การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

THE DEVELOPMENT OF PHYSICS FOR TEACHER COURSE TO PROMOTEPEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE EMPHASIZING ON CONSTRUCTINGSCIENCTIFIC EXPLANATION OF A RAJABHAT UNIVERSITY PRE-

วิชชุตา อ้วนศรีเมือง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

วิชชุตา อ้วนศรีเมือง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE DEVELOPMENT OF PHYSICS FOR TEACHER COURSE TO PROMOTEPEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE EMPHASIZING ON CONSTRUCTINGSCIENCTIFIC EXPLANATION OF A RAJABHAT UNIVERSITY PRE-SERVICE SCIENCE TEACHER

WICHUTA AONSEEMUANG

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION

(Science Education)

Science Education Center, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

ของ

วิชชุตา อ้วนศรีเมือง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ
ผู้วิจัย	วิชชุตา อ้วนศรีเมือง
ปริญญา	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ 2) ศึกษาผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อ ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหลังเรียนด้วยหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ ที่พัฒนาขึ้น หลักสูตรฯ ถูกสร้างขึ้นโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา กลุ่มที่ศึกษาคือ นักศึกษาครูชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่ง ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 48 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงโดยเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชา เครื่องมือวิจัย ได้แก่ หลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้น เกณฑ์การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบบันทึกหลังสอน และแบบบันทึกอนุทิน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) หลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 15 แผน โดยนำวิธีการพัฒนา PCK มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้และกลยุทธ์การสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2) นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในภาพรวมอยู่ในระดับดี (M= 3.00, S.D. = 0.87) โดยมีผลคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่มีคะแนนสูงสุดคือ องค์ประกอบด้านความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (M= 3.50, S.D. = 1.069)รองลงมา คือ ด้านความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (M= 3.38, S.D. = 1.061) ด้านความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน (M= 3.25, S.D. = 0.707) ด้านความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (M= 2.50, S.D. = 0.756) และ ด้านความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (M= 2.38, S.D. = 0.744) ตามลำดับ 3) นักศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 4.59, p = 0.000) โดยนักศึกษาแต่ละกลุ่มมีการเขียนแผนการเรียนรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และระดับชั้นของนักเรียนที่ต่างกันและแผนฯ สะท้อน PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน

คำสำคัญ : PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์, นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์, การพัฒนาหลักสูตร

Title	THE DEVELOPMENT OF PHYSICS FOR TEACHER COURSE TO PROMOTEPEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE EMPHASIZING ON CONSTRUCTINGSCIENCTIFIC EXPLANATION OF A RAJABHAT UNIVERSITY PRE-SERVICE SCIENCE TEACHER
Author	WICHUTA AONSEEMUANG
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Chaninan Pruekpramool

The objectives of this research are as follows: (1) to develop a Physics for Teacher's course to promote pedagogical content knowledge emphasizing on constructing of scientific explanations among pre-service science teachers of a Rajabhat University; (2) to study the effects of the course on PCK emphasizing on constructing scientific explanations; and (3) to study the science learning achievement of pre-service science teachers of a Rajabhat University after taking the course. The course was developed using the research and development process. The participants consisted of 48 first year pre-service science teachers in the science program in the Faculty of Education, studying in the second semester of the 2021 academic year and selected by purposive selection. The research instruments included the developed course, rubrics for evaluation, teaching logs, reflective journals, and a learning achievement test. The data were analyzed quantitatively using percentage, mean, standard deviation, a one-sample t-test and qualitatively using content analysis. The results revealed the following: (1) the Physics for Teacher's course was composed of 15 lesson plans, using PCK development methods together with the learning model and strategies emphasizing the construction of scientific explanations as a teaching method; (2) the pre-service science teachers gained a mean score of PCK emphasizing on constructing scientific explanations overall and after learning at a good level (M= 3.00, S.D. = 0.87). They gained the highest mean score in the knowledge of the science curriculum emphasizing on constructing scientific explanations (M= 3.50, S.D. = 1.069), followed by the knowledge of teaching and learning methods emphasizing on constructing scientific explanations (M= 3.38, S.D. = 1.061), knowledge of students and student concepts (M= 3.25, S.D. = 0.707), knowledge of assessment emphasizing on constructing scientific explanation (M= 2.50, S.D. = 0.756) and knowledge of objective for science learning emphasizing on constructing scientific explanations (M= 2.38, S.D. = 0.744) respectively; and (3) the learning achievement mean scores of pre-service science teachers after learning was higher than the criterion score of a .05 statistical significance level (t = 4.59, p = 0.000). Each group wrote a lesson plan on different scientific concepts and level of study. Their lesson plans reflected PCK emphasizing on constructing scienctific explanation differently.

Keyword : PCK emphazing on constructing scienctific explanation, Pre-service science teachers, Course development

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ ในการให้ความช่วยเหลือเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเมตตา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม

ขอบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูณิศรา ลิ้มนนทกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ และตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าและให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่ทำให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและอนุญาตให้ลาศึกษาต่อภายในประเทศ ซึ่งเป็นการส่งเสริมศักยภาพทางด้านวิชาการให้แก่ผู้วิจัยเพื่อผู้วิจัยจะได้นำความรู้ความสามารถที่ได้ไปใช้ต่อยอดในการทำงานและพัฒนาองค์กรต่อไป

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมรุ่น คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ของสาขาวิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ รวมถึงเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้ความสนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมา ทำให้ผู้วิจัยสามารถก้าวผ่านทุกอุปสรรคจนประสบความสำเร็จด้วยความภาคภูมิใจ

วิชชุตา อ้วนศรีเมือง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

คำถามของการวิจัย 5

ความมุ่งหมายของงานวิจัย 6

ความสำคัญของงานวิจัย 6

ขอบเขตงานวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

กรอบแนวคิดในการวิจัย 9

สมมติฐานงานวิจัย 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

1. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ 12

1.1 ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ 12

1.2 องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ 13

1.3 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 15

1.4 การวัดและประเมินผลความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน 17

2. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 22
2.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 22
2.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 23
2.3 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 25
2.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 28
2.5 การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 48
3. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 59
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 63
4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 63
4.2 พฤติกรรมที่แสดงถึงการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 63
4.3 การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 67
5. การพัฒนาหลักสูตร 71
5.1 ความหมายของหลักสูตร 71
5.2 ประเภทของหลักสูตร 72
5.3 ขั้นตอนหรือกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา 77
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 81
ระยะที่ 1 การสำรวจ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ (R1) 82
ระยะที่ 2 การพัฒนาหลักสูตร ฯ (D1) 85
ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร ฯ (R2,D2) 103
ระยะที่ 4 การนำหลักสูตร ฯ ไปใช้จริง (R3, D3) 104
1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา 104
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย 105

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล 105
4. การวิเคราะห์ข้อมูล 105
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 105
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 108
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 151
สรุปผลการวิจัย 151
อภิปรายผล 152
บรรณานุกรม 160
ภาคผนวก 176
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ 177
ภาคผนวก ข ใบรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ 179
ภาคผนวก ค ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ ค่าความสอดคล้อง ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 181
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 195
ประวัติผู้เขียน 206

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตารางการสำรวจการเป็นตัวแทนเนื้อหา 19

ตาราง 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแผน ฯ 20

ตาราง 3 สรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 43

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับเนื้อหา เรื่อง สารและสมบัติของสาร 50

ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง การหายใจและการหายใจระดับเซลล์ 52

ตาราง 6 เกณฑ์การแปลผลความสามารถในการสร้างคำอธิบาย 54

ตาราง 7 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนตามแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้ P-SOP 56

ตาราง 8 แสดงองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 62

ตาราง 8 (ต่อ) 63

ตาราง 9 แนวคิดการปรับปรุงแนวคิดพฤติกรรมด้านพุทธพิสัย 66

ตาราง 10 แสดงโครงสร้างรายวิชา 88

ตาราง 11 โครงสร้างแบบวัด ฯ กลางภาค 100

ตาราง 12 โครงสร้างแบบวัด ฯ ปลายภาค 100

ตาราง 13 เกณฑ์การให้คะแนน 101

ตาราง 14 โครงสร้างหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ 113

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ (n = 8) 122

ตาราง 16 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์กลางภาคเรียนและปลายภาคเรียนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ (n = 48) 150

ตาราง 17 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ 182

ตาราง 18 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ 188

ตาราง 19 ผลการประเมินค่าความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 194

ตาราง 20 ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 202

ตาราง 20 (ต่อ) ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 203

ตาราง 20 (ต่อ) ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 204

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 10
ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างแบบวัด PCK แบบเลือกตอบ 18
ภาพประกอบ 3 ตัวอย่าง แบบสังเกต PCK ของครูวิทยาศาสตร์ 21
ภาพประกอบ 4 รายละเอียดขององค์ประกอบ ข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน 27
ภาพประกอบ 5 รายละเอียดขององค์ประกอบ การให้เหตุผล 27
ภาพประกอบ 6 รายละเอียดขององค์ประกอบ ข้อคัดค้าน 27
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง สารและสมบัติของสาร 49
ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง การหายใจและการหายใจระดับเซลล์ 51
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง การหายใจและการหายใจระดับเซลล์ 53
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง คุณสมบัติของเมล็ดพันธุ์พืช 55
ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง การเคลื่อนที่และการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ 57
ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง สารและสมบัติของสาร 58
ภาพประกอบ 13 องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 61
ภาพประกอบ 14 ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ 82
ภาพประกอบ 15 แบบแผนแบบขั้นตอนเชิงอธิบาย (Explanatory Sequential Design) 104
ภาพประกอบ 16 แนวคิดในการพัฒนาหลักสูตร 110
ภาพประกอบ 17 ผลคะแนนองค์ประกอบขององค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 123
ภาพประกอบ 18 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 1 125
ภาพประกอบ 19 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 1 125
ภาพประกอบ 20 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 1 125

ภาพประกอบ 21 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 1..... 126
ภาพประกอบ 22 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 1..... 127
ภาพประกอบ 23 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 2..... 128
ภาพประกอบ 24 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 2..... 129
ภาพประกอบ 25 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 2..... 129
ภาพประกอบ 26 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 2..... 130
ภาพประกอบ 27 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 2..... 131
ภาพประกอบ 28 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 3..... 132
ภาพประกอบ 29 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 3..... 133
ภาพประกอบ 32 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 4..... 135
ภาพประกอบ 33 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 4..... 136
ภาพประกอบ 34 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 4..... 136
ภาพประกอบ 35 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 4..... 137
ภาพประกอบ 36 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 4..... 137
ภาพประกอบ 37 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 5..... 138
ภาพประกอบ 38 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 5..... 138
ภาพประกอบ 39 แสดงองค์ประกอบที่ 1 และ 4 ของกลุ่มที่ 5..... 139
ภาพประกอบ 40 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 6..... 140
ภาพประกอบ 41 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 6..... 141
ภาพประกอบ 42 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 6..... 142
ภาพประกอบ 43 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 6..... 142
ภาพประกอบ 44 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 6..... 143
ภาพประกอบ 45 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 7..... 143

ภาพประกอบ 46 แสดงองค์ประกอบที่ 1 และ 4 ของกลุ่มที่ 7 144
ภาพประกอบ 47 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 7..... 145
ภาพประกอบ 48 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 7..... 145
ภาพประกอบ 49 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 8..... 146
ภาพประกอบ 50 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 8..... 147
ภาพประกอบ 51 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 8..... 148
ภาพประกอบ 52 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 8..... 149

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมของมนุษย์ที่ใช้กระบวนการต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นตอนเพื่อทำให้เกิดองค์ความรู้ที่จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ การมีส่วนร่วมในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญที่ช่วยให้ทุกคนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (Braaten, & Windschitl, 2011) รวมทั้งพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามการสร้างคำอธิบายถือเป็นเป้าหมายหนึ่งของการเรียนวิทยาศาสตร์ที่มาตรฐานการศึกษาในหลาย ๆ ประเทศให้ความสำคัญ โดย Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD ได้ระบุว่า การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถของบุคคลเกี่ยวกับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งบุคคลนั้นจะต้องใช้ทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจในการระบุคำถาม อธิบายปรากฏการณ์ และสร้างข้อสรุปตามหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถาม และสามารถบรรยายและตีความปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทประจำวัน ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล (OECD, 2006, p.20; 2013, p.107) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดำเนินการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment: PISA) ซึ่งประเมินผลนักเรียนนานาชาติของประเทศสมาชิก OECD มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมความพร้อมด้านการศึกษาให้นักเรียน โดย PISA มีการประเมินสมรรถนะของนักเรียนทุก ๆสามปี ใน 3 สมรรถนะ ที่เรียกว่า Literacy หรือ “ความฉลาดรู้” โดยความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) มีเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการประเมินที่สำคัญ คือ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) ซึ่งเมื่อเมื่อติดตามผลการประเมินการสอบ PISA จากงานวิจัยหลาย ๆ งานที่สะท้อนปัญหาการของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา (Gotwals & Songer, 2012; สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี, 2561) มัธยมศึกษาตอนต้น (McNeill & Krajcik, 2006; กรกนก เลิศเดชาภัทร & ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, 2561) และมัธยมศึกษาตอนปลาย (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ, 2561, น.1744; ตีรณา ชุมแสง, 2560, น.1188; พจีลักษณ์ ขวัญใจ, 2555, น.63; พัณนิดา มีลา, 2560, น.6; ศิรัญญา หิริโอ, 2563, น.5-6) ยังประสบปัญหาในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ขาดการเชื่อมโยงการใช้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (McNeill, Lizotte, & Krajcik, 2005; Sandoval, & Millwood, 2005; Tang, 2016) ไม่เข้าใจลักษณะของข้อมูลที่จะ

นำมาใช้เป็นหลักฐานซึ่งทำให้ไม่สามารถนำหลักฐานมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ (Saxton, & Hoffenberg, 2015, p.2; ฉลองวุฒิ จันทร์หอม, 2553, น.9) รวมถึงกลุ่มนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ (Amelia, Rofiki, Tortop, & Abah, 2020, p.33; Becker, 2014, p.67; Molefe, & Khwanda, 2019, p.216; วันเพ็ญ คำเทศ, 2563, น.56) ที่ยังประสบปัญหาในการให้เหตุผลขาดการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและการใช้หลักฐานซึ่งเป็นอุปสรรคในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา (Yao et al., 2016, pp.2-3) และอาจส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนของตนเองต่อไปในอนาคต

สาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อคะแนน PISA ในประเทศไทย คือ แนวทางการพัฒนาครูของไทยไม่สามารถส่งเสริมศักยภาพของครูได้อย่างแท้จริง (ภัทรมนัส ศรีตระกูล, 2563, น.220) ครูวิทยาศาสตร์ยังขาดทักษะที่ช่วยกระตุ้น ให้นักเรียนนำข้อมูลที่เป็นหลักฐานนำมาสร้างคำอธิบายที่มีการเชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตอบปัญหาที่สงสัย จึงทำให้ครูไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2562, น.42) ปัญหาของครูส่วนหนึ่งเนื่องจากครูวิทยาศาสตร์ขาดความรู้และทักษะในการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ขาดการสำรวจความรู้เดิม ไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับการแก้ปัญหา และที่สำคัญครูยังไม่เข้าในเนื้อหาที่สอนได้ดีพอและไม่สามารถทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เข้ากับชีวิตประจำวันได้ (นันทวัน พัวพัน, 2562, น.2; สิรินภา กิจเกื้อกุล, 2553, น.47) อีกทั้งปัญหาด้านกระบวนการผลิตครูยังส่งผลให้นักศึกษาวิชาชีพครูมีความรู้ความสามารถและความถนัดไม่เพียงพอ มีความลึกซึ้งและแม่นยำในเนื้อหาวิชาที่สอนน้อย ไม่สามารถจูงใจหรือสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ได้ และไม่สามารถแสดงให้เห็นสมรรถนะที่สำคัญของการเป็นครูได้อย่างชัดเจน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562, น. 1) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge: PCK) จึงมีความสำคัญต่อนักศึกษาที่เป็นครูต่อไปในอนาคต ซึ่งถือเป็นหน้าที่สำคัญในการสร้างพลเมืองของชาติให้เป็นคนที่มีความรู้ ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ โดยนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์พึงมีทั้งความรู้ในเนื้อหาพร้อมกับความรู้ในการสอน ตลอดจนสามารถบูรณาการความรู้ดังกล่าวเชื่อมโยงกันจนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนของตนให้ได้รับความรู้อย่างเต็มศักยภาพ ตามที่ Shulman (1987, pp.19-20) ได้เสนอว่า PCK เป็นสิ่งที่มีในตัวครูที่จะสะท้อนความสามารถนำเสนอเนื้อหาหนึ่ง ๆ ด้วยการจัดวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหา และจะช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

PCK เป็นแนวทางหนึ่งที่สำคัญที่ครูจะสามารถจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับวิชาที่สอน (พฤกษ์ โปร่งสำโรง, 2559, น.812; ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ, 2559, น.112) แนวคิดในการพัฒนา

ครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับ PCK เป็นแนวคิดที่ต้องการศึกษากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งในปี ค.ศ. 1986 Shulman (1986, pp.8-9) ได้เสนอแนวคิด PCK ว่าเป็นความสามารถในการสอน ประกอบไปด้วย 1) ความรู้ในการนำเสนอเนื้อหาสาระเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหรือความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งกรอบแนวคิดดังกล่าวได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดทางการศึกษากันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยนักการศึกษาได้ให้นิยามกรอบแนวคิดดังกล่าวไปในทางเดียวกันว่าเป็นกรอบแนวคิดที่อ้างถึงการบูรณาการความรู้ความสามารถใน 2 องค์ประกอบคือ ความรู้ในเนื้อหาและความรู้ในวิธีการสอน เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจว่าจะจัดกระทำหรือนำเสนอหัวข้อที่เฉพาะอย่างไร เพื่อให้นักเรียนที่มีความสนใจและความสามารถแตกต่างกันเข้าใจ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2555, น.4-5) สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์นั้น กรอบแนวคิด PCK ที่เป็นที่ยอมรับโดยส่วนใหญ่ว่าเป็นองค์ประกอบที่ครอบคลุมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีลักษณะเฉพาะกับเนื้อหาและวิธีการสอน ได้ถูกนำเสนอโดย Magnusson, Krajcik, & Borko (1999) และจากการศึกษาองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ พบว่า องค์ประกอบดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในด้านความรู้เกี่ยวกับวิธีการสอน ที่จะทำให้ครูได้เห็นการแสดงความคิดทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงกับการอธิบายปรากฏการณ์ของนักเรียน (Schneider, & Plasman, 2011, p.259; Sperandeo-Mineo, Fazio, & Tarantino, 2006, p.551) นอกจากนั้นยังช่วยสะท้อนสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการศึกษาค้นคว้าหรือสำรวจตรวจสอบ และความสามารถในการพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง (Beyer, & Davis, 2011, p.143) ดังนั้น PCK ของครูมีความสำคัญต่อนักเรียน ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบว่ามีงานวิจัยที่ได้ศึกษาพัฒนา PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน มีเพียงแต่กล่าวถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพียงเท่านั้น

คณะครุศาสตร์เป็นหน่วยงานสำคัญโดยทำหน้าที่ผลิตครูตามมาตรฐานและส่งเสริมให้บัณฑิตมีความพร้อมเหมาะสมกับวิชาชีพครู โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏถือเป็นสถาบันหลักที่มุ่งพัฒนาบัณฑิตครูให้มีสมรรถนะตามมาตรฐานวิชาชีพครูและทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 มีความสามารถในการถ่ายทอดและบ่มเพาะให้เด็กแต่ละช่วงวัยมีคุณลักษณะของคนไทยที่พึงประสงค์ และมีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนในบริบทของโลกที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาครุศาสตร์และสาขาศึกษาศาสตร์ (หลักสูตรสี่ปี) พ.ศ. 2562 ได้ระบุคุณคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของบัณฑิตครูว่าต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการ

