องการทราบว่า “ ขนาดของพื้นที่มีผลต่อแรงดันอากาศหรือไม่ ” จากการทดลองข้างต้นข้อใดเป็นตัวแปรต้น

ก. อากาศ ข. ขนาดของพื้นที่

ค. แรงดันอากาศ ง. ความกดอากาศ

3. ในการทดลองจะทำการเป่าลูกโป่ง 2 ใบให้ใหญ่เท่ากันแล้วมัดปากลูกโป่ง และใช้เชือกผูกลูกโป่งทั้ง 2 ใบที่ปลายไม้ทำให้คานอยู่ในสมดุล จากนั้นเจาะลูกโป่งลูกใดลูกหนึ่ง การทดลองนี้ต้องการศึกษาเรื่องใด



ที่มา: http://2.bp.blogspot.com/-oWkPEmJj02Y/UjSMH1AEp6I/AAAAAAAAAUg/pnIF9nInm-Q/s1600/img04.gif

ก. อากาศมีแรงดัน ข. อากาศมีน้ำหนัก

ค. ความจุของลูกโป่ง ง. การเคลื่อนที่ของอากาศ

4. จากข้อมูลส่วนประกอบของอากาศแห้งในตาราง แก๊สชนิดใดมีปริมาณมากที่สุด

ส่วนประกอบของอากาศแห้ง	ร้อยละโดยปริมาตร
แก๊สไนโตรเจน (N_2)	78.084
แก๊สออกซิเจน (O_2)	20.946
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	0.033
แก๊สอาร์กอน (Ar)	0.93
แก๊สอื่น ๆ	0.007

ก. ออกซิเจน ข. อาร์กอน

ค. ไนโตรเจน ง. คาร์บอนไดออกไซด์

5. “ รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่ปล่อยออกจากดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงในช่วงอินฟราเรด แสงที่ตามองเห็น และอัลตราไวโอเลต บนโลกแสงอาทิตย์จะถูกกรองผ่านชั้นบรรยากาศโลก และเห็นชัดเป็นแสงสีขาวในเวลากลางวันเมื่อดวงอาทิตย์อยู่เหนือเส้นขอบฟ้า ” จากข้อความดังกล่าวเป็นคำนิยามเชิงปฏิบัติการของข้อใด

ก. รังสีอินฟราเรด ข. รังสีอัลตราไวโอเลต

ค. รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ง. รังสีจากดวงอาทิตย์

6. “ ต้นข้าวทำการตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า วัตถุต่างชนิดกันสามารถดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ได้แตกต่างกัน ” ในการทดลอง ต้นข้าวต้องทำการวัดสิ่งใดจึงจะทำให้ทราบการดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ของวัตถุชนิดต่าง ๆ

ก. อุณหภูมิของวัตถุ ข. ตำแหน่งที่วางวัตถุ

ค. อุณหภูมิของอากาศ ง. ความชื้นในอากาศ

7. เด็กชายป๋อง ทำการทดลองวัดอุณหภูมิของอากาศในเวลาเที่ยงวันโดยสุ่มวัด ณ พื้นที่ในจังหวัดชลบุรี ได้ข้อมูลดังตาราง

บริเวณที่ทำการวัดอุณหภูมิ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
ตำบลศรีราชา	32
ตำบลบ้านบึง	35
ตำบลบ้านสวน	34
ตำบลพนัสนิคม	38

นักเรียนคิดว่าสมมติฐานในการทดลองของเด็กชายป๋องควรจะเป็นไปตามข้อใด

ก. อุณหภูมิของอากาศในแต่ละบริเวณจะมีความแตกต่างกัน

ข. ตำบลพนัสนิคมจะมีอุณหภูมิของอากาศเวลาเที่ยงวันสูงที่สุด

ค. ตำบลศรีราชาอากาศดีกว่าตำบลบ้านบึงและตำบลบ้านสวน

ง. ตำบลศรีราชาจะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดและตำบลพนัสนิคมจะมีอุณหภูมิสูงที่สุด

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 8-9

การทดลองเรื่องอุณหภูมิกับความดันอากาศมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. รินน้ำที่อุณหภูมิปกติประมาณ 50 cm^3 ลงในขวดพลาสติกใสขนาด 500 cm^3 แล้วปิดฝาขวด

2. เขย่าขวดแล้วเทน้ำออกจากขวดให้เร็วที่สุดแล้วรีบปิดฝาขวดให้แน่น สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2 แต่ใช้น้ำอุ่นอุณหภูมิ 60°C-70°C แทน

ได้ผลการทดลองดังนี้

การทดลอง	**ผลการทดลอง**
1. รินน้ำที่อุณหภูมิปกติปิดฝา เขย่าแล้วเทน้ำออกปิดฝา	ขวดน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2. รินน้ำที่อุณหภูมิ 60°C ปิดฝา เขย่าแล้วเทน้ำออกปิดฝา	ขวดน้ำบุบ

8. นักเรียนควรตั้งสมมติฐานการทดลองข้างต้นอย่างไร

ก. บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความดันอากาศต่ำ

ข. บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความดันอากาศสูง

ค. เมื่ออุณหภูมิค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น ความดันของอากาศจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ง. อุณหภูมิมีผลต่อความดันของอากาศ

9. จากสมมติฐานในข้อ 8 ข้อใดคือตัวแปรต้น

ก. ความดันของอากาศ ข. อุณหภูมิของอากาศ

ค. ปริมาณน้ำ ง. ขนาดของขวดน้ำพลาสติก

10. คุณครูต้องการให้จุ๊บแจงได้ฝึกการอ่านค่าความดันอากาศที่ได้จากเครื่องวัดจึงให้จุ๊บแจงนำเครื่องมือวัดความดันอากาศไปวัดความดันอากาศที่บริเวณแตกต่างกันในโรงเรียน 5 จุด จุ๊บแจงควรเลือกเครื่องมือชนิดใดจึงจะเหมาะสมที่สุด

ก. บารอกราฟ ข. บารอมิเตอร์ปรอท

ค. อะนิโมมิเตอร์ ง. แอนิรอยด์บารอมิเตอร์

11. จากข้อมูลในตารางนักเรียนจะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับความดันอากาศได้อย่างไร

ความสูงจากระดับน้ำทะเล (km)	ความดันอากาศ (mmHg)
0	760
2	600
4	470
6	360
8	280

ก. เมื่อความสูงลดลงความดันอากาศจะค่อย ๆ ลดลง

ข. เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นความดันอากาศจะเพิ่มขึ้น

ค. เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นความดันอากาศจะลดลง

ง. ความสูงและความดันของอากาศจะเพิ่มขึ้นและลดลงเท่า ๆ กัน

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 12

นักเรียนทำการทดลองเรื่องการเกิดลมโดย

1. ปั้นดินน้ำมันเป็นก้อนแล้วนำดินสอมาปักบนดินน้ำมันให้หัวดินสอตั้งขึ้น
2. ตัดกระดาษเป็นรูปก้นหอยแล้วนำมาวางบนหัวดินสอ รอให้กระดาษอยู่นิ่ง
3. จุดเทียนแล้วนำมาวางรอบ ๆ 4 ด้าน

ที่มา: https://i.ytimg.com/vi/MVuQFR4xFqs/maxresdefault.jpg

ผลการทดลอง : เมื่อนำเทียนมาวางใกล้ ๆ กระดาษรูปก้นหอยทั้ง 4 มุม กระดาษเกิดการหมุนวนเป็นวงกลมคล้ายการเกิดกระแสลม เมื่อดับเทียนกระดาษรูปก้นหอยหยุดเคลื่อนที่

12. นักเรียนคิดว่าจากการทดลองต้องการตรวจสอบสมมติฐานในข้อใด

ก. ลมเกิดจากอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

ข. อากาศยิ่งร้อนการเคลื่อนที่ของกระแสลมยิ่งเคลื่อนที่เร็ว

ค. ลมเกิดจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำเคลื่อนที่เข้าแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูง

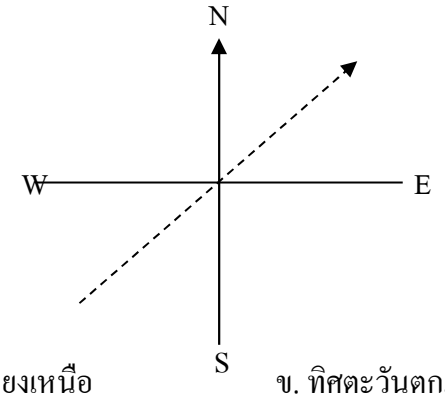
ง. ลมเกิดจากอากาศที่มีความหนาแน่นต่ำเคลื่อนที่เข้าหาอากาศที่มีความหนาแน่นสูง