จัดการเรียนรู้ มีความสามารถในการจัดเนื้อหาสาระ ออกแบบกิจกรรม วางแผนและจัดการเรียนรู้ มุ่งเน้นให้ความสำคัญกับรายวิชาที่เน้นเนื้อหาและรายวิชาที่เน้นการจัดการเรียนรู้ควบคู่กัน ดังเช่น รายวิชา 5072804 ฟิสิกส์สำหรับครู 2 ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่ผู้วิจัยได้รับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ รายวิชานี้มีจุดมุ่งหมายรายวิชา “เพื่อให้นักศึกษาสามารถศึกษาและปฏิบัติการให้รอบรู้ และนำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านฟิสิกส์เพื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เหมาะสมกับสภาพและบริบทของท้องถิ่น” ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ในสองปีการศึกษาที่ผ่านมา ผู้วิจัยในฐานะเป็นผู้สอนและผู้รับผิดชอบรายวิชา ได้แบ่งการจัดการเรียนรู้เป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ 1) การจัดการเรียนรู้ภาคทฤษฎี มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และการสอน บูรณาการความรู้ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งจัดกิจกรรมรายบุคคลและอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับสถานการณ์ต่าง ๆ และเน้นให้นักศึกษาวิเคราะห์และแก้ไขสถานการณ์ และช่วงที่ 2) การจัดการเรียนรู้ภาคปฏิบัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาฝึกใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เนื้อหาจากช่วงที่ 1 และนำไปฝึกปฏิบัติทดลองสอนกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน ซึ่งผลจากการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา พบว่า นักศึกษาครูนำความรู้ทางฟิสิกส์ในช่วงแรกมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ยังไม่ชัดเจนมากนัก ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากนักศึกษายังมีความเข้าใจเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ที่ไม่ลึกซึ้งเพียงพอ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนถือเป็นสิ่งที่สะท้อนความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาได้อย่างชัดเจน ซึ่งหลายงานวิจัยได้ข้อค้นพบไปในแนวเดียวกันว่า การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ยังพบปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในเนื้อหาต่าง ๆ ได้แก่ พลศาสตร์ (นิภาพร ช่วยธานี, 2554, น.87) แรงและการเคลื่อนที่ โมเมนตัมและพลังงาน (สุกัญญา ทับทิม, 2558, น.384-385) เสียงและการได้ยิน (เอื้ออารี กัลวทานนท์ และสรัญญา ชมฉัยยา, 2558, น.1) และ แสงและทัศนอุปกรณ์ (นิจินันท์ สุริวงษ์, 2563, น.86) ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษามีจุดมุ่งหมายให้นักศึกษาได้มีความรู้จริงในหลักการเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติ (พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์, 2557, น.2) โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักศึกษาวิชาชีพครูในฐานะที่เป็นบุคคลที่จะต้องนำความรู้ไปใช้เพื่อปฏิบัติหน้าที่ครูในอนาคต จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาครูจะต้องได้รับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อนำไปสู่การถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีถูกต้อง นอกจากนี้จากการนำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาส่วนใหญ่เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการสืบค้น ไม่มีการออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แสดงให้ว่าการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จในการส่งเสริมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาและ PCK

สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษาครูได้ดีเท่าที่ควร ประกอบกับการสำรวจการสร้างคำอธิบายโดยมีผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของอาจารย์นิเทศก์มหาวิทยาลัยจำนวน 3 คน ที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และการเป็นอาจารย์นิเทศก์ไม่น้อยกว่า 7-9 ปี และครูพี่เลี้ยงของนักศึกษาชั้นปีที่ 5 ประกอบด้วย ครูพี่เลี้ยงที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และการเป็นครูพี่เลี้ยงไม่น้อยกว่า 7-9 ปี และครูพี่เลี้ยงที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และการเป็นครูพี่เลี้ยงตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป ผลการสัมภาษณ์พบว่า นักศึกษายังประสบปัญหาการใช้หลักฐานที่ไม่เหมาะสมและไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถให้เหตุผลที่ชัดเจนได้ นั่นหมายความว่า การเรียนในวิชาฟิสิกส์ ฯ ที่ผ่านมานั้น ยังไม่สามารถส่งเสริมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ PCK และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ได้ตามความมุ่งหมายของรายวิชา ซึ่งส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูที่ทำให้ไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพเพื่อถ่ายทอดความรู้ไปสู่นักเรียนของตนเองได้

ดังนั้น การส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงน่าจะสามารถแก้ปัญหาทั้งทางด้านความรู้เนื้อหาทางฟิสิกส์และความสามารถในการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ได้ จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 เพื่อส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ ด้วยกระบวนการ (Research and development) โดยหลักสูตรที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นการนำเนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 ผนวกกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหา และจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนให้เห็นถึงองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้หลักสูตรรายวิชาที่ส่งเสริมคุณภาพของนักศึกษาครูได้ตรงตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและเป็นต้นแบบในการพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่ส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ ควรมีลักษณะอย่างไร

2. หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นส่งผลต่อ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ หรือไม่ อย่างไร

3. หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นส่งผลต่อสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

2. เพื่อศึกษาผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหลังเรียนด้วยหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ ที่พัฒนาขึ้น

ความสำคัญของงานวิจัย

ในการวิจัยนี้ทำให้ได้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ เพื่อเป็นแนวทางให้กับครู อาจารย์ หรือผู้ที่สนใจได้นำไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียนของตนเองต่อไป อีกทั้งยังได้พัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ นอกจากนี้หลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นอาจนำไปสู่การปรับเปลี่ยนการเรียนการสอนในรายวิชาในกลุ่มของมหาวิทยาลัยราชภัฏให้สามารถส่งเสริมและผลิดนักศึกษาครูให้มีศักยภาพและเป็นผู้นำด้านการศึกษาของประเทศ

ขอบเขตงานวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักศึกษาครูชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่ง ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 หมู่เรียน รวมทั้งสิ้น 48 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) ซึ่งเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 5072804 ฟิสิกส์สำหรับครู 2

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมPCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยที่กำหนดไว้ในรายวิชา 5072804 ฟิสิกส์สำหรับครู 2 ชั้นปี 1 ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (หมวดวิชาเอกบังคับ) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562 โดยมีเนื้อหาประกอบด้วย เรื่อง การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ความร้อน แสง การเกิดภาพ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน ไฟฟ้ากระแสตรง สนามแม่เหล็ก คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น โมเลกุลและของแข็ง การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ระยะเวลาในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 15 แผน รวม 45 ชั่วโมง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกหลังการสอน แบบบันทึกการเขียนอนุทินของนักศึกษา และข้อมูลการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง การจัดลำดับเนื้อหาในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 ที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างชัดเจน และใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ และสามารถสะท้อนของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

2. PCK **ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง กรอบขององค์ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์พึงมี เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างเพื่อตอบคำถาม ใช้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างสมเหตุสมผล และให้เหตุผลเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ รวมถึงการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดย PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้และเชื่อเกี่ยวกับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ที่จะนำไปสู่การกำหนดบทบาทของตนเองและการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยมีเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ รวมถึงสะท้อนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้เกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์

3. ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้เกี่ยวกับ ความรู้เดิม ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนในเนื้อหาเฉพาะเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจหรือการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อน

4. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้เกี่ยวกับแนวทาง/รูปแบบ และกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI รวมถึงกลยุทธ์ที่ใช้ร่วมกับกับการจัดการเรียนรู้ เช่น กลยุทธ์แบบจำลอง กลยุทธ์ร่วมมือร่วมใจ เป็นต้น เพื่อให้นักศึกษาครูได้เห็นแบบอย่างของการนำแนวทาง รูปแบบ และกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไปใช้

5. ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้เกี่ยววิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และครอบคลุม การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล

3. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์** หมายถึง คะแนนสอบกลางภาคและคะแนนสอบปลายภาคที่เน้นพฤติกรรมด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูหลังเรียนรู้ด้วยหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้น สามารถวัดได้จากแบบวัด

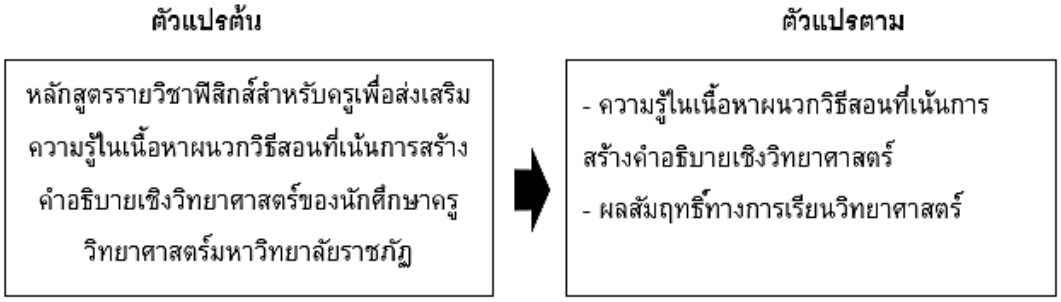
ผลสัมฤทธิ์ทางเรียนวิทยาศาสตร์แบบเขียนตอบ คิดเป็นคะแนนจากการสอบกลางภาคร้อยละ 30 และคะแนนจากการสอบปลายภาคร้อยละ 20

4. **นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์** หมายถึง นักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่ง ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 5072804 ฟิสิกส์สำหรับครู 2

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญต่อนักศึกษาครูในฐานะที่จะต้องปฏิบัติหน้าที่ครูในอนาคต โดยนักศึกษาครูต้องมีความรู้ในเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ตลอดจนรู้จักแนวทางการส่งเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนของตน เพื่อนำไปสู่การถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการที่ครูมี PCK จะช่วยให้ครูได้เห็นการแสดงความเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการอธิบายปรากฏการณ์ของนักเรียนได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น (Sperandeo-Mineo et al., 2006, p.259) การสร้างคำอธิบายดังกล่าวจึงเป็นเสมือนกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นปัญหาเกี่ยวกับแนวคิด และช่วยให้ครูได้มีแนวทางในการพัฒนาส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Schneider, & Plasman, 2011, p.551) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่นักศึกษาครูจะต้องมี PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้เกิดจากผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ (Magnusson et al., 1999) และวิธีการพัฒนา PCK ประกอบด้วย การแสดงบทบาทสมมติ การอภิปรายเกี่ยวกับกรณีตัวอย่าง และการสาธิตการสอน การให้นักศึกษาเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และการเขียนอนุทิน เพื่อช่วยสะท้อนองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และผลการเรียนรู้ของนักศึกษาครู โดยมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งการยกตัวอย่างเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และสะท้อนองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยกรอบแนวคิดในการวิจัยแสดงดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานงานวิจัย

1. นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหลังจากเรียนรู้ด้วยหลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้นมี PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดีขึ้นไป

2. นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนรู้ด้วยหลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 80

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์
    1.1 ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์
    1.2 องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์
    1.3 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน
    1.4 การวัดและประเมินผลความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน
2. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    2.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    2.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    2.3 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    2.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    2.5 การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
3. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.2 พฤติกรรมที่แสดงถึงการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    4.3 การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. การพัฒนาหลักสูตร
    5.1 ความหมายของหลักสูตร
    5.2 ประเภทของหลักสูตร
    5.3 ขั้นตอนหรือกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา

1. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์

ปี ค.ศ. 1986 Shulman (1986, pp.8-9) ได้เสนอแนวคิด PCK ว่าเป็นความรู้สำหรับการสอน ประกอบด้วยความรู้ 2 ส่วน คือ 1) ความรู้ในการนำเสนอเนื้อหาสาระ และ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียน ต่อมาในปี 1987 เขาได้เสนอความรู้ดังกล่าวอีกครั้ง ว่าความรู้พื้นฐานสำคัญสำหรับการสอน ประกอบด้วยความรู้ 7 ประเภท ได้แก่ ความรู้ความรู้ในเนื้อหา (Content knowledge) ความรู้เกี่ยวกับการสอน (General pedagogical knowledge) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร (Curriculum knowledge) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน (Pedagogical content knowledge) ความรู้เกี่ยวผู้เรียนและลักษณะของผู้เรียน (Knowledge of learners and their characteristics) ความรู้เกี่ยวกับบริบททางการศึกษา (Knowledge of educational context) และความรู้เกี่ยวกับเป้าหมายของการศึกษา (Knowledge of education aims) ซึ่งกรอบแนวคิด PCK ได้รับการยอมรับเป็นอย่างมาก และมีนักการศึกษาได้ขยายแนวคิดดังกล่าวไว้มากมาย โดย Geddis (1993) กล่าวว่า PCK ว่าเป็นความรู้ที่มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนรูปเนื้อหาสาระให้อยู่ในรูปที่ผู้เรียนเข้าถึงได้มากขึ้น (Geddis, 1993; อ้างใน เอกสารสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์, 2558, น. 39) จากนั้นแนวคิด PCK ได้ถูกพัฒนาโดยนักการศึกษาได้ให้นิยามกรอบแนวคิดดังกล่าวไปในทางเดียวกันว่าเป็นกรอบที่อ้างถึงความรู้ความสามารถ 2 ส่วน คือ ความรู้ในเนื้อหาและความรู้ในวิธีการสอน ซึ่งเป็นการบูรณาการรวมกันระหว่างความรู้ในเนื้อหากับความรู้วิธีสอนเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจว่าจะจัดกระทำหรือนำเสนอหัวข้อที่เฉพาะอย่างไร เพื่อให้นักเรียนที่มีความสนใจและความสามารถแตกต่างกันเข้าใจ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2555) PCK จึงมีความสำคัญและควรพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวครู ซึ่งครูต้องสามารถใช้วิธีการนำเสนอเนื้อหาที่มีการจัดเรียงให้อยู่ในรูปแบบที่นักเรียนเข้าใจได้มากที่สุด และหากครูสามารถผนวกความรู้เชื่อมโยงกันการเรียนรู้ โดยครูจะรู้ว่าจะใช้วิธีการนำเสนอเนื้อหาอย่างไร รวมถึงมีความเข้าแนวคิดเดิมก่อนเรียนที่สัมพันธ์กับเนื้อหาที่เรียนของนักเรียนของตน (พัดตาวัน นาใจแก้ว และคนอื่นๆ, 2559, น.61) อย่างไรก็ตามเนื้อหาของแต่ละสาขาวิชามีความแตกต่างกันธรรมชาติวิชามีลักษณะที่เฉพาะแตกต่างกันออกไป PCK จึงมีลักษณะเฉพาะกับเนื้อหาวิชาที่สอนและวิธีสอนเนื้อหา สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์นั้นแนวคิด PCK ตามแนวคิดของ Magnusson et al. (1999) ได้เป็นที่ยอมรับว่าเป็นการปรับรูปแบบเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์เพื่อทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่ครูสามารถบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอน เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา หลักสูตร และพื้นฐานความรู้

ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Park, & Oliver, 2008; ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคนอื่นๆ, 2548; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2555)

ดังนั้น สรุปได้ว่า PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ของครูหรือนักศึกษาครูในการบูรณาการวิธีจัดการสอนและการทำความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การปรับเนื้อหาและนำเสนอเนื้อหาที่มีการจัดเรียงรูปแบบที่สามารถทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ โดยคำนึงถึงความแตกต่างของนักเรียน

1.2 องค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์

แนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของ PCK ได้รับการพัฒนามาจากแนวคิดของ Shulman (1986, pp.8-9) โดยได้นิยามองค์ประกอบของ PCK ว่าประกอบด้วยความรู้ด้านเนื้อหาและวิธีการสอนที่ผู้สอนพึงรู้เกี่ยวกับวิธีในการเสนอเนื้อหาสาระเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดความเข้าใจ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียน ในปี ค.ศ. 1986 Shulman (986, pp.8-9) เขาได้เสนอองค์ประกอบดังกล่าว แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ คือ 1) ความรู้ในเนื้อหาสาระ 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร และ 3) ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน จากนั้นในปี ค.ศ. 1987 เขาได้พัฒนาองค์ประกอบอีกครั้งโดยผนวกองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการสอนเข้าด้วยกัน ได้แก่ 1) ความรู้ในการนำเสนอเนื้อหาสาระเพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ และ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหรือความรู้เดิมในหัวข้อที่เรียน ซึ่งแนวคิดดังกล่าว ได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจากนักการศึกษาหลายท่าน โดย ใน ปี ค.ศ. 1990 Grossman (1990, p.8) ได้เสนอองค์ประกอบของ PCK ประกอบด้วย 1) ความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจและแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน 2) ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์การสอนและการนำเสนอตัวแทนเนื้อหา 3) แนวคิดเกี่ยวกับจุดประสงค์การสอนในเนื้อหาเฉพาะ และ 4) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรและวัสดุหรือแหล่งเรียนรู้ และ ในปี ค.ศ. 1999 Magnusson et al. (1999, p.2) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 ประการคือ 1) ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้และการสอนวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ 3) ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน 4) ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์การสอน 5) ความรู้เกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามแนวคิดสำคัญของ Magnusson et al. (1999, p.2) ได้เป็นที่ยอมรับจากนักการศึกษาส่วนใหญ่ว่าองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ (Beyer, & Davis, 2011, p.132; Jing-Jing, 2014, p.422; Mesci, 2016, p.5; Ndlovu, 2017, p.14; Williams, Eames, Hume, & Lockley, 2012,

p.328; ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคนอื่นๆ, 2548; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2555, น.7-8) และถูกนำมาพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการสอนของวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่ครูพึงรู้เกี่ยวกับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากความเข้าใจแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งการที่ครูมีเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้จะส่งผลให้ครูสามารถกำหนดบทบาทของตนเองและตัดสินใจเลือกใช้แนวทางในการจัดการเรียนรู้

2. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่ครูพึงรู้เกี่ยวกับเนื้อหาสาระที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตร ซึ่งครูควรมีความเข้าใจในหลักสูตรแกนกลาง หรือหลักสูตรสถานศึกษา คู่มือครู หนังสือเรียน คู่มือการปฏิบัติการ รวมถึงความรู้เกี่ยวกับการใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับหลักสูตร เนื้อหา และวิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครอบคลุมเป้าหมายของหลักสูตร และเลือกใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ได้อย่างอย่างเหมาะสม

3. ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน หมายถึง สิ่งที่ครูพึงรู้เกี่ยวกับความเข้าใจแนวคิด และแนวคิดคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวกับหัวข้อเฉพาะในเรื่องนั้น ๆ ของนักเรียน รวมถึงความเข้าใจของครูเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ การจัดลำดับเนื้อหาสาระเฉพาะ และพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งช่วยให้ครูได้ทราบความรู้พื้นฐานเพื่อแก้ไขแนวคิดของนักเรียนต่อไป

4. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ หมายถึง สิ่งที่ครูพึงมีเกี่ยวกับกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ และการนำเสนอลำดับเนื้อหาสำหรับการสอนในหัวข้อเฉพาะ ประกอบด้วย 1) กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยทั่วไปซึ่งไม่เฉพาะเจาะจงหัวข้อใดหัวข้อหนึ่ง เช่น กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง และ 2) กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในแต่ละหัวข้อเฉพาะ เช่น การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน การใช้คำถาม การเป็นแบบอย่าง การแสดงบทบาทสมมติ การจัดการชั้นเรียน การสาธิต

5. ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่ครูพึงมีเกี่ยวกับมิติในการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ของครูในการวิเคราะห์การวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนด้านต่าง ๆ เช่น เนื้อหา ทักษะ ความสามารถและเจตคติ ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาสาระและมาตรฐานของหลักสูตร รวมถึงความรู้ของครูเกี่ยวกับแนวทางการประเมินผลลัพธ์