13. “ ลมแถบบริเวณชายฝั่งที่พัดออกจากฝั่งสู่ทะเลในเวลากลางคืน เกิดขึ้นเนื่องจากในเวลากลางคืนแผ่นดินเย็นกว่าพื้นน้ำ ดังนั้น อากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งร้อนกว่าจะเบาและลอยตัวสูงขึ้น ลมจึงพัดจากแผ่นดินที่เย็นกว่าจากฝั่งไปสู่บริเวณพื้นน้ำที่ร้อนกว่า ” จากข้อความดังกล่าวเป็นคำนิยามเชิงปฏิบัติการของลมชนิดใด

ก. ลมบก ข. ลมทะเล

ค. ลมมรสุม ง. ลมที่เกิดจากอากาศแปรปรวน

14. นักเรียนทำการสังเกตศรลมแล้ววาดรูปได้ดังนี้ ถ้ากระแสลมพัดมาจากทิศที่เป็นด้านเดียวกับลูกศร ดังนั้นจากเส้นประแสดงว่าลมกำลังพัดไปทิศทางใด



ก. ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ข. ทิศตะวันตกเฉียงใต้

ค. ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ง. ทิศตะวันออกเฉียงใต้

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 15-16

“ นักเรียนทำการทดลองตรวจวัดความชื้นของอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ ภายในโรงเรียน โดยใช้กระดาษกรองชุบสารละลายโคบอลต์ (II) คลอไรด์ ซึ่งกระดาษกรองขณะเปียกจะมีสีชมพู ขณะแห้งจะมีสีน้ำเงิน ”

15. จากการทดลองข้างต้นนักเรียนควรตั้งสมมติฐานอย่างไร

ก. กระดาษกรองที่วางไว้ในทุกพื้นที่จะมีสีน้ำเงิน

ข. กระดาษกรองที่วางในพื้นที่ต่าง ๆ จะมีสีที่เหมือนกัน

ค. กระดาษกรองที่วางในพื้นที่ต่าง ๆ จะมีสีแตกต่างกัน

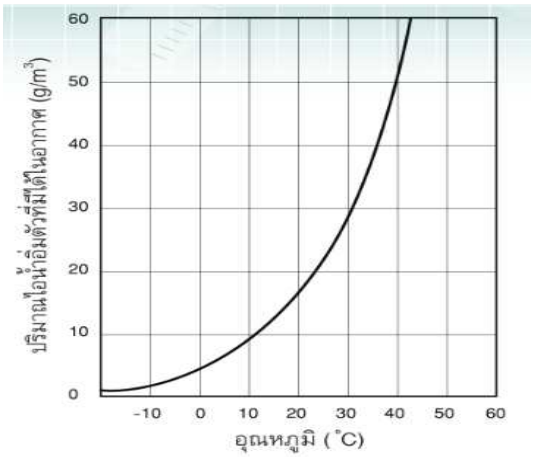
ง. กระดาษกรองที่วางไว้บริเวณที่มีแสงแดดส่องถึงจะมีสีชมพูเข้ม

16. ตัวแปรต้นของการทดลองนี้คือข้อใด

ก. สถานที่ต่าง ๆ ข. กระดาษกรอง

ค. ความชื้นของอากาศ ง. การเปลี่ยนสีของกระดาษกรอง

17. จากกราฟนักเรียนจะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่มีได้ในอากาศกับอุณหภูมิของอากาศได้อย่างไร



ที่มา: http://www.scimath.org/ebook/sci/m1-2/student/

ก. อุณหภูมิอากาศสูง อากาศจะสามารถรับไอน้ำได้ในปริมาณมาก

ข. อุณหภูมิอากาศสูง อากาศจะสามารถรับไอน้ำได้ในปริมาณน้อย

ค. อุณหภูมิอากาศต่ำ อากาศจะสามารถรับไอน้ำได้ในปริมาณมาก

ง. อุณหภูมิอากาศค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นแต่ปริมาณไอน้ำอิ่มตัวค่อย ๆ ลดลง

18. “ เป็นเมฆชั้นต่ำ สีเทา มีลักษณะอ่อนนุ่มคล้ายปุยนุ่น แต่รูปร่างไม่ชัดเจนและนูนออกเป็นสัน เมื่อรวมกันจะเป็นแพคลื่น ส่วนมากไม่มีฝน ” จากข้อความดังกล่าวเป็นคำนิยามเชิงปฏิบัติการของเมฆในข้อใด