ดังนั้นสรุปได้ว่า PCK เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการปรับเนื้อหาสาระ วิธีสอน และบริบท เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบตามแนวคิดของ Magnusson et al. (1999, p.2) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ 1) ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการสอนของวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ 3) ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน 4) ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์การสอน และ 5) ความรู้เกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.3 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

ผู้วิจัยแบ่งแนวทางการพัฒนา PCK ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ระยะเวลาในการพัฒนา PCK และ 2) วิธีการในการพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 ระยะเวลาในการพัฒนา PCK มีรายละเอียด ดังนี้

1.3.1.1 ระยะเวลา 1 ภาคเรียน เช่น รายวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู โดยใช้ระยะเวลา 14 สัปดาห์ (Aydın et al., 2015, p.40) รายวิชา การจัดการเรียนรู้ โดยเน้นหัวข้อเฉพาะในรายวิชาเคมี หรือฟิสิกส์ (Nilsson, & Loughran, 2012; ดวงจันทร์ แก้วกงพาน, 2563, น. 59)

1.3.1.2 ระยะเวลา 2 ภาคเรียน โดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการในช่วงภาคเรียนฤดูร้อน (Sperandeo-Mineo et al., 2006, pp.242-243) ตลอดจนใช้ระยะเวลาเก็บรวบรวมข้อมูลต่อเนื่องในรายวิชาการจัดการเรียนรู้ (Forbes, 2009, p.43)

1.3.1.3 ระยะเวลา 3 ภาคเรียน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลในรายวิชาการสอน (ศิริพรรณ ศรัทธาผล, 2560, น. 143) หรือ รายวิชาวิธีสอนฟิสิกส์ (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2550) ตลอดจนใช้ระยะเวลาเก็บรวบรวมข้อมูลต่อเนื่องในรายวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู หรือเก็บรวบรวมข้อมูลการสังเกตภาคสนาม 1 ภาคการศึกษา และการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูเต็มรูปอีก 2 ภาคการศึกษา (Beyer, & Davis, 2011, p.134)

1.3.2 วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1.3.2.1 การวิเคราะห์และสรุปเอกสาร (Aydın et al., 2015, p.40; Beyer, & Davis, 2011, p.135; Ndlovu, 2017, p.20; ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคนอื่นๆ, 2548, น. 38) เป็นการมอบหมายให้นักศึกษาได้ศึกษาเอกสาร เช่น การศึกษาวิเคราะห์เป้าหมาย หรือตัวชี้วัด ของหลักสูตรแกนกลาง (ดวงจันทร์ แก้วกงพาน, 2563, น.61) และรายละเอียดอื่น ๆ ของหลักสูตร

1.3.2.2 การแสดงบทบาทสมมติ (Role-play method) เป็นการส่งเสริมให้นักศึกษาครูเข้าใจถึงพฤติกรรมของผู้อื่นที่เข้าไปเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือปัญหานั้น และช่วยส่งเสริมเกิดความเข้าใจในพฤติกรรมและความรู้สึกของนักเรียนของตนเองและช่วยให้มีแนวทางในการปรับพฤติกรรมที่เหมาะสม (สิริวรรณ ศรีพหล และ พันทิพา อุทัยสุข, 2540, น. 105) เช่น การแสดงบทบาทสมมติ (ศิริพรรณ ศรัทธาผล, 2560, น. 142-143)

1.3.2.3 การอภิปรายเกี่ยวกับกรณีตัวอย่าง (Case) (Sperandeo-Mineo et al., 2006; ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคนอื่นๆ, 2548; ศิริพรรณ ศรัทธาผล, 2560) โดยให้นักศึกษาครูได้วิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียน ตลอดจนระบุปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น กรณีตัวอย่างจากวิดีโอ กรณีตัวอย่างจากเอกสาร หรืองานวิจัย

1.3.2.4 การสาธิตการสอน (Demonstration) เป็นวิธีที่ผู้สอนสามารถแสดงหรือกระทำเป็นตัวอย่างพร้อม ๆ กับการอธิบายเพื่อให้นักศึกษาครูได้รับประสบการณ์ตรงในเชิงรูปธรรม ซึ่งนักศึกษาครูจะเกิดการเรียนรู้จากการสังเกตกระบวนการ ขั้นตอนสาธิตนั้น ๆ (อินทิรา บุณยาทร, 2542, น. 87) สามารถสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการสาธิตจัดการเรียนการเรียนรู้ของผู้สอน (Beyer, & Davis, 2011; Forbes, 2009; นฤมล ยุตาคม, 2553) หรือการสะท้อนความคิดต่อสาธิตจัดการเรียนการเรียนรู้ของเพื่อนในชั้นเรียน (Aydın et al., 2015, p.39; ศิริพรรณ ศรัทธาผล, 2560, น.143)

1.3.2.5 การฝึกปฏิบัติการสอนและสะท้อนความคิด (Aydın et al., 2015, p.40; ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคนอื่นๆ, 2548, น.38; นฤมล ยุตาคม, 2559, น.313) เป็นการฝึกบูรณาการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้จากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในบริบทและสถานการณ์จริงในโรงเรียน และสะท้อนความคิดเห็นสิ่งที่ได้เรียนรู้ เช่น การวางแผนการจัดกิจกรรมเรียนรู้ การวิเคราะห์ปัญหา

1.3.2.6 การเขียนและการวิจารณ์แผนการจัดการเรียนรู้ (Aydın et al., 2015, p.40; Beyer, & Davis, 2011, p.137; Forbes, 2009, p.55; ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคนอื่นๆ, 2548, น.38; ดวงจันทร์ แก้วกงพาน, 2563, น.61; ศิริพรรณ ศรัทธาผล, 2560, น.143) เป็นการฝึกให้นักศึกษาครูเขียนแผนเพื่อสะท้อนความสามารถในการประยุกต์ใช้ PCK (Beyer & Davis, 2011, p.140)

1.3.2.7 การเป็นตัวแทนเนื้อหา (Aydın et al., 2015; Ndlovu, 2017; Williams et al., 2012) เป็นฝึกให้นักศึกษาครูนำเสนอเนื้อหาในหัวข้อเฉพาะ ผ่านการตอบคำถามในการเป็นตัวแทนเนื้อหา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความรู้จากการนำเสนอจากหัวข้อเฉพาะ

1.3.2.8 การเขียนอนุทิน (Beyer, & Davis, 2011; ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ, 2559) เป็นวิธีการที่จะช่วยให้นักศึกษาครูได้สังเกตและเกิดการคิดวิเคราะห์ในสิ่งที่ได้เรียนรู้ รวมถึงการแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรมการเรียนการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยสะท้อนแนวคิด PCK รวมถึงปัญหาด้านอื่น ๆ ของนักศึกษาครู

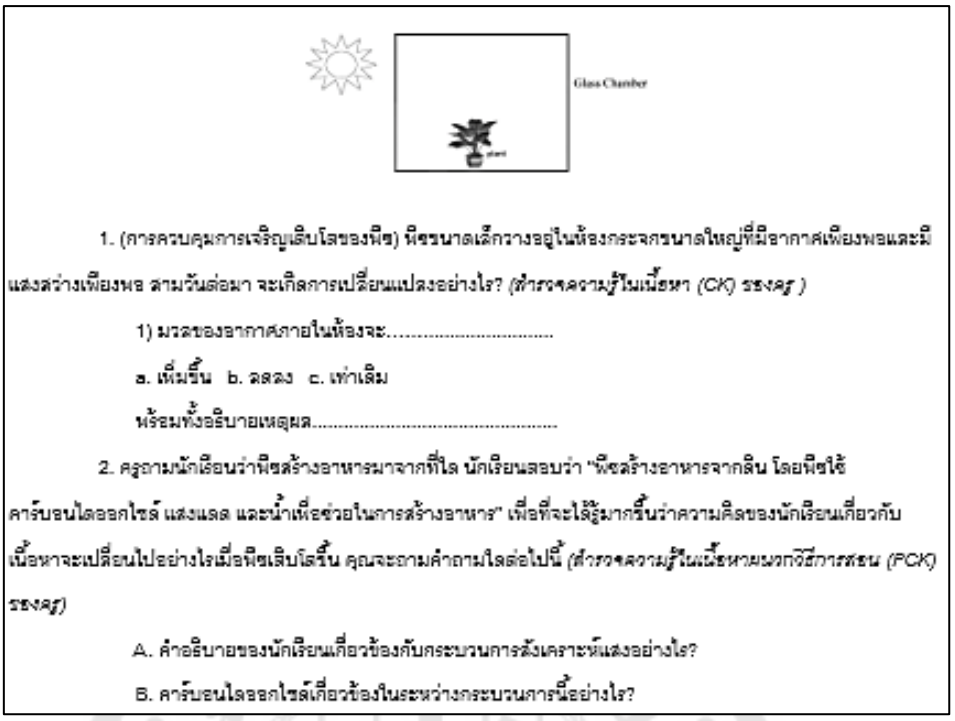
ดังนั้นสรุปได้ว่าระยะเวลาที่ใช้พัฒนา PCK มีระยะเวลาตั้งแต่ 14 สัปดาห์ จนถึง 3 ภาคการศึกษา และมีวิธีการพัฒนาที่มุ่งเน้นเนื้อหา วิชาการสอน และวิชาฝึกประสบการณ์ ฯ การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ โดยจัดกิจกรรมทั้งในห้องเรียน และฝึกปฏิบัติในโรงเรียน ตามความเหมาะสมบริบทและสภาพรายวิชา โดยงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยตะหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาฟิสิกส์ และวิธีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นวิชาเอก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนา PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration) วิธีการแสดงบทบาทสมมติ (Role-play method) และ วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง (Case) มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และใช้วิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ วิธีการสะท้อนคิด และการเขียนอนุทิน ในการสะท้อนองค์ประกอบองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครู เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ในชั้นเรียน บริบทและสภาพรายวิชาและเหมาะสมกับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ยังไม่มีประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้

1.4 การวัดและประเมินผลความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอน

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า นักการศึกษาได้ใช้วิธีการการวัดและประเมินผลและใช้เครื่องมือเครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดและประเมินผล PCK ของนักศึกษาครู มีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 แบบวัด PCK โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) ซึ่งใช้ทำการสำรวจก่อนและหลังการพัฒนา โดยเปิดโอกาสให้นักศึกษาครู ได้เขียนตอบแบบสั้น ๆ เพื่ออธิบายเหตุผลประกอบ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

Jin et al. (2015, p.12) ได้เสนอแบบวัดแบบเลือกตอบเพื่อสำรวจความเข้าใจ PCK ของครูวิทยาศาสตร์ มี โดยมีข้อคำถาม เช่น ข้อคำถามสำรวจความรู้ในเนื้อหา (CK) มีลักษณะเป็นคำถามความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา โดยมีแบบเลือกตอบจำนวน 3 ตัวเลือก และอธิบาย หรือข้อคำถามเป็นสถานการณ์ จำนวน 4 ตัวเลือก ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างแบบวัด PCK แบบเลือกตอบ

ที่มา: Jin et al. (2015, p.12). Developing Learning Progression-Based Teacher Knowledge Measures.

นอกจากนั้น Jin et al. (2015, p.12) ยังได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนคำตอบแบบรูบริกส์ โดยแบ่งระดับคะแนนออกเป็น 3 ระดับคะแนนคือ 4, 3, 2, และ 1 คะแนน โดยผู้วิจัยยกตัวอย่างการให้คะแนน 2 ระดับคะแนน ได้แก่

1 คะแนน เป็นคำตอบที่จะเน้นคุณลักษณะทั่วไป เช่น ครูคนหนึ่งตัดสินใจสอนเพราะเห็นว่า “เป็นการทดลองแล้วได้ผล” ซึ่งคะแนนระดับนี้ไม่ได้เชื่อมต่อองค์ประกอบใด ๆ

2 คะแนน เป็นคำตอบที่แสดงถึงการที่ครูเริ่มพิจารณาเนื้อหาเฉพาะที่คาดหวังให้นักเรียนเข้าใจ แต่ไม่ได้ระบุแนวคิดสำคัญทางวิทยาศาสตร์ เช่น การอธิบายการเจริญเติบโตของพืช แต่มักจะมุ่งเน้นไปที่ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ บางครั้งให้คำอธิบายที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (แสดงให้เห็นความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของครู)

1.4.2 แบบวัด PCK โดยใช้แบบสำรวจการเป็นตัวแทนเนื้อหา (Content Representation Survey) ตัวแทนความคิดเกี่ยวกับเนื้อหา (CoRe) มีลักษณะเป็นตารางสำรวจ

ตัวแทนความเข้าใจเนื้อหาในหัวข้อเฉพาะ (Bertram, & Loughran, 2014) รวมถึงการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหา นักเรียน และการปฏิบัติของครู

Mesci (2016, p.350) ได้เสนอ ตารางวิเคราะห์ PCK โดยใช้ CoRe ตามแนวคิดของ Loughran et al. (2004) ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ตารางการสำรวจการเป็นตัวแทนเนื้อหา

Core	มโนมติที่สำคัญ (Important Science Concept)		
	Idea A	Idea B	Idea C
1. คุณมีเป้าหมายอะไรที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดหรือมโนมตินี้			
2. ทำไมแนวคิดนี้จึงมีความสำคัญจนนักเรียนจำเป็นต้องรู้			
3. มีอะไรอีกบ้างที่คุณรู้เกี่ยวกับแนวคิดนี้ (แต่ไม่ได้มีเป้าหมายให้นักเรียนรู้)			
4. ความยาก / ข้อจำกัด ที่จะเชื่อมโยงแนวคิดนี้สู่การสอน			
5. ความรู้เกี่ยวกับความคิดของนักเรียนที่อาจจะมีอิทธิพลต่อการสอนแนวคิดนี้			
6. ปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจจะมีอิทธิพลต่อการสอนแนวคิดนี้ของคุณ			
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (เน้นการให้เหตุผลสำหรับการสร้างความสนใจที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้สืบเสาะแนวคิดนี้)			
8. วิธีการเฉพาะเพื่อสำรวจให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับแนวคิดนี้			

ที่มา: Mesci (2016) : Preservice Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry: A Successful Case Study. p. 350.

นอกจากนั้น พฤกษ์ โปร่งสำโรง และคนอื่น ๆ (2559) ได้เสนอการประเมิน PCK เกณฑ์การประเมินแผนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยนำมาเสนอเฉพาะส่วนที่เป็นเกณฑ์การประเมิน ฯ ที่สะท้อน PCK ดังตาราง 2

ตาราง 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแผน ฯ

องค์ประกอบ	เกณฑ์การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้
ความรู้ในวิธีการสอน (PK)	PK1: ใช้เทคนิคการเรียนการสอนที่หลากหลายเพื่อรองรับความแตกต่างของนักเรียน
	PK2: ใช้เทคนิคการบริหารจัดการชั้นเรียนเพื่อให้เกิดการเรียนเชิงรุก
	PK3: มีเทคนิคส่งเสริมให้นักเรียนร่วมคิดและร่วมอภิปรายในกลุ่ม
ความรู้ในเนื้อหา (CK)	CK1: เขียนสาระสำคัญหรือความคิดรวบยอดถูกต้อง
	CK2: ตั้งคำถามถูกต้องและสอดคล้องตามเนื้อหา
	CK3: ยกตัวอย่างสถานการณ์/เหตุการณ์/ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับเนื้อหา
	CK4: สรุปความรู้สอดคล้องกับการทดลอง/การสำรวจ
	CK5: ใบความรู้/แบบฝึกมีเนื้อหาถูกต้องและเป็นปัจจุบัน
ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอน (PCK)	PCK1: เขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้ง ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
	PCK2: ออกแบบกิจกรรมเรียนรู้ที่สอดคล้องและครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ระบุไว้
	PCK3: เลือกใช้เทคนิควิธีการสอนได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาที่จะสอน
	PCK4: มีวิธีการในการทบทวน/หาความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่สอน
	PCK5: มีการเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนกับประสบการณ์ใหม่ที่สร้างขึ้น

ที่มา: พฤกษ์ โปร่งสำโรง; ทัศตริน วรรณเกตุศิริ; และ วิทัศน์ ฝักเจริญผล. (2561). เกณฑ์สำหรับการประเมินความเชื่อมั่นและการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนความรู้เนื้อหาผนวกศาสตร์การสอนด้วยการใช้เทคโนโลยีตามแนวคิด Constructionism ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์. น. 865.

1.4.3 แบบสัมภาษณ์ (Interview) แบบมีโครงสร้างและกึ่งโครงสร้าง อาจมีการกำหนดหัวข้อไว้ก่อนแล้วจึงบันทึกข้อมูล และนำไปถอดความและวิเคราะห์ต่อไป โดยทำการสัมภาษณ์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรม (Park, & Oliver, 2008) ดังนั้นแบบสัมภาษณ์ จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้สำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้

1.4.4 แบบสังเกต (Observation) โดยใช้สังเกตในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ของนักศึกษาครู ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอแบบสังเกต PCK ดังนี้

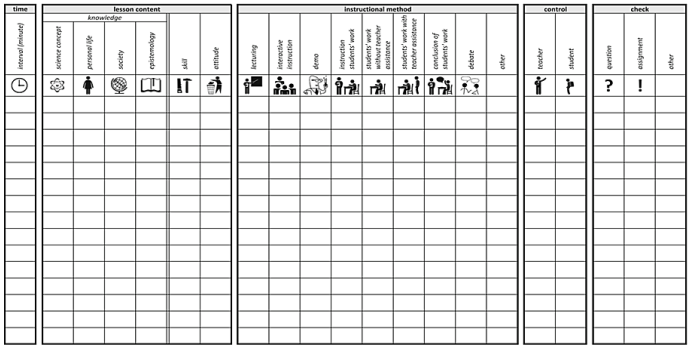
Barendsen and Henze (2019, pp.1170 -1171) ได้เสนอแบบสังเกต มีลักษณะเป็นตารางการสังเกต แบ่งออกเป็นประเด็นในการสังเกตแบบมีส่วนร่วม ดังนี้

1) เนื้อหาในบทเรียน เป็นการสังเกตความรู้เกี่ยวกับบทเรียน หัวข้อของบทเรียน ความเกี่ยวข้องของหัวข้อของบทเรียนกับจุดประสงค์ ประกอบด้วย 1) ส่วนที่เป็นความรู้ความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ 2) ทักษะ และ 3) เจตคติ

2) การจัดการเรียนรู้ เป็นการสังเกตวิธีการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) การบรรยาย 2) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทำกิจกรรม 3) การสาธิต 4) การมอบหมายงาน 5) การสรุปงานของนักเรียน 6) อื่น ๆ

3) การสังเกต โดยสังเกตการตอบคำถามของนักเรียน

4) การตรวจสอบ เป็นวิธีการติดตามผลการเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ ทักษะ หรือทัศนคติ โดยการใช้คำถาม และการมอบหมายงาน ดังตัวอย่างแบบสังเกตในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ตัวอย่าง แบบสังเกต PCK ของครูวิทยาศาสตร์

ที่มา: Jin et al. (2015). Developing Learning Progression-Based Teacher Knowledge. p. 12.

1.4.5 อนุทินสะท้อนความคิด (Reflective journal) เป็นเครื่องมือที่ใช้สังเกตการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักศึกษาครูได้สะท้อนความคิดเกี่ยวกับในระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้ โดย Mesci (2016, pp.365-366) ได้เสนอข้อคำถาม เช่น 1) วันนี้เรียนวิชาอะไร 2) คิดว่าทำอะไรได้ดีในวันนี้? จงยกตัวอย่าง 3) วันนี้เรียนรู้อะไรเกี่ยวกับนักเรียนบ้าง? จงยกตัวอย่าง 4) เรียนรู้อะไรจากสิ่งที่สังเกตวันนี้? และ 5) การสอนเป็นตามแผนหรือไม่?

สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผล PCK ประกอบด้วยเครื่องมือ ดังนี้ 1) แบบวัดความเข้าใจ PCK เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ และเขียนตอบที่มีลักษณะของคำถามสะท้อนความรู้ในเนื้อหาและองค์ประกอบของ PCK โดยมีข้อคำถาม มีภาพประกอบ สถานการณ์ และให้

เลือกตอบพร้อมแสดงเหตุผล มีเกณฑ์การให้คะแนนของคำตอบแต่ละข้อ ซึ่งมีข้อดีคือสามารถวัดความเข้าใจได้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบของ PCK 2) แบบสำรวจการเป็นตัวแทนเนื้อหา เป็นการใช้ตัวแทนความคิดเกี่ยวกับเนื้อหา ในการสำรวจภาพรวมเกี่ยวกับวิธีการกำหนดการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาครูในแนวคิดเนื้อหาวิชาที่จะสอน โดยสะท้อนให้เห็นถึงสิ่งที่นักศึกษาครูจะทำในการสอน และการค้นหาวิธีการที่จะทำให้บรรลุตามเป้าหมาย โดยการวัดและประเมินผล PCK จะใช้การสำรวจการเป็นตัวแทนเนื้อหามีลักษณะเป็นตารางวิเคราะห์ PCK ด้วยตัวแทนความคิดเกี่ยวกับเนื้อหา มีข้อดีคือ จะช่วยสะท้อนความรู้ PCKในหัวข้อเฉพาะและเนื้อหาที่สอนที่มีความเชื่อมโยงกัน ส่งเสริมให้ครูมีวิธีคิดต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพมากที่ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหานั้นได้ถูกต้อง 3) แบบประเมินแผนการสอน โดยมีเกณฑ์การประเมินแผนที่สะท้อนองค์ประกอบของ PCK มีข้อดีคือ จะช่วยสะท้อนองค์ประกอบดังกล่าวในแผนและแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับเนื้อหา และแสดงการวางแผนกับแนวปฏิบัติของนักศึกษาครูได้พร้อม ๆ กัน และ 4) แบบสังเกต ซึ่งจะช่วยสะท้อนทุกองค์ประกอบของ PCK ในระหว่างการทำกิจกรรมการของนักศึกษาครู แต่เนื่องจากการใช้แบบสังเกตต้องใช้เวลามาก ซึ่งผู้สอนต้องเป็นผู้บันทึกแบบสังเกตอาจทำให้ไม่สะดวกและอาจได้ข้อมูลไม่ครบตามที่ต้องการ และ 5) แบบบันทึกอนุทิน เป็นเครื่องมือที่ใช้สำรวจ PCK ซึ่งช่วยสะท้อนความคิดหลังการเรียนรู้ของนักศึกษาครู ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องมือซึ่งประกอบด้วย แบบประเมินแผน เนื่องจากช่วยสะท้อนองค์ประกอบต่าง ๆ ของ PCK จากแผนที่นักศึกษาครูออกแบบเอง และช่วยสะท้อนถึงลักษณะแนวคิดการจัดการเรียนรู้เฉพาะของแต่ละบุคคลได้ และใช้แบบบันทึกอนุทิน เพื่อช่วยสะท้อนความคิดเห็นของนักศึกษาครูได้ อีกทั้งเป็นเครื่องมือวิธีที่มีความเหมาะสมตามบริบทและสภาพรายวิชา

2. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

“คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์” หรือ “Scientific Explanation” หมายถึงคำตอบที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาที่บุคคลจะต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างข้อสรุปตามหลักฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่อบรรยาย ตีความและสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2006, p.20; 2013, p.107) ลักษณะของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นข้อความที่แสดงความหมายหรือ การบรรยายที่เกี่ยวข้องกับบริบททางวิทยาศาสตร์ แสดงถึงความมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือ เชื่อมโยงถึงสาเหตุและความเป็นเหตุเป็นผลของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หรือเป็นคำตอบจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีกล่าวอ้างถึงทฤษฎีที่มาจากการพิสูจน์จากกฎทางวิทยาศาสตร์ (Gilbert, 2006,

pp.193-194) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงตั้งอยู่บนพื้นฐานของเหตุผล ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของหลักฐานและการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับสิ่งที่ได้จากการทดลองหรือการสังเกต (National Research Council, 2000, p.25) การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องอาศัยความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่สอดคล้องตามหลักการแนวคิด ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องเหมาะสม และน่าเชื่อถือ เช่น การตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ว่า “การทำงานของหัวใจมีลักษณะอย่างไร” “ทำไมอากาศจึงร้อนขึ้น” หรือ “ทำไมของแข็งจึงมีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอน” (e.g., how the heart works, why hot air rises, why solid has a fixed shape and volume) บุคคลที่จะสามารถใช้องค์ความรู้พร้อมทั้งความเชี่ยวชาญในเนื้อหามาบรรยายเพื่อตอบคำถามโดยใช้หลักการแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ จึงถือว่าเป็นผู้ที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Tang, 2016, p.1) อย่างไรก็ตามคำอธิบายจะต้องปรากฏองค์ประกอบ ดังนี้ 1) ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นส่วนของข้อสรุปที่ใช้ในการตอบคำถาม 2) หลักฐาน อาจเป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือทดลอง และ 3) การให้เหตุผล เป็นการแสดงความเชื่อมโยงของการใช้หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง และเมื่อคำตอบที่ครบทั้ง 3 องค์ประกอบมาเชื่อมโยงกันจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ทั้งนี้ การสร้างข้อกล่าวอ้างโดยอยู่บนพื้นฐานของการให้เหตุผล มีหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และใช้เหตุผลที่อาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง การสร้างคำอธิบายดังกล่าว จึงเป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกในการบรรยายคำตอบทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถาม เพื่อนำไปสู่การค้นหาหลักฐาน ใช้ข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการให้เหตุผลเชื่อมโยงประจักษ์พยานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ร่วมกับแนวคิด ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้น การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมในการคำตอบที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการระบุข้อกล่าวอ้างเพื่อตอบคำถามและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ มีการใช้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างสมเหตุสมผล และให้เหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ร่วมกับแนวคิด หรือการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์

2.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

บทบาทสำคัญของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ถูกระบุไว้ในเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบการศึกษาระดับชาติของหลาย ๆ ประเทศ โดย National Research Council (1996) ได้ให้

ความสำคัญกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 2 (Grades 5-8) ในด้านการสื่อสารขั้นตอนและประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานที่ได้มากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอคำอธิบาย ส่งผลให้สามารถแก้ไขข้อขัดแย้งและส่งเสริมการโต้แย้งบนหลักฐานเชิงประจักษ์ (National Research Council, 1996, p.27) สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ทำหน้าที่เป็นศูนย์ ดำเนินงานโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) โดยประเมินสมรรถนะของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ประกอบด้วย 3 สมรรถนะ ได้แก่ สมรรถนะทางการอ่าน สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ถูกระบุว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ในด้านการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับประจักษ์พยาน บรรยายหรือตีความปรากฏการณ์ และระบุได้ว่าคำอธิบายใดสมเหตุสมผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น.11) โดยความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต่อนักเรียน ดังนี้

1. พัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Goh, 2016, p.1; Gotwals, & Songer, 2012, p.185; McNeill, & Krajcik, 2008, pp.122-123; Ruiz-Primo et al., 2008, p.4; Zembal-Saul et al., 2013, p.6; เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ, 2561, น.1741)

2. ส่งเสริมการพูด การเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และช่วยให้นักเรียนมีโครงสร้างในการสื่อสารที่มีความชัดเจน (McNeill, & Martin, 2011, p. 53; Reiser, Berland, & Kenyon, 2012, p. 34)

3. นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ที่มีการทำงานร่วมกันโดยมีการพูดคุยถกเถียงแนวคิด ให้ความสำคัญกับหลักฐานและการให้เหตุผลในการสนับสนุน แก้ไขหรือปฏิเสธคำอธิบาย และยอมรับการเปลี่ยนแปลงเมื่อคำอธิบายมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือกว่า และช่วยให้เกิดมุมมองทางวิทยาศาสตร์ ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีการค้นพบ พิสูจน์โดยใช้หลักฐานและเหตุผลที่ถูกต้องและเหมาะสมกว่ามาสนับสนุน และส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา และการให้เหตุผล เนื่องจากนักเรียนต้องวิเคราะห์หลักฐานที่นำมาใช้ โดยเลือกใช้หลักฐานหรือข้อมูลที่มีความถูกต้องและเหมาะสมจึงจำเป็นต้องมีแนวทางในการกำหนดรูปแบบการแก้ปัญหาด้วยตนเอง (Zembal-Saul et al., 2013, pp.7-11)

ดังนั้น สรุปได้ว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญต่อการพัฒนานักเรียน เนื่องจากเป็นตัวชี้วัดหนึ่งของการทดสอบตามมาตรฐานการศึกษาระดับชาติและนานาชาติ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนให้เป็นผู้ที่มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้จากความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้อง พัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจและสนใจในวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล ช่วยในการคิดตัดสินใจและลงข้อสรุปด้วยตนเอง

2.3 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แนวคิดของนักการศึกษาคนสำคัญคือ Toulmin (1958) ซึ่งในปี ค.ศ. 1958 Toulmin (1958) ได้กำหนดรูปแบบการโต้แย้ง หรือที่เรียกว่า Toulmin's Argument Pattern (Toulmin, 2003) ซึ่งมีการนำไปใช้ในบริบททางวิทยาศาสตร์ โดย TAP ใช้สำรวจการใช้เหตุผลของนักเรียนและ การอธิบายโดยใช้หลักฐานสนับสนุนในเนื้อหาบทเรียน เรื่องพันธุศาสตร์ ซึ่งการโต้แย้งตามแนวคิดของ Toulmin (2003, pp.89-95) มีองค์ประกอบสำคัญ 6 ประการ (วรัญญา จีระวิพูลวรรณ, 2563, น.9) คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อความสรุปเพื่อใช้ในการโต้แย้ง หรือ ทำให้เกิดการตัดสินใจ หรือ ข้อสรุป 2) ข้อมูล (Data) เป็นข้อเท็จจริงที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เป็นหลักฐานจำแนก เปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างข้อกล่าวอ้างและข้อมูล 3) หลักฐาน (Warrants) เป็นกฎหรือหลักการที่เป็นเหตุผล แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการศึกษากับข้อกล่าวอ้าง เพื่อสนับสนุนคำตอบให้มีความน่าเชื่อถือ 4) เงื่อนไข (Qualifiers) สภาพการณ์ข้อจำกัดจุดแข็งและจำกัดขอบเขตที่ทำให้ข้อ กล่าวอ้างเป็นจริง 5) สิ่งสนับสนุน (Backing) เป็นการความน่าเชื่อถือของข้อกล่าวอ้าง และ 6) การพิสูจน์หักล้าง (Rebuttals) การพิสูจน์หักล้างเสนอสถานการณ์ที่ข้อกล่าวอ้างเดิม ด้วยการหาหลักฐานและเหตุผลที่น่าเชื่อถือมากกว่า ซึ่งจากกรอบแนวคิดองค์ประกอบการโต้แย้งของ Toulmin (1958) ดังกล่าวจึงเป็นแนวทางให้นักการศึกษาได้พัฒนาเป็นองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ขึ้น โดยในปี ค.ศ. 2005 Kuhn and Reiser (2005, pp.7-8)ได้กล่าวว่า กรอบแนวคิดดังกล่าว เป็นกรอบแนวคิดที่ให้ความสำคัญของหลักฐานและเหตุผล ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเพื่อสนับสนุนคำตอบของตน จากนั้นในปี ค.ศ. 2006 แมคนีลและคนอื่น ๆ (McNeill et al., 2006, p.158) ได้พัฒนาองค์ประกอบของคำอธิบายภายใต้กรอบแนวคิดการอธิบายและการโต้แย้ง โดยกล่าวว่าคำอธิบายควรอ้างถึงว่าเกิดอะไรขึ้นหรือทำไมแทนที่จะระบุเพียงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายปรากฏการณ์โดยพิจารณาว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรหรือเหตุใด รวมถึง

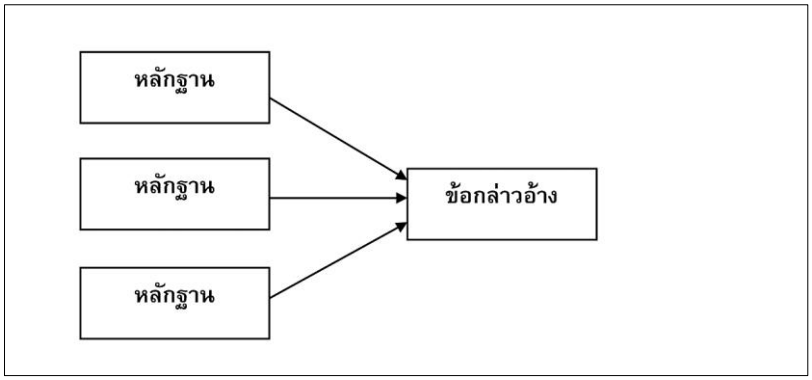
เงื่อนไขและผลของเหตุการณ์ที่สังเกตได้ หรือการยืนยันด้วยเหตุผล อย่างไรก็ตามงานวิจัยของนักการศึกษาคนสำคัญดังกล่าวมีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานที่มี จากนั้นกรอบแนวคิดองค์ประกอบได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ตามกรอบแนวคิดของ McNeill et al. (2006) โดยเริ่มแรกมีการเสนอองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) การให้เหตุผล (Reasoning) และข้อคัดค้าน (Rebuttal) ซึ่งเพิ่มขึ้นมาจาก 3 องค์ประกอบหลัก โดยให้ความหมายของ ข้อคัดค้าน ว่าเป็นการยอมรับและอธิบายคำอธิบายทางเลือกโดยแสดงหลักฐานและการให้เหตุผลที่เหมาะสม ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 Zembal-Saul et al. (2013) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบดังกล่าว ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเสนอองค์ประกอบใหม่ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล และข้อคัดค้าน โดยสององค์ประกอบแรก เหมาะสำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษา หรือทั้งสามองค์ประกอบหมาะสำหรับนักเรียนที่มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญ มีรายละเอียด ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง คือ การบรรยายคำตอบ หรือตอบปัญหาที่สะท้อนให้เห็นถึง ข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน ดังภาพประกอบ 4

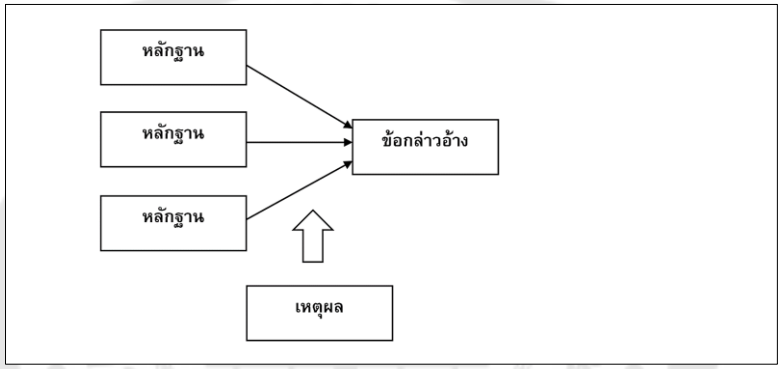
2) หลักฐาน คือ ข้อมูลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ที่ได้มาจากการมีส่วนร่วมในการสำรวจตรวจสอบของการนักเรียนโดยตรง หรือจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัย หรือในหนังสือ

3) การให้เหตุผล เป็นการแสดงให้เห็นว่า คำตอบของนักเรียนสะท้อนถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานและสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง ดังภาพประกอบ 5

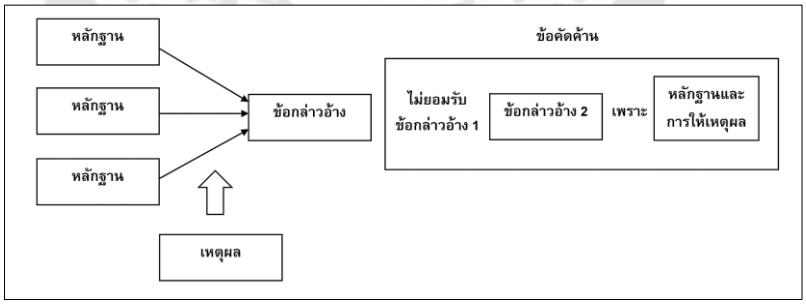
4) ข้อคัดค้าน เป็นการอธิบายถึงข้อกล่าวอ้างทางเลือก และเป็นการกล่าวแย้งหลักฐาน และเหตุผลที่ไม่เหมาะสม ถือเป็นองค์ประกอบเบื้องต้นเพื่อนำไปสู่การแก้ไขหรือปรับปรุงคำอธิบาย ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 4 รายละเอียดขององค์ประกอบ ข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน



ภาพประกอบ 5 รายละเอียดขององค์ประกอบ การให้เหตุผล



ภาพประกอบ 6 รายละเอียดขององค์ประกอบ ข้อคัดค้าน

ที่มา: Zembal-Saul, C., McNeill, K. L., & Hershberger, K. (2013). What's your evidence? Engaging k-5 students in constructing explanations in science. Workshop presented at the annual meeting of the National Science Teachers Association. Indianapolis, IN. p. 24.

การพัฒนาองค์ประกอบดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง ดังเช่น Tang (2015, p. 5-6) และ Tang and Put (2018, p. 300) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบ 3 ประการ คือ การเสนอสมมติฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ (Premise-Reasoning-Outcome; PRO Framework) มีรายระเอียด ดังนี้ 1) การเสนอสมมติฐาน (Premise) คือ หลักการที่ได้รับการยอมรับหรือข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานของคำอธิบาย 2) เหตุผล (Reasoning) คือ ผลที่มาจากการเสนอสมมติฐาน และ 3) ผลลัพธ์ (Outcome) คือ ข้อเท็จจริงที่จะอธิบาย รวมถึง Yao et al. (2016, pp.9 -11) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาตร์ 4 ประการ คือ 1) ปรากฏการณ์ (Phenomenon) เป็นคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่จะอธิบายที่มากกว่าวัตถุประสงค์และความหมายทั่วไปของคำอธิบาย และช่วยในการเริ่มต้นการอธิบายจากการสังเกตของนักเรียน 2) ทฤษฎี (Theory) เป็นการให้นำทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาใช้ร่วมกับคำอธิบาย 3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นพื้นฐานของการอธิบาย และ 4) ข้อมูล (Data) เป็นสิ่งที่เป็นสื่อกลาง โดยลักษณะของข้อมูลเป็นสิ่งที่สังเกตได้และได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ

อย่างไรก็ตามองค์ประกอบตามกรอบแนวคิดของ McNeill et al. (2006) ถือว่าได้รับการยอมรับจากนักการศึกษาส่วนใหญ่ที่มีความชัดเจนและถูกนำมาเพื่อพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีรายละเอียด ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อยืนยันหรือข้อสรุปในการเริ่มต้นตอบคำถาม โดยเป็นการมุ่งเน้นไปที่การตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ศึกษา

2) หลักฐาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งข้อมูลจะต้องมีความเหมาะสมและเพียงพอ และเป็นหลักฐานที่ได้มาจากการมีส่วนร่วมในการสำรวจตรวจสอบ รวมถึงการรวบรวมข้อมูลที่เป็นตัวเลข การสังเกต และข้อเท็จจริงที่ได้จากการอ่านและการอภิปราย

3) การให้เหตุผล หมายถึง การแสดงใช้ข้อมูลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง รวมถึงการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แนวทางการพัฒนามาส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ คือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และพื้นฐานการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีลักษณะครอบคลุมองค์ประกอบ CER นอกจากนั้นองค์ประกอบดังกล่าวยังเป็นกลยุทธ์ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสรุปแนวทางการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1) แนวทางการจัดการเรียนรู้ 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Learning model) และ 3) กลยุทธ์ (Strategy) ที่สอดแทรกร่วมกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ หรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.4.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเป็นการจัดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน (Aflalo, & Gabay. 2013, p.2) จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

2.4.1.1 การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended learning)

การเรียนแบบผสมผสาน เป็นการรวมหรือผสมผสานเทคโนโลยีของเว็บร่วมกันกับการเรียนการสอนในชั้นเรียนแบบเดิม หรือการเรียนที่ประกอบสื่อภาพวีดีทัศน์ การเรียนแบบผสมผสานจึงเป็นการผสมผสานระหว่างการเรียนแบบเผชิญหน้ากับการเรียนแบบออนไลน์เข้าด้วยกัน โดยใช้องค์ประกอบของการเรียนแบบออนไลน์เติมเต็มช่องว่างของการเรียนในห้องเรียน ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ สื่อ หรือวิธีการที่หลากหลายในกระบวนการเรียนการสอน สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการผนวกสื่อกับวิธีการต่าง ๆ ที่หลากหลายเขาด้วยกัน (มหาวิทยาลัยศิลปากร, (มปป), น. 4) นอกจากนั้นการใช้สื่อเป็นเครื่องมือที่พร้อมใช้งานและมีประสิทธิภาพผสมผสานเข้ากับกิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและเกิดความความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับเนื้อหา (Agbo-Egwu, Abah, & Abakpa, 2018, p.122) จากการศึกษาพบว่า งานวิจัยของ Amelia et al.(2020, pp.35-36) ได้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการเสริมต่อการเรียนรู้แบบอีเลิร์นนิ่ง (e-learning) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุ ความเร็วและอัตราเร็ว ในรายวิชา ฟิสิกส์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 4 มีรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1) จัดเตรียมลิงก์ที่ใช้ในกิจกรรม ร่วมกับใช้การเสริมต่อการเรียนรู้แบบอีเลิร์นนิ่ง

2) เสริมต่อการเรียนรู้โดยการแนะนำช่วยเหลือเมื่อนักศึกษาครูเกิดความไม่เข้าใจในปรากฏการณ์

3) จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยนำเสนอเว็บไซต์ YouTube, Ruangguru, และ Quipper เพื่อให้เข้าถึงเนื้อหาในเรื่องที่จะเรียน และในขั้นตอนนี้จะช่วยให้นักศึกษาครูมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและแก้ปัญหาในชั้นเรียนได้

4) อภิปรายเกี่ยวกับ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน ซึ่งนักศึกษาครูจะได้รับแนวคิดที่ถูกต้องจากผู้สอนอีกครั้ง

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีลักษณะสำคัญ ดังนี้ 1) ผู้เรียนเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง และ 2) ส่งเสริมการสื่อสารคำอธิบาย อย่างไรก็ตาม แนวกิจกรรมการเรียนรู้ได้เน้นการสืบค้นหลักฐาน แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าเป็นแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือหรือข้อมูลที่นักศึกษาครูได้มาเกิดจากการสังเคราะห์หรือไม่ ซึ่งอาจมีผลต่อการสร้างคำอธิบายที่เหมาะสม และยังไม่พบว่ามีขั้นตอนการที่ส่งเสริมให้สร้างคำอธิบายดังกล่าวอย่างชัดเจน และผลจากการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าว พบว่า นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปี 4 ที่เรียนเรื่อง การเคลื่อนที่ แรง และพลังงาน ในรายวิชาฟิสิกส์สามารถระบุองค์ประกอบทั้งสองได้อยู่ในระดับดี แต่การให้เหตุผลนั้นอยู่ในระดับปรับปรุง (Amelia et al., 2020, pp.35-36)

2.4.1.2 การจัดการเรียนรู้แบบเอ็กซ์พลิซิท (Explicit instruction)

การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว มีแนวคิมาจากทฤษฎี Constructivism ซึ่งมุ่งเน้นที่กระบวนการสร้างความรู้จากการปฏิบัติ (ฉันทนา นามวงษา, 2558, น.33) โดยเน้นการบูรณาการทั้งทางด้านเนื้อหาสาระ และด้านการศึกษา (สุพิศ ทองมณี, 2556, น.19) โดยงานวิจัยของ Becker (2014, p. 80) ได้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบเอ็กซ์พลิซิทร่วมกับกลยุทธ์แบบจำลองการเสริมต่อการเรียนรู้การโต้แย้ง และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ เรื่อง การหายใจ การสังเคราะห์แสงของเซลล์การแพร่ และออสโมซิส ในรายวิชา ปฏิบัติการชีววิทยา มีขั้นตอน ดังนี้

1) แนะนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ และชี้แจงกรอบแนวคิด CER การโต้แย้ง

2) กิจกรรมปฏิบัติการทดลอง โดยเริ่มจากกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นให้แนวทางการใช้คู่มือปฏิบัติการ และเสนอเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบตามกรอบแนวคิด CER และการโต้แย้งอย่างละเอียด และยังสนับสนุนให้นักศึกษาครูมีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระหว่างทำกิจกรรมการทดลอง

3) เก็บรวบรวมข้อมูล โดยรวบรวมคำอธิบายและข้อโต้แย้งเพื่อนำไปประเมินผลและแนะนำแก้ไข

จัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีลักษณะสำคัญ คือ 1) นักศึกษาครูเข้าใจความแตกต่างระหว่าง CER อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้นจากการแนะนำชี้แจง 2) นักศึกษาครูได้ปฏิบัติการทดลอง 3) นักศึกษาครูมีส่วนในการอภิปรายถึงประเด็นการโต้แย้งในระหว่างการปฏิบัติการทดลองภายในกลุ่ม 4) นักศึกษาครูมีโอกาสในการแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ

ได้รับข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอน อย่างไรก็ตามประเด็นการโต้แย้งเป็นกระบวนการภายในกลุ่ม ซึ่งอาจทำให้นักศึกษาครูอาจไม่เห็นข้อบกพร่องของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองเท่าที่ควร นอกจากนั้นการรอให้ผู้สอนให้ข้อมูลย้อนกลับอาจจะใช้เวลานาน และผลจากงานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบว่านักศึกษาครูสามารถเขียนรายงานผลการทดลองได้อย่างเป็นทางการ และสร้างข้อกล่าวอ้างได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม สามารถเรียนรู้การใช้หลักฐานและให้เหตุที่เหมาะสมได้

2.4.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รูปแบบ ฯ เพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ถูกจัดทำขึ้นอย่างเป็นขั้นตอนและมีจุดมุ่งหมายที่เฉพาะ โดยผ่านกระบวนการออกแบบพัฒนาเพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ (บุญเลี้ยง ทุมทอง, 2556, น.60) โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

2.4.2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry model)

Bybee et al. (2006, p.2) ได้พัฒนารูปแบบดังกล่าว ซึ่งมีพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และพัฒนาการเชาว์ปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) โดยมีแนวทางการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2548, น. 22) โดยมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Bybee et al. (2006 p. 2) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ, 2561, น.1744; ศิรัญญา หิริโอ, 2563, น.5-6) มีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นสำรวจความรู้เดิมเพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและอยากค้นหาคำตอบ โดยผู้สอนจะเป็นผู้กระตุ้นจนสามารถสร้างคำถามในเนื้อหาที่เรียนนั้นได้

2) ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นการปฏิบัติกิจกรรมในประเด็นที่นักเรียนสนใจ จากนั้นมีการทดสอบสมมติฐาน ตลอดจนทดลองเพื่อหาข้อสรุป แล้วเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการอ้างอิง

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการวิเคราะห์และจัดกระทำข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาสรุปและอภิปรายผลการทดลอง ตลอดจนนำเสนอผลที่ได้

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและทักษะของนักเรียน ผ่านประสบการณ์ใหม่โดยการทำกิจกรรมเพิ่มเติม หรือการ

ประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ นิยามคำอธิบาย และทักษะไปสู่สถานการณ์ใหม่ หรือลงข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์อื่น ๆ

5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการวิเคราะห์ความสามารถของนักเรียนซึ่งด้วยกระบวนการที่เหมาะสม ทั้งด้านผลการเรียนรู้และด้านการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้

จากการศึกษารูปแบบดังกล่าว พบว่า มีลักษณะสำคัญ ดังนี้ 1) นักเรียนมีส่วนในการระบุข้อกล่าวอ้างที่เกิดจากการสังเกต หรือเกิดจากปัญหาที่สงสัย 2) นักเรียนเป็นผู้ค้นหาหลักฐานการสำรวจตรวจสอบหรือจากการทดลอง 3) นักเรียนได้ใช้หลักฐานที่ได้จากการสืบค้น อย่างไรก็ตามยังพบข้อจำกัด คือ มีขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเพียงแต่การอธิบายสิ่งที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งอาจจะยังไม่ส่งเสริมให้การวิพากษ์วิจารณ์คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ในรายวิชาฟิสิกส์ (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ, 2561, น. 1744) และ เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ศิรัญญา หิริโอ, 2563, น.5-6) ซึ่งพบว่าในองค์ประกอบการให้เหตุผลมีคะแนนน้อยกว่าทุกองค์ประกอบ (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ, 2561, น. 1744; ศิรัญญา หิริโอ, 2563, น. 5-6)

2.4.2.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry: MBI)

การจัดการเรียนรู้แบบ MBI เน้นให้นักเรียนแสดงความรู้ให้เป็นรูปธรรมเพื่อเป็นสื่อสารสิ่งที่เกิดขึ้นผ่านแบบจำลอง โดยผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการคิดหาแบบจำลองเพื่อมาสร้างคำอธิบาย รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎี Constructivism ซึ่งมีแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญ คือ ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเชิงสังคม จิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด การอุปมาอุปไมยและการเปรียบเทียบ โดยมุ่งเน้นการแสดงเหตุผลและได้สร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (ชาตรี ฝ่ายคำตา, และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557) โดยรูปแบบดังกล่าว มีขั้นตอน ดังนี้

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ได้จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการดังกล่าว ตามแนวคิดของ Braaten and Windschitl (2011, p. 666) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) เลือกแนวคิดและจัดรูปแบบจำลอง 2) นำเสนอแนวคิดเริ่มต้น 3) สำรวจตรวจสอบ และ 4)

อธิบายปรากฏการณ์ นอกจากนั้น พัณนิดา มีลา (2560, น. 6) และ พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์ (2563, น. 347) ได้จัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดของ Windschitl et al. (2008, p. 955-959) ดังนี้

1) ขั้นเตรียมพารามิเตอร์ (Setting the broad parameters) ผู้สอนกำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่นักเรียนให้ความสนใจ

2) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้และอยากรู้ (Organizing what we Know and what we want to know) โดยผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ที่น่าสนใจ โดยใช้คำถามและนำเสนอแบบจำลอง

3) สร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ (Generating testable hypotheses) ผู้สอนตั้งคำถามในการทดลอง และให้นักเรียนสร้างสมมติฐาน โดยกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจลักษณะของสมมติฐานและความสัมพันธ์กับแบบจำลอง

4) ค้นหาหลักฐาน (Seeking evidence) เป็นการสืบค้นหาข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และนำมาเป็นหลักฐานเมื่อถูกนำไปใช้สนับสนุนการโต้แย้งหรือคำอธิบาย โดยผู้สอนใช้คำถามตามลำดับ

5) ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง (Constructing an argument) เป็นการเชื่อมโยงเชิงสาเหตุของข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อกล่าวอ้างรวมถึงข้อความที่แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างอย่างไร

จากการศึกษารูปแบบดังกล่าว พบว่ามีลักษณะสำคัญ คือ 1) ส่งเสริมการสร้างสมมติฐาน และการค้นหาหลักฐาน 2) นักเรียนมีโอกาสพิจารณาความเหมาะสมของหลักฐานจากแบบจำลอง และ 3) ส่งเสริมการสื่อสารคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวเน้นการทดลอง ซึ่งผลจากการทดลองถูกนำมาใช้เป็นหลักฐาน ซึ่งอาจทำให้นักเรียนมุ่งเน้นเพียงการอธิบายผลการทดลองแต่ขาดการเชื่อมโยงการใช้หลักฐาน และยังไม่มีการเปิดโอกาสในการฝึกนำคำอธิบายที่ได้ไปใช้ในบริบทอื่น นอกจากนั้นผลจากการใช้รูปแบบ MBI สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียน เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ในขั้นนำเสนอแนวคิดเริ่มต้น นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานและให้เหตุผลยังไม่มีความสมบูรณ์ (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558, น. 25) รวมถึงนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ในรายวิชาเคมี ซึ่งยังมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่แสดงการใช้เหตุผลได้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากต้องใช้หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนการให้เหตุผล (พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์, 2563, น. 353) นอกจากนั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนเรื่อง รูปร่างและปริมาตรของแก๊ส ในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ยังประสบปัญหาในการเลือกใช้ข้อมูลเพื่อใช้ระบุ

องค์ประกอบของหลักฐาน จึงทำให้การพัฒนาไปถึงระดับการให้เหตุผลเป็นเรื่องยาก (พัณนิดา มีลา, 2560, น. 6)

2.4.2.3 รูปแบบการเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry: ADI)

รูปแบบดังกล่าวมีแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยมีพื้นฐานแนวคิดมาจากทฤษฎี constructivism และแนวคิดทฤษฎี Social Constructivism มีเป้าหมายสำคัญเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้เสมือนจริง (Walker et al., 2011, p. 20) โดยกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้เกิดกระบวนการสนทนากลุ่มคนที่แสดงการโต้แย้งกับกลุ่มที่ตรงข้ามความคิด (Khun, & Udell, 2003, p. 145) เป็นกิจกรรมทางสังคมที่บุคคลพยายามอธิบายความรู้โดยใช้เหตุผล ทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์มาเขียนหรือพูดคุยโดยเน้นการใช้หลักฐานมาเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้าง (Aleixandre, & Erduran, 2007, p. 3; Khun, 2009, p. 821) ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีนักการศึกษาได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมาใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่เนื้อหาเรื่องกระบวนการไหลเวียนของเลือดคน ในรายวิชาชีววิทยา 2 (สันติชัย อนุวรชัย, 2553, น. 10) และ เรื่อง แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา ในรายวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมปลาย (ณัฐวรรณ ศิริธร, 2562, น. 15) และเนื้อหาเรื่อง ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุและสภาพการเคลื่อนที่ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (อารยา แจ่มใส, 2557, น. 31) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

สันติชัย อนุวรชัย (2553, น. 10) อารยา แจ่มใส (2557, น. 31) และ ณัฐวรรณ ศิริธร (2562, น. 15) ได้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Sampson et al (2009, p. 43) มีรายละเอียดดังนี้

1) การกำหนดภาระงาน (Identification of the task) คือ การกำหนดงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา

2) การสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล (Generation and Analysis of data) เป็นการกำหนกลุ่มการทำงานที่มีสมาชิก 3-4 คน เพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว

3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Production of a tentative argumentation) โดยให้นักเรียนนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ แล้วนำมาเขียนอธิบายโดยสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ CER

4) กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation session) เป็นการกำหนดกลุ่มโต้แย้งทั้งห้องเรียน โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงข้อโต้แย้งจากปรากฏการณ์ศึกษา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ผู้สอนระบุประเด็นของการโต้แย้ง 2) ผู้สอนชี้แจงนิยามของการโต้แย้ง 3) นักเรียนนำเสนอข้อโต้แย้ง 4) นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ แสดงความคิดเห็นด้วยโดยข้อโต้แย้งพร้อมให้เหตุผลประกอบ

5) การเขียนรายงานผลการสืบค้น (Write up investigation report) เป็นการรายงานผลสำรวจของนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียด เช่น จุดประสงค์ วิธีการสำรวจตรวจสอบพร้อมให้เหตุผลประกอบ และเขียนคำอธิบาย

6) การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind peer review) เป็นการประเมินการเขียนรายงาน โดยมีการกำหนดแนวทางการประเมินและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

7) การปรับปรุงรายงาน (Revision of the Report) เป็นการนำผลการตรวจสอบเพื่อแก้ไขรายงานตามคำแนะนำของเพื่อน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI มีลักษณะสำคัญ คือ 1) นักเรียนมีส่วนร่วมค้นหาหลักฐานการสำรวจตรวจสอบ 2) นักเรียนมีส่วนในขั้นตอนการฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ถึง 2 ครั้ง คือขั้นข้อโต้แย้งชั่วคราวและขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สะท้อนทั้ง 3 องค์ประกอบของ CER และ 3) นักเรียนมีการอภิปรายถึงประเด็นการโต้แย้งซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนข้อบกพร่องของคำอธิบาย ฯ ของตนเองและได้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอน อย่างไรก็ตามก็ยังพบว่าในหลักฐานที่ปรากฏในคำอธิบายยังไม่พบความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง (Sandoval, & Millwood, 2005) นอกจากนั้นแล้วผู้สอนตะหนักถึงการใช้การโต้แย้งเพื่อปกป้องคำอธิบายของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนอาจไม่ให้ความสำคัญกับหลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้หลักการ แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มาจากความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมมากกว่าการคำนึงถึงหลักฐานที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งอาจจะส่งผลถึงการสร้างคำอธิบาย นอกจากนั้นเป้าหมายของการโต้แย้งของอาจจะเปลี่ยนเป็นการปกป้องคำอธิบายกับคำวิจารณ์มากกว่าใช้ในการปกป้องการสร้างคำอธิบาย (Berland, & Reiser, 2007, pp. 27-28) และผลจากการศึกษารูปแบบดังกล่าว พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนเรื่อง กระบวนการไหลเวียนของเลือดคน ในรายวิชาชีววิทยา 2 (สันติชัย อนุวรชัย, 2553, น. 10) และเรื่อง แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา ในรายวิชาฟิสิกส์ (ณัฐวรรณ ศิริธร, 2562, น. 15) ส่วนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่เรียนเรื่อง ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุและสภาพการเคลื่อนที่ ใน

รายวิชาวิทยาศาสตร์ (อารยา แจ่มใส, 2557, น. 31) พบว่า องค์ประกอบการให้เหตุผลยังมีคะแนนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอีกทั้งสององค์ประกอบ

2.4.2.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้อัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง (Instructional inquiry model of Alberta learning)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว มีแนวคิดมาจากทฤษฎี Constructivism ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ มีการบูรณาการการรู้คิด (Metacognition) ในทุกขั้นตอนของกิจกรรมเรียนรู้และส่งเสริมการสะท้อนคิดของตนเองในระหว่างปฏิบัติกิจกรรม รวมถึงการทบทวนกระบวนการคิดและกระบวนการปฏิบัติงานของตนเอง (อุรชา แสงทอง, 2560, น. 350; ยุทธพันธ์ พงษ์ไพร, 2561, น. 61) โดยงานวิจัยของ พจีลักษณ์ ขวัญใจ (2555, น. 63) กล่าวว่า ขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) การวางแผน (Planning phase) เป็นการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของนักเรียน โดยผู้สอนกระตุ้นความสงสัยด้วยปัญหา และเปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งคำถามที่ใช้ในการสำรวจเพื่อหาคำตอบ จากนั้นกำหนดวิธีการหาข้อมูลและวิธีการนำเสนอ พร้อมทั้งเสนอเกณฑ์ในการประเมินผลงานด้วยตนเอง

2) การทบทวน (Retrieving phase) ขั้นนี้ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิม และความรู้เพิ่มเติมตามประเด็นที่สนใจ โดยผู้สอนให้คำแนะนำเกี่ยวกับคัดเลือกข้อมูล

3) กระบวนการ (Processing phase) ขั้นนี้เป็นการให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน เพื่อกำหนดหัวข้อสำคัญในการสืบค้นและวางแผน จากนั้นลงมือปฏิบัติ

4) การสร้าง (Creating phase) ขั้นนี้เป็นการนำข้อมูลมาจัดกระทำพร้อมทั้งสรุปองค์ความรู้