ก. นิมโบสเตรตัส ข. สเตรโตคิวมูลัส

ค. อัลโตสเตรตัส ง. ซีร์โรคิวมูลัส

19. เด็กชายโต้งสร้างเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอย่างง่าย เพื่อต้องการทราบว่า “ ขนาดของภาชนะมีผลต่อระดับความสูงของน้ำฝนในภาชนะหรือไม่ ” ข้อใดคือตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการทดลอง

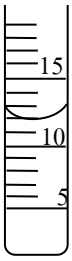
ก. ความสูงของน้ำฝนในภาชนะ , ปริมาตรของภาชนะ

ข. ปริมาตรของภาชนะ , ปริมาณฝนที่ตก

ค. ภาชนะรูปทรงต่าง ๆ , สถานที่ที่ติดตั้งภาชนะ

ง. ปริมาตรของภาชนะ , ความสูงของน้ำฝนในภาชนะ

20. จากปริมาณน้ำฝนในกระบอกตวง ธิดาจะบันทึกค่าปริมาณน้ำฝนได้เท่าใด



ก. ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้เท่ากับ 10 มิลลิเมตร
ข. ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้เท่ากับ 11 มิลลิเมตร
ค. ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้เท่ากับ 12 มิลลิเมตร
ง. ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้เท่ากับ 13 มิลลิเมตร

เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
เรื่องบรรยากาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ
1	ง	11	ค
2	ข	12	ค
3	ข	13	ก
4	ค	14	ข
5	ง	15	ค
6	ก	16	ก
7	ก	17	ก
8	ง	18	ข
9	ข	19	ง
10	ง	20	ค

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องบรรยากาศ

คำชี้แจง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ โดยให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

---

1. “ อุณหภูมิของบรรยากาศชั้นนี้ค่อนข้างจะคงที่หรือสูงขึ้นเล็กน้อยตามความสูงที่เพิ่มขึ้น เป็นชั้นบรรยากาศที่มีความชื้นและผงฝุ่นเล็กน้อย แต่จะมีแก๊สโอโซนในปริมาณมากซึ่งแก๊สนี้จะช่วยดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ไว้บางส่วนเพื่อไม่ให้รังสีอัลตราไวโอเลตลงมาสู่ผิวโลกมากเกินไป ” จากข้อความข้างต้นกล่าวถึงลักษณะสำคัญของบรรยากาศชั้นใด

ก. โทรโพสเฟียร์ ข. สตราโตสเฟียร์
ค. มีโซสเฟียร์ ง. เทอร์โมสเฟียร์

2. “ บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์เป็นชั้นที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มากที่สุด เนื่องจากเป็นชั้นที่มนุษย์อาศัยอยู่ และเป็นชั้นที่เกิดปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศต่าง ๆ โดยมีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน ” ข้อความใดสอดคล้องกับเนื้อเรื่องดังกล่าว

ก. ชั้นบรรยากาศ ข. ประโยชน์ของบรรยากาศ
ค. องค์ประกอบของบรรยากาศ ง. ความสำคัญของชั้นบรรยากาศ

3. จากข้อมูลต่อไปนี้ นักเรียนคิดว่าหลักการของการแบ่งชั้นบรรยากาศคือข้อใด
สมบัติของบรรยากาศทั้ง 4 ชั้นมีดังนี้

ระยะ 0-10 กิโลเมตร	ส่วนผสมของบรรยากาศที่สำคัญคือ ไอน้ำ
ระยะ 10-55 กิโลเมตร	ส่วนผสมของบรรยากาศที่สำคัญคือ โอโซน
ระยะ 80-600 กิโลเมตร	มีไอออน (เกิดจากอะตอมของแก๊สแตกตัวเป็นไอออน)
ระยะ 600 กิโลเมตรขึ้นไป	ความหนาแน่นของอากาศน้อยลง

ก. ระดับความสูงต่างกันชั้นบรรยากาศต่างกัน
ข. ระดับความสูงต่างกันมีอุณหภูมิของอากาศต่างกัน
ค. ระดับความสูงต่างกันมีสมบัติทางอุตุนิยมวิทยาต่างกัน
ง. ระดับความสูงต่างกันมีส่วนผสมของบรรยากาศต่างกัน