5) การแลกเปลี่ยน (Sharing phase) เป็นการนำเสนอความรู้ที่ค้นพบ และใช้หลักฐานมาสนับสนุน โดยที่ผู้สอนให้คำแนะนำในการเลือกวิธีการเสนอ

6) การประเมินผล (Evaluating phase) เป็นขั้นสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยการมีส่วนร่วมในการประเมินกระบวนการทำงาน และผลงาน โดยผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถาม เพื่อทำความเข้าใจถึงเกณฑ์ประเมิน เพื่อพิจารณาการทำงานของนักเรียนและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในแต่ละขั้นตอน

7) การสะท้อนกระบวนการ (Reflecting on the process) เป็นการบูรณาการทุกขั้นตอนการเรียนรู้ รวมทั้งการเชื่อมโยงการรู้คิด (Metacognition) เข้ากับผลการเรียนรู้ด้านเจตคติและความรู้

จากการศึกษาพบว่า ยังไม่มีการนำรูปแบบดังกล่าวมาใช้ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายมากนัก และผลจาการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่เรียนเรื่อง ระบบนิเวศ และทรัพยากรธรรมชาติ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ มีคะแนนองค์ประกอบการให้เหตุผลยังมีคะแนนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอีกทั้งสององค์ประกอบ (พจีลักษณ์ ขวัญใจ, 2555, น. 63)

2.4.2.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction model)

การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ที่พัฒนามาจากวัฏจักรการเรียนรู้ 5E (BSCS, 2006) ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (Engage, Investigate, Model, Apply) มีลักษณะสำคัญ คือ ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอแนวคิด สื่อสารความเข้าใจให้กับคนอื่นได้ (Schwarz, & Gwekwerere, 2007; สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี, 2561; สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง, 2553, น.74-75) โดยรูปแบบดังกล่าวตามแนวคิดของ Schwarz and Gwekwerere (2006, p. 160) มีดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อระบุปัญหา

2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) เป็นการดำเนินการค้นหาข้อมูล

3) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Model) เป็นการวางแผนเพื่อสร้างคำอธิบาย

4) ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) เป็นการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม

รูปแบบ EIMA มีลักษณะสำคัญ คือ ช่วยส่งเสริมกระบวนการสืบค้นหาความรู้และผลจากการใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนเรื่อง บรรยากาศ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ มีการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น แต่ยังแสดงกระบวนการสร้างแบบจำลองไม่ชัดเจน (สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง, 2553, น.74-75)

2.4.2.6 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (Context-Based Learning: CBL)

รูปแบบ CBL มีรากฐานมาจากทฤษฎี Constructivism มีเป้าหมายสำคัญ คือ 1) เพื่อสร้างแรงจูงใจและเจตคติที่ดี 2) ส่งเสริมแนวคิดวิทยาศาสตร์ และ 3) ส่งเสริมการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Bennett, & Holman, 2003) นอกจากนั้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเน้นการเรียนรู้เนื้อหาเข้ากับสถานการณ์ที่เหมาะสม ส่งเสริมการเชื่อมโยงเนื้อหารายวิชาเข้ากับบริบทที่เกิดในชีวิตประจำวัน (Gilbert, 2006; Potter, & Oven, 2014; p. 196; ศุภกร สุขยิ่ง, 2560, น. 33) โดยมีนักการศึกษาได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว (วิสาข์ รักงาม, 2562, น. 56; ตีรณา ชุมแสง, 2562, น. 1188) ตามแนวคิดของ Gilbert, 2006 (pp. 960-962) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดสถานการณ์ (Setting focal event) เป็นการกำหนดปัญหาและศึกษาแนวทางแก้ไข

2) การศึกษาภาระงาน (Learning task) เป็นขั้นตอนที่ต้องลงมือค้นคว้าปฏิบัติงานเพื่อแก้ไขปัญหา

3) การเรียนรู้แนวคิดสำคัญ (Learning key concept) เป็นการอภิปรายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

4) การประยุกต์ใช้แนวคิดไปสู่บริบทอื่นที่เกี่ยวข้อง (Applied concept) เป็นการนำแนวคิดสำคัญที่ผ่านการอภิปรายแล้วไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น

รูปแบบดังกล่าว มีลักษณะสำคัญ คือ นักเรียนใช้หลักฐานและเหตุผลในบริบทที่มีความแตกต่างกันจากการเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แต่ไม่พบว่ามีการส่งเสริม CER ในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างชัดเจน และผลจากการใช้รูปแบบดังกล่าว ทำให้ทราบพัฒนาการของนักเรียน ซึ่งพบในด้านหลักฐานมากที่สุดและคะแนนข้อกล่าวอ้างมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์น้อยที่สุด เนื่องมาจากนักเรียนยังตอบคำถามไม่ตรงประเด็น และไม่ถูกต้องตามหลักแนวคิดสำคัญ (วันวิสาข์ รักงาม, 2562, น. 56) และนักเรียนมีความสับสนระหว่างองค์ประกอบ ทำให้การให้เหตุผลยังมีคะแนนน้อย (ตีรณา ชุมแสง, 2562, น. 1188)

นอกจากนั้น McNeil et al. (2006, p. 168) ได้นำรูปแบบ ฯ ร่วมกับ กลยุทธ์แบบจำลอง กลยุทธ์รเสริมต่อการเรียนรู้แบบลดบทบาท และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งพบว่า การผนวกความรู้ด้านเนื้อหาและบริบทจะส่งเสริมให้นักเรียน

สามารถเลือกใช้ข้อมูลที่เป็นหลักฐาน และความเข้าใจในบริบทจะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลในการช่วยเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง อย่างไรก็ตามคะแนนองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลน้อยกว่าทุกองค์ประกอบ

2.4.3 กลยุทธ์ที่สอดแทรกร่วมกับแนวทางหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้

การนำกลยุทธ์มาส่งเสริมการเรียนรู้ โดยมีแนวทางขึ้นอยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหา ซึ่งมีนักการศึกษาได้นำกลยุทธ์มาสอดแทรกร่วมแนวทางหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.4.3.1 กลยุทธ์กรอบแนวคิด CER เป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบาย ที่ใช้ส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ ตลอดจนพัฒนาการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Alle, & Roger, 2015; Zembal et al., 2013) กลยุทธ์ CER จึงถูกนำมาใช้เพื่อสะท้อนการสร้างคำอธิบายอย่างสมบูรณ์ของนักเรียน (ณัฐิดา พรหมยอด, 2562, น. 12) นอกจากนั้นยังพบว่า นักการศึกษาส่วนใหญ่ได้ใช้กลยุทธ์ CER โดยกำหนดเป็นกรอบแนวคิดในภาระงานในระหว่างเรียน รวมถึงการประเมินก่อนเรียน และหลังเรียน และมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน นอกจากนั้นการใช้กลยุทธ์ CER ยังรวมถึงการใช้ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งกลยุทธ์ดังกล่าว ถูกพัฒนาขึ้นให้เป็นองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeil et al. (2006) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้สอดแทรกร่วมกับแนวทาง/รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบตามกรอบแนวคิด CER

2.4.3.2 กลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) เป็นกลยุทธ์ที่ช่วยเหลือสนับสนุนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบเพื่อให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ได้สำเร็จและเมื่อนักเรียนทำได้ด้วยตนเองแล้วก็จะหยุดการช่วยเหลือลง (สมเจตน์ พันธ์พรม, 2559) กลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ มีอยู่หลายประเภท เช่น การเป็นตัวแบบ (Modeling) การคิดออกเสียง (Think aloud) การใช้คำถาม (Question) การให้การชี้แนะ (Prompts) (Eggen, & Kauchak., 1998, p. 57) กลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ แบบลดบทบาท (Faded scaffold) การอธิบาย การทำให้ดูเป็นตัวอย่าง การให้เอกสารแนะนำการให้ขอบเขตของเนื้อหา การบอกแหล่งเรียนรู้ การให้คำปรึกษา เป็นต้น (สมจิต จันทร์ฉาย, 2557, น. 220) จากการศึกษาการใช้กลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ พบว่ามีนักการศึกษาได้นำมาใช้กลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้แบบลดบทบาท (McNeil et al., 2006; Gotwals, & Songer., 2012) ร่วมกับกลยุทธ์ CER พบว่า กลยุทธ์ดังกล่าว จะช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลของนักเรียนในระดับที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการให้คำแนะนำในการระบุ

องค์ประกอบของคำอธิบาย แต่เมื่อเริ่มลดบทบาทของการให้คำแนะนำลง เหลือเพียงให้นักเรียนได้เขียนคำอธิบายตามองค์ประกอบเอง จะทำให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงหลักฐานที่จะนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง จึงเป็นการส่งเสริมการให้เหตุผลได้

2.4.3.3 กลยุทธ์กรอบแนวคิด การเสนอสมมติฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ (Premise-Reasoning-Outcome; PRO Framework) ถูกพัฒนาขึ้นให้เป็นองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ Tang (2015) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ การเสนอสมมติฐาน เหตุผล และ ผลลัพธ์ (PRO) เป็นกลยุทธ์ที่มุ่งเน้นการอธิบายสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น โดยให้ความสำคัญกับการใช้ข้อเท็จจริง ทฤษฎี แนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยนักการศึกษาได้นำมาใช้กลยุทธ์ดังกล่าว เพื่อช่วยในการระบุแนวคิด คำศัพท์ที่สำคัญ และสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Tang, 2015,Tang, & Putra, 2018) แต่พบว่ายังขาดการส่งเสริมกระบวนสำรวจตรวจสอบที่จะช่วยในการค้นพบหลักฐานเชิงประจักษ์ด้วยตนเอง

2.4.3.4 กลยุทธ์ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict – Observe – Explain; POE) เป็นกลยุทธ์การสอนที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Gunstone and White (1981) ส่งเสริมการแสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (พิริยา พงษ์ภักดิ์. 2556: 77) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การทำนาย (Prediction) โดยผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดจากปรากฏการณ์ การสังเกต (Observation) ปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันแล้วสังเกตปรากฏกาณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และอธิบาย (Explanation) โดยผู้สอนนำเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ทำนายกับสิ่งที่สังเกตได้ โดยกลยุทธ์ POE ถูกนำมาใช้ในรูปแบบ 5E ในขั้นสร้างความสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ระบุองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง หรือทำนายคำตอบของปรากฏการณ์ (Tang, & Putra, 2018, p. 7) และนอกจากนั้น ยังพบว่า กฤติกร สภาสันติกุล (2558: 28) ได้ใช้กลยุทธ์ POE ที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Haysom and Bowen (2010) ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ 2) การนำเข้าสู่กิจกรรมการทดลอง 3) การทำนาย 4) การอภิปรายสิ่งที่ทำนาย 5) การสังเกต 6) การอธิบาย 7) การให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 8) การติดตามผล กลยุทธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปแบบของกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ และรวมถึงสามารถใช้สอดแทรกร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้หรือแนวทางการจัดการเรียนรู้ได้ซึ่งมีลักษณะสำคัญคือ 1) ส่งเสริมการทำนายปรากฏการณ์ 2) กระตุ้นแนวคิดที่เกิดจากการทำนาย 3) กระตุ้นสำรวจตรวจสอบจากแนวคิดจากการทำนาย อย่างไรก็ตามกลยุทธ์ POE เป็นกลยุทธ์ที่เน้นสร้างความรู้ด้วยตนเองจากพื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิม ซึ่งอาจส่งผลให้นักเรียนสร้างคำอธิบายจากพื้นฐานความรู้เดิม

2.4.3.5 กลยุทธ์แบบจำลอง (Modeling) เป็นกลยุทธ์ที่จะช่วยส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทั้งอยู่ในรูปแบบของกลยุทธ์รวมถึงสามารถใช้สอดแทรกร่วมกับรูปแบบหรือแนวทางการจัดการเรียนรู้ ซึ่งความสำคัญดังกล่าวยังสอดคล้องกับ NRC (1996, 2000) ซึ่งระบุว่ากลยุทธ์ดังกล่าวใช้ในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อกำหนดและแก้ไขคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายผ่านแบบจำลองหลักฐานและหลักการของเหตุผล (Becker. 2014: 46) และความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Windschitl et al. 2008; Neilson, & Campbell. 2010: 38; Soulios, & Psillos. 2016: 3; นิภาภรณ์ จันทะโยธา. 2557: 1980) รวมถึงช่วยกระตุ้นให้นักเรียนใช้ข้อมูลและแสดงแนวคิด และประเมินแก้ไขคำอธิบาย อย่างไรก็ตามกลยุทธ์ดังกล่าว ถูกสอดแทรกทั้งในบริบทของผู้สอนเพื่อกระตุ้นผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หรือเป็นเครื่องมือของผู้สอนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจำลองคำอธิบายที่ชัดเจนให้แก่นักเรียน โดยผู้สอนอาจสร้างแบบจำลองด้วยการยกตัวอย่างเป็นคำพูดหรือการเขียน เป็นตัวอย่างที่ทั้งดีและไม่ดี และหากตัวอย่างที่ไม่ดีที่แสดงจุดอ่อนของหลักฐานจะช่วยให้นักเรียนสังเกตได้ว่าหลักฐานนี้ไม่เหมาะสม ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายด้วยหลักฐานที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างได้

2.4.3.6 กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ (Cooperative strategy) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการทำงานเป็นกลุ่มที่มีสมาชิกคละความสามารถ ร่วมกันทำงาน ช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ (Johnson, & Johnson, 1987; Slavin, 1994) โดยสมาชิกทุกคนทำงานกลุ่มด้วยความตั้งใจและรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตน ทำให้งานของกลุ่มดำเนินไปสู่เป้าหมายของงานได้ (อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2550) กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มีความสำคัญต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีลักษณะสำคัญคือ การสืบค้นหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นข้อมูลเรียนรู้ระหว่างสมาชิกในกลุ่ม เช่น อภิปราย โต้แย้งตลอดจนร่วมกันสรุปคำตอบ (กรกนก เลิศเดชาภัทร และ ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, 2561, น. 34)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีพื้นฐานจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม ค้นหาหลักฐานเพื่อตอบคำถาม และสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบ Blended learning, Explicit instruction, 5E Inquiry model, Model-Based Inquiry Argument-Driven Inquiry: ADI, Instructional inquiry model of Alberta learning, EIMA Instruction model,

Context-Based Learning และ กลยุทธ์ที่ใช้สอดแทรกร่วมกับแนวทาง/รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ กลยุทธ์กรอบแนวคิด ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล (Claim-Evidence-Reasoning; CER Framework) กลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) กลยุทธ์กรอบแนวคิด การเสนอสมมติฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ (Premise-Reasoning-Outcome; PRO Framework) กลยุทธ์ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict – Observe – Explain; POE) กลยุทธ์แบบจำลอง (Modeling) และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ (Cooperative learning) และสามารถสังเคราะห์เพื่อศึกษาลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบาย ดังตาราง 3

ตาราง 3 สรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้เสนอ	การจัดการเรียนรู้	กลยุทธ์ที่ใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้	เนื้อหาที่ใช้จัดการเรียนรู้			ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้
			ฟิสิกส์	เคมี	ชีววิทยา	
Amelia et all. (2020, p. 35-36)	การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning)	- กลยุทธ์ CER - การเสริมต่อการเรียนรู้ด้วย e-Learning	- การเคลื่อนที่ของวัตถุ - ความเร็วและอัตราเร็ว	-	-	1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง 2) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสื่อสารคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในระหว่างการอภิปรายคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
Becker (2014, p. 80)	การจัดการเรียนรู้แบบเอ็กซ์พลิซิท (Explicit Instruction)	- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบจำลอง - การเสริมต่อการเรียนรู้การโต้แย้ง - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ	-	-	- การหายใจการสังเคราะห์แสงของเซลล์ - การแพร่ออสโมซิส	1) แสดงความแตกต่างของ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล อย่างชัดเจน 2) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทดลอง 3) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และอภิปรายถึงประเด็นการโต้แย้งในระหว่างการปฏิบัติการทดลองภายในกลุ่ม 4) ผู้เรียนมีโอกาสในการแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ (2561, น. 1744)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model)	- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบจำลอง - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ	- การเคลื่อนที่แบบวงกลม	-	-	1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามและระบุข้อกล่าวอ้างที่เกิดจากการสังเกต หรือเกิดจากปัญหาที่สงสัย 2) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการค้นหาหลักฐานการสำรวจตรวจสอบหรือจากการทดลอง 3) ผู้เรียนได้ใช้หลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบหรือจากการทดลอง และให้เหตุผลในการวิเคราะห์สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
ศิรัญญา หิริโอ (2563, น. 5-6)		- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบจำลอง - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ	-	-	- การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้เสนอ	การจัดการเรียนรู้	กลยุทธ์ที่ใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้	เนื้อหาที่ใช้จัดการเรียนรู้			ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้
			ฟิสิกส์	เคมี	ชีววิทยา	
สุทธิชาติ เปรมกมล (2558, น. 25)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Inquiry: MBI)	- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ	- กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	-	-	1) ผู้เรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างหรือสร้างสมมติฐาน 2) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงหลักฐาน 3) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจตรวจสอบเพื่อค้นหาหลักฐาน 4) ผู้เรียนมีโอกาสในการแก้ไขแบบจำลอง เพื่อพิจารณาหลักฐานที่เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม 5) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทบทวนแบบจำลอง โดยใช้แบบจำลองในการสื่อสารคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
พัณนิดา มีลา (2560, น. 6)		- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ	-	- รูปร่างและปริมาตรของแก๊ส	-	
พิษณุ ศุภาศาสตร์วงศ์ (2563, น. 347)		- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ		-เคมีไฟฟ้า		
สันติชัย อนุวรชัย (2553, น. 10)	รูปแบบการเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง (Argument-	- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ			- กระบวนการไหลเวียนของเลือดคน	1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมค้นหาหลักฐานการสำรวจตรวจสอบ 2) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ถึง 2 ครั้ง คือขั้นข้อโต้แย้งชั่วคราวและขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สะท้อนทั้ง 3 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3) ผู้เรียนมีการอภิปรายถึงประเด็นการโต้แย้งซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้ทบทวน
อารยา แจ่มใส (2557, น. 31)		- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ	- ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุและสภาพการเคลื่อนที่	-	-	

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้เสนอ	การจัดการเรียนรู้	กลยุทธ์ที่ใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้	เนื้อหาที่ใช้จัดการเรียนรู้			ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้
			ฟิสิกส์	เคมี	ชีววิทยา	
ณัฐวรรณ ศิริธร (2562, น. 15)	Driven Inquiry: ADI)	- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ	- แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา	-	-	ข้อบกพร่องของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองและได้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอน
พจีลักษณ์ ขวัญใจ (2555, น. 63)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง	-	-	-	-ระบบนิเวศ และทรัพยากรธรรมชาติ	1) ช่วยส่งเสริมความสามารถในการเลือกใช้ข้อมูลมาเป็นหลักฐาน 2) ช่วยในการจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปของคำอธิบาย
สุรีรัตน์ จุ้ยกระจ่าง (2553, น. 74-75)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model)	- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบจำลอง	-บรรยากาศ	-	-	ช่วยส่งเสริมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการสร้างแบบจำลอง
วันวิสาข์ รักงาม (2562, น. 56)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน	-	- ของไหล	-	-	ผู้เรียนได้ใช้หลักฐานและเหตุผลในบริบทที่มีความแตกต่างกันจากการเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน
ตีรณา ชุมแสง (2562, น. 1188)		-	- สมดุลกล	-	-	