4. “ เวลากลางวัน พื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ เพราะดินรับความร้อนได้เร็วกว่าน้ำ ทำให้อากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศเหนือพื้นน้ำ เวลากลางคืนอากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำเพราะดินคลายความร้อน ได้ดีกว่าน้ำทำให้อากาศเหนือพื้นดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศเหนือพื้นน้ำ ” ประเด็นสำคัญที่สุดของเรื่องนี้ได้แก่ข้อใด

ก. พื้นดินและพื้นน้ำ

ข. ช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

ค. ความแตกต่างของสภาพอากาศ

ง. ความแตกต่างของอุณหภูมิในบริเวณต่าง ๆ

5. “ อากาศที่ห่อหุ้มโลกของเราจะช่วยดูดกลืนความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้บางส่วนทำให้โลกมีความอบอุ่น ส่วนในเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงแดดอากาศจะช่วยระบายความร้อนให้โลกเย็นลง ” จากข้อมูลดังกล่าวสัมพันธ์กับข้อใดมากที่สุด

ก. บรรยากาศมีความแปรปรวน

ข. บรรยากาศจะช่วยดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์

ค. บรรยากาศช่วยปรับอุณหภูมิของโลกให้เหมาะสม

ง. บรรยากาศช่วยให้เกิดกระบวนการบางอย่างที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต

6. บ้านนายดินอยู่ชนบทเป็นบ้านสวน มีต้นไม้อยู่รอบ ๆ บ้าน มีอุณหภูมิต่ำหรือมีอากาศเย็นกว่าบ้านนายแดงซึ่งอยู่ในพื้นที่แห้งแล้งกันดาร ที่เป็นเช่นนี้เพราะเหตุใด

ก. ต้นไม้ช่วยให้ร่มเงาและช่วยดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อุณหภูมิจึงต่ำลง

ข. พื้นผิวโลกบริเวณที่แห้งแล้งจะดูดพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ได้น้อยทำให้อากาศร้อน

ค. พื้นผิวโลกบริเวณแห้งแล้งมีการดูดและคายพลังงานจากแสงอาทิตย์ไว้ได้น้อยอากาศบริเวณนั้นจึงร้อนหรือมีอุณหภูมิสูง

ง. ต้นไม้ดูดพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ทำให้ผิวโลกที่เป็นป่าไม้มีอุณหภูมิต่ำกว่าและมีการคายพลังงานความร้อนให้อากาศน้อยกว่าบริเวณแห้งแล้ง

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 7-8

(1) ในปัจจุบันโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากปรากฏการณ์เรือนกระจก เกิดจากการที่มนุษย์ใช้สารต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ทำให้ทุก ๆ ปีอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเรื่อย ๆ (2) ในฤดูร้อนอากาศจะร้อนและแห้งแล้งมาก พืชและสัตว์บางชนิดไม่สามารถปรับตัวและดำรงชีวิตให้อยู่ในสภาพอุณหภูมิสูงได้ (3) อีกทั้งความร้อนยังส่งผลให้น้ำแข็งบริเวณขั้วโลกละลายมากขึ้น ทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และสถานที่บางแห่งที่อยู่ในระดับต่ำก็ถูกน้ำท่วมไปด้วย

พืชบางชนิดเมื่อน้ำทะเลท่วมถึงหากปรับตัวให้ทนต่อความเค็มไม่ได้ก็อาจตายไป (4) นักเรียนจะเห็นได้ว่าลมฟ้าอากาศมีผลต่อการดำรงชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ดังนั้นเราจึงควรช่วยกันดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติให้มีความอุดมสมบูรณ์อยู่เสมอ เพราะสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ (5) หากป่าไม้ถูกทำลายต้นน้ำลำธารก็ถูกทำลายไปด้วย ส่งผลให้สภาพลมฟ้าอากาศแปรปรวน ฝนไม่ตกตามฤดูกาล เกิดความแห้งแล้งหรือเกิดภัยธรรมชาติต่าง ๆ เช่น น้ำป่าไหลหลาก จนเกิดภัยน้ำท่วมบ้านเรือนที่อยู่อาศัย เกิดความเสียหายต่าง ๆ ตามมามากมาย (6) ซึ่งการป้องกันภัยธรรมชาติเหล่านี้ทางที่ดีที่สุดทำได้โดยการดูแลรักษาสภาพแวดล้อมให้มีความอุดมสมบูรณ์และอยู่กับเราตลอดไป

7. จุดมุ่งหมายที่สำคัญของบทความนี้คืออะไร

ก. เพื่อให้ตระหนักถึงผลของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

ข. เพื่อบอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และความสำคัญของสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ

ค. เพื่อให้ทราบว่าโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ และเราควรจะปรับตัวให้สามารถอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นได้

ง. เพื่อให้ทราบผลของลมฟ้าอากาศที่มีต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและรณรงค์ให้ช่วยกันดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ

8. จากข้อความทั้ง 6 ตอนนี้ ข้อความตอนใดเป็นผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก

ก. 1,2,4 ข. 2,3,5

ค. 4,5,6 ง. 2,3,4

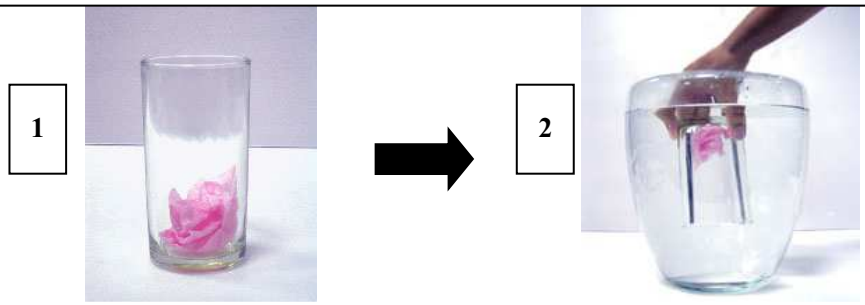
9. “ นายต้น ต้องการศึกษาผลของความสูงจากระดับน้ำทะเลที่มีอุณหภูมิอากาศและความดันอากาศต่างกัน โดยวางแผนจะเดินทางไปเที่ยวยังจุดชมวิวที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,650 เมตร จากนั้นจะขึ้นภูเขาที่สูงจากระดับน้ำทะเล 2,004 เมตร ” เครื่องมือใดที่นายต้นควรใช้ในการเก็บข้อมูล

ก. เทอร์โมมิเตอร์และแอโรเวน ข. เทอร์โมมิเตอร์และบารอมิเตอร์

ค. อะนิโมมิเตอร์และบารอมิเตอร์ ง. อะนิโมมิเตอร์และไซโครมิเตอร์

พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 10

นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำกิจกรรมการทดลอง ดังภาพ



ที่มา: http://2.bp.blogspot.com/-9bhVv-RW5r8/UjSOgAv6KRI/AAAAAAAAAU0/Q8tAhqEmoWE/s1600/220949_10_1.jpg

1. ยึดกระดาษทิชชู่ให้ติดกับก้นแก้วด้านในด้วยเทปใส

2. คว่ำปากแก้วแล้วกดลงในน้ำตรง ๆให้แก้วน้ำทั้งใบจมอยู่ใต้น้ำ (อย่าให้แก้วน้ำเอียง น้ำอาจเข้าไปได้)

3. นับ1-10 แล้วค่อย ๆ ยกแก้วน้ำที่คว่ำอยู่ขึ้นมาตรง ๆ

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อคลี่กระดาษทิชชู่ที่อยู่ในแก้วน้ำออกมาดู กระดาษไม่เปียกน้ำเลย

10. การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ใด

ก. เพื่อศึกษาแรงดันของน้ำ

ข. เพื่อศึกษาความชื้นของอากาศ

ค. เพื่อศึกษาว่ารอบตัวเรามีอากาศและอากาศมีแรงดัน

ง. เพื่อเปรียบเทียบอากาศที่อยู่ภายในแก้วก่อนและหลังจุ่มลงในน้ำ

11. ความดันอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และความดันอากาศ ณ บริเวณต่าง ๆ จะไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ กล่าวคือ “ บริเวณใดที่มีอุณหภูมิสูง ความกดอากาศจะต่ำ ” จากข้อมูลดังกล่าวเป็นหลักการสำคัญของข้อใด

ก. การเคลื่อนที่ของอากาศบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ

ข. อากาศบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงมีมวลน้อยกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำจึงลอยตัวสูงขึ้นทำให้ความดันอากาศต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียง

ค. บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง อากาศจะขยายตัวทำให้ความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศโดยรอบจึงลอยตัวสูงขึ้นทำให้ความดันอากาศบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียง

ง. บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง อากาศจะหดตัวทำให้ความหนาแน่นสูงกว่าอากาศโดยรอบจึงลอยตัวสูงขึ้นทำให้ความดันอากาศบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียง

12. “ ลม” หมายถึง อากาศที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางในแนวราบ เกิดจากการแทนที่ของอากาศ เนื่องจากอากาศในบริเวณที่ร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น ในขณะที่อากาศบริเวณใกล้เคียงที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เมื่อมีการเคลื่อนไหวของอากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความแตกต่างกันของความกดอากาศ โดยอากาศบริเวณที่มีความกดอากาศสูงจะเคลื่อนที่เข้ามายังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ มวลอากาศที่เคลื่อนที่เราเรียกว่า "ลม" จากบทความข้างต้น ข้อใดคือสาเหตุสำคัญของการเกิดลม

ก. การแทนที่ของอากาศ

ข. มวลของอากาศเกิดการเคลื่อนที่

ค. ความกดอากาศสูงและความกดอากาศต่ำ

ง. ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและความกดอากาศ

13. “ เครื่องมือชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยถ้วยกลมครึ่งซีกที่ทำด้วยโลหะเบา 3-4 ใบ หันตามกันติดอยู่ที่ปลายแกนหมุนซึ่งหมุนได้อย่างอิสระ ” จากข้อความดังกล่าวคือลักษณะสำคัญของเครื่องมือใด

ก. อะนิโมมิเตอร์ ข. ศรลม

ค. แอโรเวน ง. ไซครอมิเตอร์

14. จากข้อมูลต่อไปนี้ข้อใดเป็นหลักการที่ใช้ในการเรียกชื่อลม

1. เวลาที่เกิด 2. สถานที่เกิด

3. ทิศที่ลมพัด 4. ความเร็วลม

ก. 1,2 ข. 1,3

ค. 2,3 ง. 2,3,4

15. “ ปริมาณไอน้ำในอากาศซึ่งได้มาจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ การคายน้ำของพืช การหายใจของสิ่งมีชีวิต และกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เมื่อมีไอน้ำในอากาศจะทำให้เกิดไอน้ำไปสัมผัสหรือว่ารวมตัวกับอากาศ และส่งผลให้เปิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ อย่างเช่น เมฆ ฝน น้ำค้าง รวมไปถึงการเกิดลม พายุได้ ” จากข้อความข้างต้นกล่าวถึงสิ่งใด

ก. วัฏจักรของน้ำ ข. ส่วนประกอบของอากาศ

ค. ความชื้นของอากาศ ง. การระเหยของน้ำ

16. “ ลูกน้ำตากผ้าในวันที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 ” ข้อใดสรุปความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง

ก. อากาศสามารถรับไอน้ำได้อีก 5 กรัม อากาศมีไอน้ำน้อย ดังนั้นผ้าจึงแห้งเร็ว

ข. อากาศสามารถรับไอน้ำได้อีก 5 กรัม อากาศมีไอน้ำมาก ดังนั้นผ้าจึงแห้งช้า

ค. อากาศสามารถรับไอน้ำได้อีก 95 กรัม อากาศมีไอน้ำน้อย ดังนั้นผ้าจึงแห้งเร็ว

ง. อากาศสามารถรับไอน้ำได้อีก 95 กรัม อากาศมีไอน้ำมาก ดังนั้นผ้าจึงแห้งช้า

17. “ ในเวลาเช้าและกลางวันจะมีปริมาณไอน้ำในอากาศแตกต่างกัน ” นักเรียนคิดว่าข้อความดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันกับข้อใดต่อไปนี้

ก. อุณหภูมิต่างกันการระเหยของน้ำต่างกัน

ข. ช่วงเช้าจะมีการระเหยของน้ำมากกว่า

ค. ใน 1 วัน ปริมาณไอน้ำในอากาศจะคงที่

ง. ช่วงเวลาต่างกันทำให้ไอน้ำในอากาศต่างกัน

18. “ ถ้านักเรียนตื่นขึ้นมาในตอนเช้าและสังเกตดอกไม้ ใบไม้ อาจจะเห็นว่ามีหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ตามดอกไม้หรือใบไม้นั้น ทั้งที่ไม่มีฝนตกในคืนที่ผ่านมาก็ตามและหยดน้ำเหล่านี้จะค่อย ๆ หายไปเมื่อเริ่มถูกแสงแดด หยดน้ำเหล่านี้ก็คือน้ำค้างนั้นเอง ” จากข้อความข้างต้นน้ำค้างเกิดขึ้นเนื่องจากอะไร

ก. กลางคืนอุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นทำให้ไอน้ำควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำค้าง

ข. กลางคืนอุณหภูมิลดลง อากาศมีไอน้ำอิ่มตัวน้อย ไอน้ำส่วนเกินจึงกลั่นตัวเป็นน้ำค้าง

ค. กลางคืนอุณหภูมิลดลง อากาศเย็น ไอน้ำในอากาศจึงควบแน่นเป็นละอองน้ำค้าง

ง. กลางคืนอุณหภูมิลดลง อากาศมีไอน้ำอิ่มตัวมาก ไอน้ำจึงกลั่นตัวเป็นน้ำค้างได้มาก

19. “ อนุภาคของไอน้ำขนาดต่าง ๆ กันในก้อนเมฆ เมื่อมีขนาดใหญ่ จนไม่สามารถลอยตัวอยู่ในก้อนเมฆได้ก็จะตกมาเป็นฝน ฝนจะตกลงมายังพื้นดินได้นั้นจะต้องมีเมฆเกิดในท้องฟ้าก่อน เมฆมีอยู่หลายชนิด มีเมฆบางชนิดเท่านั้นที่ทำให้มีฝนตก เราทราบแล้วว่าไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นเมฆก็ต่อเมื่อมีอนุภาคกลั่นตัวเล็ก ๆ อยู่เป็นจำนวนมากเพียงพอและไอน้ำจะเกาะตัวบนอนุภาคเหล่านี้รวมกันทำให้เกิดเป็นเมฆ เมฆจะกลั่นตัวเป็นน้ำฝนได้ก็ต้องมีอนุภาคแข็งตัว (Freezing nuclei) หรือเม็ดน้ำขนาดใหญ่ซึ่งจะดึงเม็ดน้ำขนาดเล็กมารวมตัวกันจนเป็นเม็ดฝน สภาวะของน้ำที่ตกลงมาจากท้องฟ้า อาจเป็นลักษณะของฝน ฝนละออง หิมะหรือลูกเห็บ ซึ่งเรารวมเรียกว่าหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ซึ่งจะตกลงมาในลักษณะไหน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศในพื้นที่นั้น ๆ หยาดน้ำฟ้าต้องเกิดจากเมฆ แต่เมื่อมีเมฆไม่จำเป็นต้องมีหยาดน้ำฟ้าเสมอไป ” จากบทความ การเกิดฝนขึ้นอยู่กับสิ่งใดเป็นสำคัญ

ก. ก้อนเมฆ ข. หยาดน้ำฟ้า

ค. ไอน้ำในบรรยากาศ ง. อุณหภูมิของอากาศ

20. “ ถ้าหากนักเรียนมองเห็นเมฆบนท้องฟ้ามีสีเทาดำ เป็นแผ่น ๆ ไม่เป็นระเบียบ อยู่ใกล้พื้นดิน” นักเรียนคิดว่าสถานการณ์ดังกล่าวจะเกิดสิ่งใดตามมา

ก. จะเกิดฝนตก ข. ลมจะพัดแรงมาก

ค. เกิดหมอกจำนวนมาก ง. จะเกิดพายุฝนฟ้าคะนองอย่างหนัก

21. “ เกิดจากไอน้ำในบรรยากาศระดับสูงควบแน่นเป็นละอองน้ำขนาดเล็ก ” จากข้อความข้างต้นเป็นหลักการของข้อใด

ก. การเกิดฝน ข. การเกิดเมฆ

ค. การเกิดหมอก ง. การเกิดน้ำค้าง

เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
เรื่องบรรยากาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ
1	ข	12	ง
2	ง	13	ก
3	ง	14	ง
4	ง	15	ค
5	ค	16	ข
6	ง	17	ก
7	ง	18	ข
8	ข	19	ค
9	ข	20	ก
10	ค	21	ข
11	ค		

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวนิชกานต์ สฤษดิ์ไพศาล
วัน เดือน ปีเกิด	16 ธันวาคม พ.ศ. 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดจันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 47/13 หมู่ 3 ตำบลชากไทย
	อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี 22210
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2558	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
	เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560	การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์)
	มหาวิทยาลัยบูรพา