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้เสนอ	การจัดการเรียนรู้	กลยุทธ์ที่ใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้	เนื้อหาที่ใช้จัดการเรียนรู้			ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้
			ฟิสิกส์	เคมี	ชีววิทยา	
ณัฐวรรณ ศิริธร (2562, น. 15)	Driven Inquiry: ADI)	- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ	- แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา	-	-	ข้อบกพร่องของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองและได้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอน
พจีลักษณ์ ขวัญใจ (2555, น. 63)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง	-	-	-	-ระบบนิเวศ และทรัพยากรธรรมชาติ	1) ช่วยส่งเสริมความสามารถในการเลือกใช้ข้อมูลมาเป็นหลักฐาน 2) ช่วยในการจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปของคำอธิบาย
สุรีรัตน์ จุ้ยกระจ่าง (2553, น. 74-75)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model)	- กลยุทธ์ CER - กลยุทธ์แบบจำลอง	-บรรยากาศ	-	-	ช่วยส่งเสริมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการสร้างแบบจำลอง
วันวิสาข์ รักงาม (2562, น. 56)	รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน	-	- ของไหล	-	-	ผู้เรียนได้ใช้หลักฐานและเหตุผลในบริบทที่มีความแตกต่างกันจากการเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน
ตีรณา ชุมแสง (2562, น. 1188)		-	- สมดุลกล	-	-	

จากตาราง 3 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ (ณัฐวรรณ ศิริธร, 2562; อรยา แจ่มใจ, 2557) ซึ่งกำหนดข้อความหลักหรือคำหลักที่เป็นตัวแทนของลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ CER เพื่อทำการจัดกลุ่มข้อมูลและสังเคราะห์ข้อความเข้าด้วยกันจนสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. มีส่วนร่วมในการตั้งประเด็นปัญหาและระบุข้อกล่าวอ้าง เมื่อผู้สอนกำหนดสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับเนื้อหา ผู้สอนและผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายสถานการณ์ของปัญหาร่วมกัน จากนั้นผู้สอนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดประเด็นปัญหาว่าจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และกระตุ้นให้ตั้งคำถามและระบุข้อกล่าวอ้าง

2. มีส่วนร่วมเพื่อค้นหาหลักฐาน และสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงหลักฐาน โดยผู้เรียนทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อค้นหาหลักฐาน จากการระบุข้อกล่าวอ้างและผู้เรียนจะค้นหาหลักฐาน เช่น การสังเกต การวัด การสืบค้นข้อมูล การสำรวจ การทดลอง จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอและเหมาะสมเพื่อสร้างแบบจำลอง ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นแบบจำลองที่แสดงออก เช่น สัญลักษณ์ หรือ รูปภาพ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจง่ายขึ้น และสามารถสรุปความเชื่อมโยงของหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างที่ระบุไว้ได้

3. สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และนำเสนอคำอธิบายผ่านแบบจำลอง โดยเมื่อผู้เรียนได้รวบรวมหลักฐาน และสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนต้องวิเคราะห์โดยให้เหตุผลร่วมกับหลักการ แนวคิดวิทยาศาสตร์ และสังเคราะห์ออกมาเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4. มีส่วนร่วมในการโต้แย้งเมื่อเห็นว่ามีคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม โดยแสดงเหตุผลสนับสนุนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเหมาะสม หรือแสดงเหตุผลโต้แย้งเมื่อเห็นว่ามีคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิพากษ์วิจารณ์ และการรับฟังข้อเสนอแนะหรือข้อวิพากษ์วิจารณ์ และนำข้อบกร่องมาแก้ไขปรับปรุง

5. เชื่อมโยงความรู้ที่ได้ไปใช้ในบริบทอื่น โดยผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการใช้หลักฐานและให้เหตุผลไปใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์อื่น เมื่อผู้เรียนแก้ไขปรับปรุงคำอธิบาย ผู้เรียนจะได้สรุปองค์ความรู้ของตนเอง

อย่างไรก็ตามจากรายละเอียดในตารางที่ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเนื้อหาที่สอดคล้องกับลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1) การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน ถูกนำมาใช้กับเนื้อหาที่มีลักษณะส่งเสริมให้ผู้เรียนมองเห็นภาพที่เกิดขึ้นได้ในชีวิตประจำวัน และอาศัยการจินตนาการในการสร้างแผนภาพเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนมีพื้นฐานความรู้เดิมมาแล้ว ผู้วิจัยจึงนำมาใช้ในเนื้อหาเรื่อง แสงและทัศนศาสตร์ การเกิดภาพ

2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ถูกนำมาใช้กับเนื้อหาที่มีลักษณะส่งเสริมให้มองเห็นภาพที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน รวมถึงเนื้อหาที่ไม่สามารถสังเกตได้จากบริบททั่วไป ซึ่งมีความละเอียดของเนื้อหาจึงต้องอาศัยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงนำมาใช้ในเนื้อหาเรื่อง ความร้อนและเทอร์มอไดนามิกส์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน สนามแม่เหล็ก ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น

3) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MBI ถูกนำมาใช้กับเนื้อหาที่ลักษณะเป็นนามธรรมที่ผู้เรียนจะต้องอาศัยการจินตนาการในการสร้างภาพเพื่อเป็นตัวแทนการทดลองหรือเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงนำมาใช้ในเนื้อหาเรื่อง สนามไฟฟ้า

4) รูปแบบการเรียนการจัดการเรียนรู้แบบ ADI ถูกนำมาใช้กับเนื้อหาที่มีลักษณะส่งเสริมให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยนำมาใช้ในเนื้อหาเรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

5) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA ถูกนำมาใช้กับเนื้อหาที่มีลักษณะการวิเคราะห์ภาพและอาศัยการจินตนาการในการสร้างภาพเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงนำมาใช้ในเนื้อหาเรื่อง ศักย์ไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสตรง

6) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ CBL ถูกนำมาใช้กับเนื้อหาที่มีลักษณะส่งเสริมให้ผู้เรียนวิเคราะห์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยจึงนำมาใช้ในเนื้อหาเรื่อง ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้กลยุทธ์ คือ กลยุทธ์ CER เพื่อช่วยสะท้อนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ กลยุทธ์ร่วมมือร่วมใจ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ รวมถึงใช้การบรรยายร่วมกับการใช้สื่อ เนื่องจากมีเนื้อหาจำนวนมากและเป็นเนื้อหาเชิงลึก

2.5 การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

เครื่องมือวัดและประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวัดเนื้อหาสาระและผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถสมองด้านต่าง ๆ โดย แบบวัดแบบ

เขียนตอบ จำแนกตามลักษณะการแบบให้เขียนตอบ ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) แบบวัดแบบเขียนบรรยาย และ 2) แบบวัดแบบเขียนตอบสั้น ดังรายละเอียดดังนี้

2.5.1 แบบวัดแบบเขียนบรรยาย (Essay Test) เป็นแบบวัดที่กำหนดปัญหาให้นักเรียนเขียนบรรยายคำตอบแบบยาว โดยเขียนตอบได้อย่างอิสระตามความคิด โดยมีนักการศึกษาได้เสนอแบบวัดแบบเขียนบรรยายพร้อมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

McNeill and Krajcik (2008, p.4) ได้สร้างแบบวัดแบบเขียนบรรยาย เรื่อง สารและสมบัติของสาร ในรายวิชาเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยข้อคำถามประกอบด้วยตารางแสดงข้อมูลเพื่อใช้ประกอบคำถาม และคำถามมีลักษณะต้องการให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงเหตุผลสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูล แสดงตัวอย่างดังภาพประกอบ 7

ตัวอย่างคำถาม จงพิจารณาข้อมูลในตาราง และให้นักเรียนเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยระบุว่าของเหลวใดเป็นสารเดียวกัน

	ความหนาแน่น	สี	มวล	จุดหลอมเหลว
ของเหลวชนิดที่ 1	$0.93 g/cm^3$	ไม่มีสี	38 g	-98 °C
ของเหลวชนิดที่ 2	$0.79 g/cm^3$	ไม่มีสี	38 g	26 °C
ของเหลวชนิดที่ 3	$13.6 g/cm^3$	สีเงิน	21 g	-39 °C
ของเหลวชนิดที่ 4	$0.93 g/cm^3$	ไม่มีสี	16 g	-98 °C

.....

.....

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง สารและสมบัติของสาร

ที่มา: McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2008). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. Retrieved from https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.424.2687&rep=rep1&type=pdf. p. 4.

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไปและแบบเฉพาะสำหรับเนื้อหา เรื่อง สารและสมบัติของสาร ดังตาราง 2 โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (Rubric Scoring) แสดง

รายละเอียดของคำตอบทั่วไปและคำตอบเฉพาะ มีความแตกต่างกันตามระดับคะแนน แบ่งระดับ 3 ระดับ คือ 0, 1 และ 2 ดังตาราง 4

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับเนื้อหา เรื่อง สารและสมบัติของสาร

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง : การบรรยาย หรือข้อสรุปในการเริ่มต้นตอบคำถาม	ไม่สร้างข้อกล่าวอ้าง หรือ ไม่ถูกต้อง	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้อง และสมบูรณ์
	ระบุว่าไม่มีของเหลวหรือระบุผิดว่าเป็นของแข็ง	ใช้ประโยคที่คลุมเครือ เช่น "มีของเหลวบางชนิดเหมือนกัน"	ระบุอย่างชัดเจน เช่น ของเหลว 1 และ 4 คือ สารเดียวกัน
หลักฐาน : ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างซึ่งมีความเหมาะสม	ไม่ใช้หลักฐานหรือใช้หลักฐานที่ไม่เหมาะสม	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
	ใช้ข้อมูลที่ไม่เหมาะสม เช่น "มวลเท่ากัน" หรือแสดงหลักฐานที่คลุมเครือ	ใช้หลักฐาน 1 หรือ 2 ชิ้น ที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานทั้ง 3 ชิ้น ซึ่งเป็นหลักฐานที่เพียงพอและเหมาะสม
การให้เหตุผล : แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน รวมถึงความเหมาะสมและเพียงพอของการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์	ไม่ให้เหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงการใช้หลักฐานซ้ำ และ/หรือมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอและเหมาะสม
	ให้เหตุผลที่ไม่เหมาะสม เช่น มีลักษณะคล้ายไขมันหรือสบู่ หรือไม่ให้เหตุผลอื่น	ให้เหตุผลซ้ำ เช่น ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว แต่ไม่ได้กล่าวถึงสี หรือกล่าวถึงคุณสมบัติทั่วไปที่ไม่ชัดเจน	มีการให้เหตุผลที่ชัดเจน เช่น ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และสี เป็นสารชนิดเดียวกันมีคุณสมบัติเหมือนกัน

ที่มา: McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2008). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. Retrieved from https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.424.2687&rep=rep1&type=pdf. p. 18.

Becker (2014, p.82) ได้สร้างแบบวัดแบบเขียนตอบ เรื่อง การหายใจและการหายใจระดับเซลล์ในรายวิชา ปฏิบัติการชีววิทยา สำหรับนักศึกษาวิทยาศาสตร์ ระดับปริญญาตรี เป็นข้อคำถามเชิงสาเหตุ ต้องการให้นักศึกษาให้เหตุผลในการตอบคำถาม หรือแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร ตัวอย่างคำถามดังภาพประกอบ 8

"อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการหายใจของปลาทองอย่างไร"

.....

.....

ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง การหายใจและการหายใจระดับเซลล์

ที่มา: Becker, E. Rosemary. (2014). Explicit Instruction of Scientific Explanation and Argument in an Undergraduate Introductory Biology Laboratory Course Using the Claim, Evidence and Reasoning Framework. LSU Doctoral Dissertations. 3152. Retrieved from https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_dissertations/3152. p. 81.

เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (Rubric scoring) มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไปและแบบเฉพาะสำหรับเนื้อหา โดยให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบวัดแบบเขียนตอบ มีการประเมินในแต่ละข้อแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 3, 2 และ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอตารางเพื่อแสดงตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนน (Becker, 2014, pp.160-174) ดังตาราง 5 มีรายละเอียด ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง เมื่อนักศึกษาตอบคำถามกล่าวถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม จะได้ 3 คะแนน ตอบคำถามเกี่ยวกับตัวแปรแต่ไม่กล่าวถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ จะได้ 2 คะแนน และตอบคำถามแต่ไม่กล่าวถึงตัวแปรต้นหรือตัวแปรตาม จะได้ 1 คะแนน

2) หลักฐาน เมื่อนักศึกษาใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับตัวแปร ซึ่งข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวข้องกับการใช้เป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง จะได้ 3 คะแนน ใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร แต่ไม่ใช่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักฐาน จะได้ 2 คะแนน และใช้ข้อมูลที่รวบรวมไม่เกี่ยวข้องกับตัวแปร จะได้ 1 คะแนน

3) การให้เหตุผล เมื่อนักศึกษาให้เหตุผลให้เหตุผลเป็นตามหลักการมีขั้นตอนในการให้เหตุผลชัดเจนและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม จะได้ 3 คะแนน ให้เหตุผลอย่างเป็นขั้นตอนตามหลักการแต่ไม่ใช้หลักการทาง

วิทยาศาสตร์ จะได้ 2 คะแนน และให้เหตุผลแต่ไม่กล่าวถึงหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง จะได้ 1 คะแนน

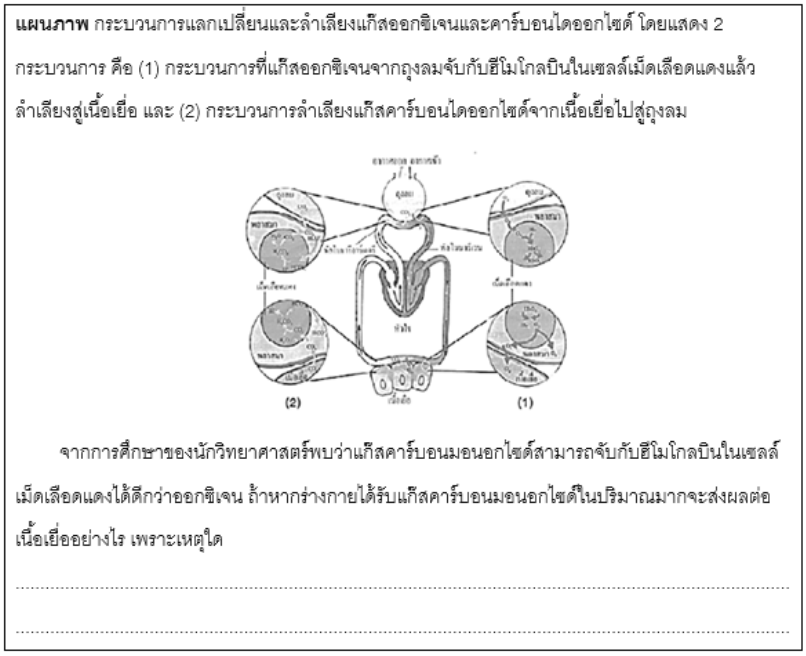
4) การโต้แย้ง เมื่อนักศึกษาแสดงข้อความโต้แย้ง โดยใช้หลักฐานในการสนับสนุน และเป็นไปตามหลักเหตุผล จะได้ 3 คะแนน แสดงการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างแต่ขาดหลักฐานหรือการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง จะได้ 2 คะแนน และแสดงการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างแต่ขาดหลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง จะได้ 1 คะแนน

ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง การหายใจและการหายใจระดับเซลล์

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	3	2	1
ข้อกล่าวอ้าง	การตอบคำถามกล่าวถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม	การตอบคำถามตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามแต่ไม่กล่าวถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ	ตอบคำถามแต่ไม่กล่าวถึงตัวแปรต้นหรือตัวแปรตาม
หลักฐาน	ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพข้อมูลที่รวมอยู่ในข้อโต้แย้งวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่รวบรวมคือเกี่ยวข้องโดยตรงกับตัวแปร	รวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร แต่ไม่ใช่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักฐาน	ข้อมูลที่รวบรวมไม่เกี่ยวข้องกับตัวแปร
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลเป็นตามหลักการเหตุผลมีขั้นตอนในการให้เหตุผลชัดเจนและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม	มีการให้เหตุผลอย่างเป็นขั้นตอนตามหลักการแต่ไม่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์	ให้เหตุผลแต่ไม่กล่าวถึงหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ที่มา: Becker, E. Rosemary. (2014). Explicit Instruction of Scientific Explanation and Argument in an Undergraduate Introductory Biology Laboratory Course Using the Claim, Evidence and Reasoning Framework. LSU Doctoral Dissertations. 3152. Retrieved from https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_dissertations/3152. p. 160-174.

สันติชัย อนุวรชัย (2553, น.152-161) ได้สร้างแบบวัดแบบเขียนตอบ เรื่อง การหายใจ ในรายวิชาชีววิทยา โดยมีข้อคำถาม เช่น 1) ตารางและข้อมูลประกอบสถานการณ์ คำถามมีลักษณะเชิงวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ต้องการให้นักเรียนจากใช้ข้อมูลในตารางมา วิเคราะห์เรื่องราวเพื่อนำมาใช้ตอบคำถาม 2) แผนภาพและสถานการณ์ประกอบคำถาม คำถามมีลักษณะเชิงเปรียบเทียบ ต้องการให้นักเรียนวิเคราะห์เรื่องราว พิจารณาข้อมูลสำคัญเพื่อนำมาใช้ตอบคำถาม 3) แผนภาพและข้อมูลประกอบแผนภาพ คำถามมีลักษณะเป็นคำถามเชิงสาเหตุ ต้องการให้นักเรียนตอบคำถามเชิงสาเหตุและวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่าง และ 4) แผนภาพ ข้อมูลประกอบแผนภาพ และสถานการณ์ ดังภาพประกอบ 9


แผนภาพ กระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแสดง 2 กระบวนการ คือ (1) กระบวนการที่แก๊สออกซิเจนจากถุงลมจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงแล้วลำเลียงสู่เนื้อเยื่อ และ (2) กระบวนการลำเลียงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อไปสู่ถุงลม

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่าแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน ถ้าหากร่างกายได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณมากจะส่งผลต่อเนื้อเยื่ออย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง การหายใจและการหายใจระดับเซลล์

ที่มา: สันติชัย อนุวรชัย (2553) ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. น. 152.

เกณฑ์การให้คะแนนตามกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008, pp.109-110) มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไปและเกณฑ์แบบเฉพาะเนื้อหา ใช้

สำหรับประเมินเพื่อตรวจให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากแบบวัดแบบเขียนตอบ และหลังจากตรวจให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ยังได้เสนอเกณฑ์ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินกระบวนการของ Sampson and Clark (2009, p.46) แบ่งเกณฑ์การกำหนดคะแนนแต่ละรายการประเมินในแต่ละข้อเป็น 3 ระดับ โดยช่วง 29-36 คะแนนมีระดับความสามารถดีมาก ช่วงคะแนน 21-28 มีระดับความสามารถดีมาก และ ช่วงคะแนน 12-20 มีระดับความสามารถควรปรับปรุง ตัวอย่างเกณฑ์การแปลผลดังกล่าว ดังตาราง 6

ตาราง 6 เกณฑ์การแปลผลความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
29-36	ความสามารถระดับดีมาก
21-28	ความสามารถระดับดี
12-20	ความสามารถระดับควรปรับปรุง

ที่มา: สันติชัย อนุวรชัย (2553) ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. น. 152.

2.5.2 แบบวัดแบบเขียนตอบสั้น (Short answer) เป็นแบบวัดที่จัดลำดับของข้อคำถามและมีข้อความนำ เพื่อให้นักเรียนเขียนบรรยายคำตอบที่แสดงความสัมพันธ์กันในแต่ละข้อคำถาม โดยมีนักการศึกษาได้เสนอแบบวัดแบบแบบตอบสั้นพร้อมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

Zangori and Forbes (2014, p.624-625) ได้สร้างแบบวัดแบบตอบสั้นเรื่อง คุณสมบัติของเมล็ดพันธุ์พืช ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา โดยแต่ละข้อคำถามต้องการให้นักเรียนตอบคำถามโดยการเขียนอธิบายตามลำดับของข้อคำถาม ซึ่งมีความยากง่ายแตกต่างกันออกไปตามระดับของข้อคำถาม เช่น การเริ่มต้นบรรยายคำตอบ การคาดการณ์ สังเกต การวิเคราะห์ข้อมูล และเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างข้อคำถาม ดังนี้

จงอธิบาย *ลักษณะของเมล็ดพันธุ์ในผลไม้ที่แตกต่างกันอย่างไร*

	ลักษณะการเขียนบรรยายคำตอบ
ตอบคำถาม	.....
คาดการณ์	.....
สิ่งที่ได้จากการสังเกต	....
วิเคราะห์ข้อมูล	....
คำอธิบาย	....

ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง คุณสมบัติของเมล็ดพันธุ์พืช

ที่มา: Zangori, L., & Forbes, C. T. (2016). Exploring Third-Grade Student Model-Based Explanations about Plant Relationships within an Ecosystem. International Journal of Science Education. p. 624-625.

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไป ตามแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้ P-SOP (Practices of Science Observation Protocal) กำหนดคะแนนรวม 11 คะแนน และจำแนกระดับคะแนนตามลักษณะการเขียนบรรยายคำอธิบายของนักเรียน คือ 1) นักเรียนตอบคำถามโดยเขียนบรรยายคำตอบที่มาจากการสำรวจตรวจสอบ ได้ 3 คะแนน 2) นักเรียนคาดการณ์ โดยการเขียนบรรยายที่แสดงถึงการเรียนรู้ ได้ 3 คะแนน 3) นักเรียนสังเกต โดยเขียนบรรยายบางส่วนมีพื้นฐานมาจาก ตอบคำถามหรือคาดการณ์ ได้ 2 คะแนน 4) นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล โดยเขียนบรรยายอ้างถึงสิ่งที่ได้จากการสังเกตและหลักฐาน ได้ 3 คะแนน โดยมีตัวอย่างเกณฑ์ดังกล่าว ดังตาราง 7

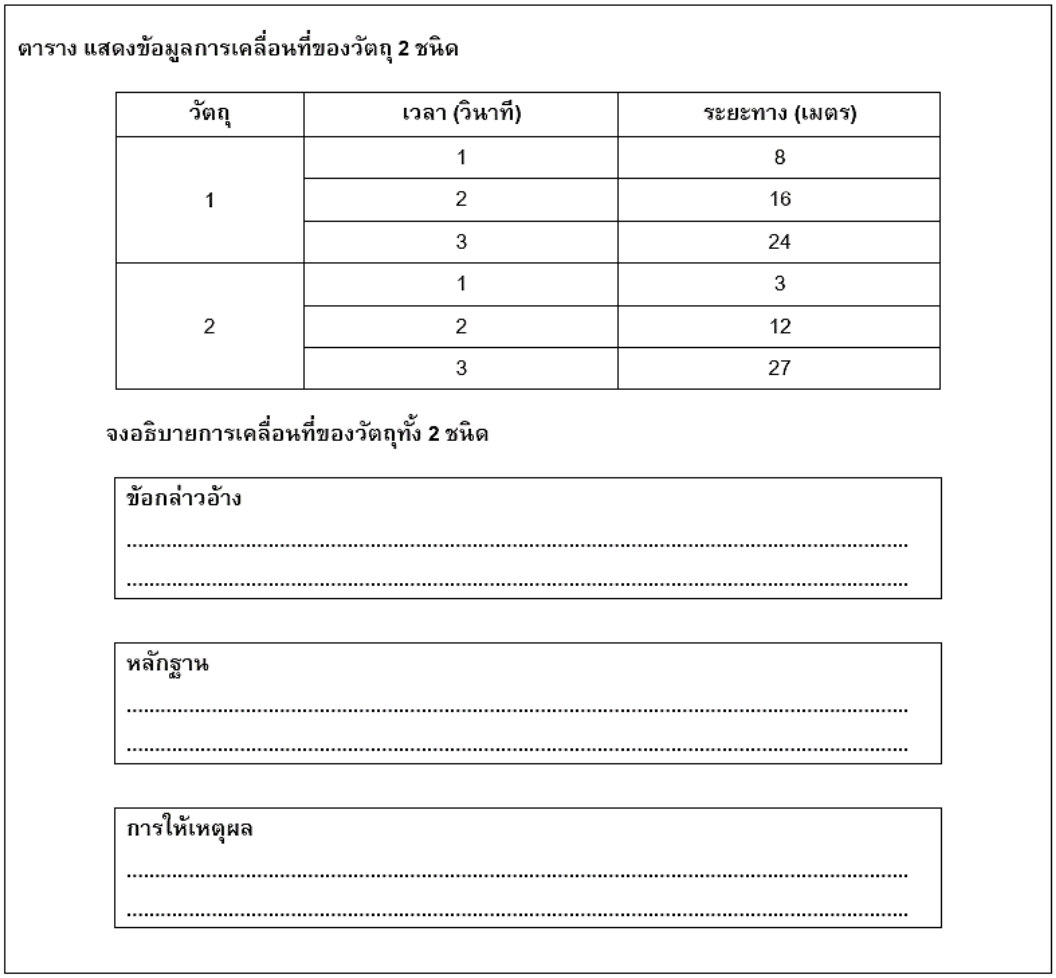
ตาราง 7 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนตามแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้ P-SOP

สิ่งที่ต้องการวัด	ระดับของคำอธิบาย	คะแนน
1. นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจซึ่งขึ้นอยู่กับหลักฐาน	คำอธิบายที่สร้างขึ้นประกอบด้วยเหตุและผลหรือมีความสัมพันธ์กัน อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์	3
	คำอธิบายที่สร้างขึ้นประกอบด้วยเหตุและผลหรือมีความสัมพันธ์กัน โดยมีหลักฐานสนับสนุนเพียงบางส่วน	2
	คำอธิบายที่สร้างขึ้นประกอบด้วยเหตุและผลหรือมีความสัมพันธ์กัน โดยมีหลักฐานสนับสนุนไม่เพียงพอ	1
	คำอธิบายที่สร้างขึ้นไม่มีหลักฐานสนับสนุน	0
2. นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจโดยตอบคำถามจากการสำรวจตรวจสอบ	คำอธิบายที่สร้างตอบคำถามจากการสำรวจตรวจสอบได้อย่างสมบูรณ์	3
	คำอธิบายที่สร้างตอบคำถามจากการสำรวจตรวจสอบได้เพียงบางส่วน	2
	คำอธิบายที่สร้างตอบคำถามจากการสำรวจตรวจสอบได้ไม่เพียงพอ	1
	คำอธิบายที่สร้างไม่ตอบคำถามจากการสำรวจ	0
3. นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจโดยนำไปสู่ความเข้าใจใหม่	คำอธิบายที่สร้างมีลักษณะแตกต่างจากคำอธิบายเดิมและนำไปสู่ความเข้าใจใหม่	3
	คำอธิบายที่สร้างเสนอความเข้าใจใหม่เกี่ยวกับบางมุมของคำอธิบายเดิม	2
	คำอธิบายที่สร้างคล้ายจะช่วยส่งเสริมคำอธิบายเดิม	1
	คำอธิบายที่สร้างไม่ได้นำเสนอความเข้าใจใหม่	0
4. นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจที่อยู่บนความรู้เดิม	คำอธิบายที่สร้างอยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจเดิม และมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนระหว่างคำอธิบายเดิมกับคำอธิบายใหม่	3
	คำอธิบายที่สร้างขึ้นบางส่วนอยู่บนพื้นฐานของคำอธิบายเดิม บางส่วนเป็นของคำอธิบายใหม่ ที่อยู่บนพื้นฐานบางส่วนของคำอธิบายเดิม หรือมีลักษณะของคำอธิบายเดิม โดยไม่ปรับแก้ไข	2
	คำอธิบายเดิมและคำอธิบายใหม่มีความสัมพันธ์กัน แม้ว่าคำอธิบายเดิมจะไม่ได้เป็นพื้นฐานในการสร้างคำอธิบายใหม่	1
	ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายเดิมและคำอธิบายใหม่	0

ที่มา: Zangori, L., & Forbes, C. T. (2016). Exploring Third-Grade Student Model-Based Explanations about Plant Relationships within an Ecosystem. International Journal of Science Education. p. 624-625.

Amelia et al. (2020, pp.35-36) ได้สร้างแบบวัดแบบตอบสั้น เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีข้อคำถามประกอบด้วยตารางแสดงข้อมูลเพื่อใช้ประกอบคำถาม และคำถามมีลักษณะต้องการให้นักศึกษาครู วิเคราะห์ข้อมูลและแสดงเหตุผลสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูล โดย

ให้นักศึกษาครู เขียนคำอธิบาย ตามองค์ประกอบ CER แต่อย่างไรก็ตาม ไม่ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้ออย่างชัดเจน ตัวอย่างคำถามดังภาพประกอบ 11



ตาราง แสดงข้อมูลการเคลื่อนที่ของวัตถุ 2 ชนิด

วัตถุ	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)
1	1	8
	2	16
	3	24
2	1	3
	2	12
	3	27

จงอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้ง 2 ชนิด

ข้อกล่าวอ้าง

.....

.....

หลักฐาน

.....

.....

การให้เหตุผล

.....

.....

ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง การเคลื่อนที่และการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ

ที่มา: Rizki Amelia, Imam Rofiki, Hasan Tortop, & Joshua Abah. (2020) Pre-service Teachers' Scientific Explanation with e-scaffolding in Blended Learning. Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi, Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung, Indonesia, 2020, 9 (1), p.33-40.

พัณนิดา มีลา (2560, น.6-7) ได้สร้างแบบวัดแบบเขียนตอบ เรื่อง สารและสมบัติของสาร โดยข้อคำถามประกอบด้วยสถานการณ์และภาพประกอบคำถาม โดยแต่ละข้อคำถามต้องการให้นักเรียนตอบคำถามโดยการเขียนอธิบายตามลำดับของข้อคำถาม ซึ่งมีความ

ยากง่ายแตกต่างกันออกไปตามระดับของข้อคำถาม โดยมีลักษณะต้องการให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้ 1) ตอบคำถามสิ่งที่ได้จากการสังเกต หรือต้องการให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้าง 2) ใช้กระบวนการคิดเพื่อค้นหาคำตอบ และ 3) ใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์หาเหตุผล หรือใช้กระบวนการคิดเชิงสาเหตุ ตัวอย่างคำถามดังภาพประกอบ 12

1. ภาชนะแต่ละชนิดมีปริมาตรที่สามารถบรรจุได้ ดังนี้

	ภาชนะ A	ภาชนะ B	ภาชนะ C
ปริมาตรที่สามารถบรรจุได้	400 cm^3	400 cm^3	400 cm^3

ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลที่กำหดให้และตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 เมื่อนำแก๊สมาบรรจุในภาชนะ A, B, และ C นักเรียนคิดว่าแก๊สที่อยู่ภาชนะใดมีปริมาตรมากที่สุด

1.2 นักเรียนมีข้อมูลหรือหลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1.1

1.3 นักเรียนมีหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ที่สามารถนำมาอธิบายหรือให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงกับคำตอบในข้อ 1.1 และ 1.2

ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างข้อคำถาม เรื่อง สารและสมบัติของสาร

ที่มา: พัณนิดา มีลา. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(3): 1-15.

เกณฑ์การประเมินแบบทั่วไปซึ่งประยุกต์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) มีการแบ่งระดับความสามารถเป็น 3 ระดับ คือ สูง, ปานกลางและต่ำ จากนั้นนำ

ข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อแปลงข้อมูลเชิงคุณภาพให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ โดยปรับแปลผล คือ ระดับ 3 ให้ 2 คะแนน ระดับ 2 ให้ 1 คะแนน และ ระดับ 1 ให้ 0 คะแนน ตามลำดับ

ดังนั้น แบบวัดการสร้างคำอธิบายจึงมีลักษณะเป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ ซึ่งเป็นแบบวัดที่ใช้ได้กับผู้เรียนทั้งในระดับมัธยมศึกษาจนถึงระดับมหาวิทยาลัย ได้แก่ แบบวัดแบบเขียนบรรยาย ซึ่งต้องการให้ผู้เรียนเขียนตอบตามความคิด และแบบวัดแบบเขียนตอบสั้น โดยเขียนตอบแสดงความความสัมพันธ์ของคำตอบตามข้อคำถามย่อย ซึ่งแบบวัดทั้งสองลักษณะนี้เน้นการเขียนบรรยายคำตอบที่แสดงความสัมพันธ์ตามองค์ประกอบของคำอธิบาย เป็นข้อคำถามปลายเปิด ถามการสังเกต ถามความเข้าใจ ถามการเปรียบเทียบ ถามความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และมีการให้ข้อมูลประกอบข้อคำถาม เช่น สถานการณ์ ตารางข้อมูล แผนภาพ และกราฟ เป็นต้น และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่จำแนกระดับคะแนนตามรายละเอียดเฉพาะเนื้อหา ใช้การแปลผลเป็นข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อแสดงให้เห็นถึงระดับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

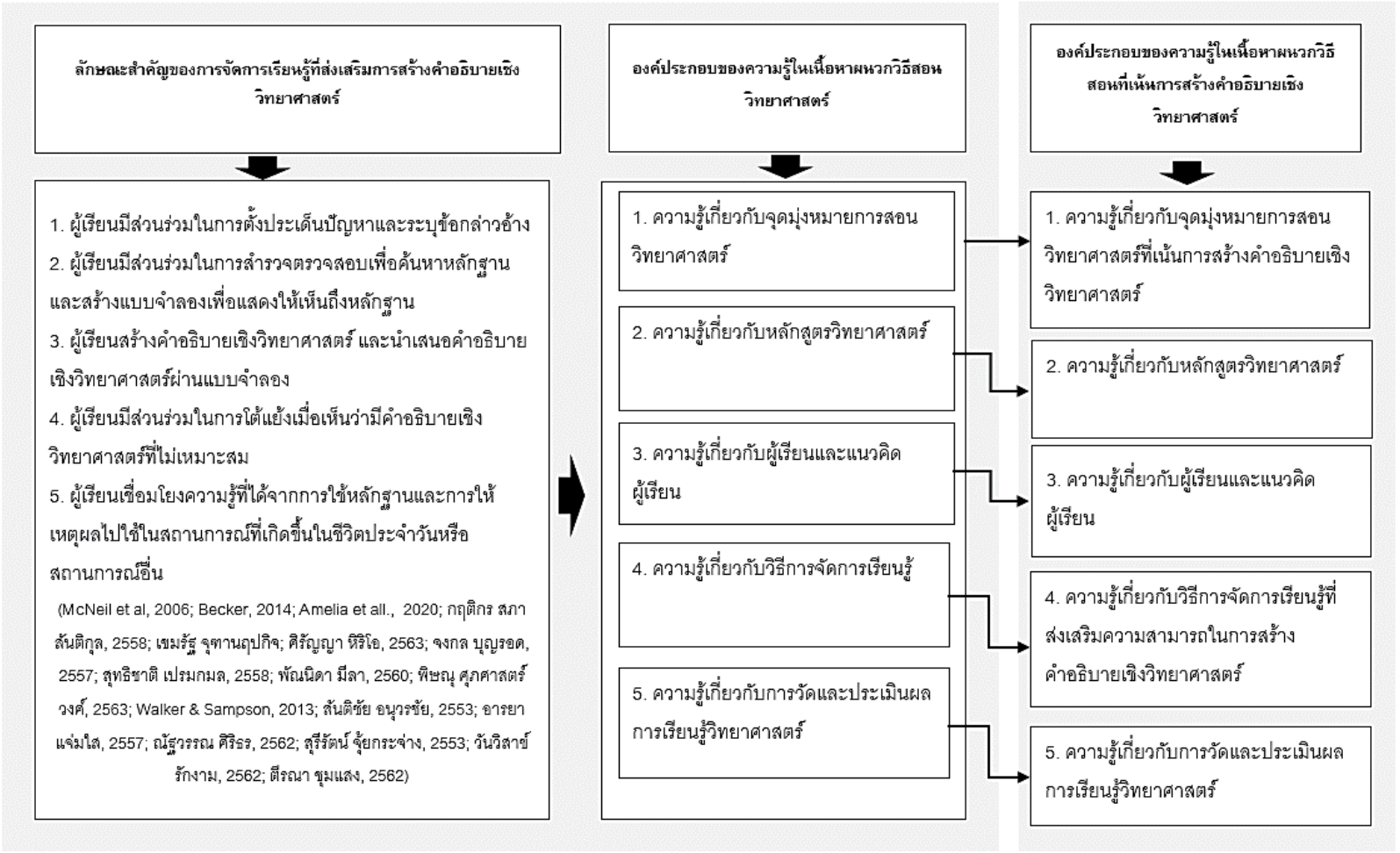
3. ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การที่ครูมี PCK จะช่วยให้ครูได้เห็นการแสดงความเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับการอธิบายปรากฏการณ์ของนักเรียน (Sperandeo-Mineo et al., 2006, p.259) ซึ่งสอดคล้องกับ Schneider and Plasman (2011, p.551) ที่กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกลยุทธ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Science phenomena strategies) ที่แสดงให้เห็นปัญหาเกี่ยวกับแนวคิดของนักเรียน ซึ่งช่วยให้ครูพบแนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาคำอธิบายได้ กลยุทธ์ดังที่กล่าวมาเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ในด้านกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Instructional strategies in science) ซึ่งไม่พบว่ามีงานวิจัยใดที่ส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนมากนัก นอกจากนั้นงานวิจัยของ Beyer and Davis (2011) ได้กล่าวว่า นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งมีความคิดเห็นว่าการใช้ใบงานประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ จะช่วยให้ครูสามารถประเมินทุกมิติของการเรียนรู้หรือสามารถใช้ในการประเมินเป้าหมายการเรียนรู้ทั้งหมดของนักเรียนได้ ส่งผลให้นักศึกษาครูมุ่งเน้นเพียงการเตรียมใบงาน ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงการประเมินสิ่งที่ นักศึกษาครูได้เรียนรู้จากการศึกษาค้นคว้าหรือสำรวจตรวจสอบที่สะท้อนถึงการพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับการสร้างคำอธิบายที่จะช่วยส่งเสริมให้ครูได้มีแนวทางในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าวมีแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 2 ส่วน คือ องค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ และแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากศึกษาองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนทั่วไป (Grossman, 1990; Shulman, 1986, 1987; Tamir, 1988) มาใช้เป็นพื้นฐานเพื่อพัฒนาองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ (Beyer, & Davis, 2011, p.132; Jing-Jing, 2014, p.422; Loughran et al., 2001; Magnusson et al., 1999; Mesci, 2016, p.5; Ndlovu, 2017, p.14; Williams et al., 2012, p.328; ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2550, น.33; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2555, น.7-8) โดยพบว่าองค์ประกอบดังกล่าวมีรายละเอียดสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนและนักการศึกษาส่วนใหญ่ให้การยอมรับ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดองค์ประกอบของ PCK ตามแนวคิดของ Magnusson et al. (1999)

ผู้วิจัยสังเคราะห์ลักษณะสำคัญของการจัดกิจกรรมเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Amelia et al., 2020; Becker, 2014; McNeill, & Krajcik, 2006; Walker et al., 2016; กฤตกร สภาสันติกุล, 2558; จงกล บุญรอด, 2558; ณัฐวรรณ ศิริธร, 2562; ตีรณา ชุมแสง, 2560; พัณนิดา มีลา, 2560; พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์, 2563; วันวิสาข์ รักงาม, 2562; สันติชัย อนุวรชัย, 2553; สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558; สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง, 2553; อรยา แจ่มใจ, 2557) พบว่ามีลักษณะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้ 1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตั้งประเด็นปัญหาและระบุข้อกล่าวอ้าง 2) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจตรวจสอบเพื่อค้นหาหลักฐาน และสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงหลักฐาน 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบาย และนำเสนอคำอธิบายผ่านแบบจำลอง 4) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งเมื่อเห็นว่ามีคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม และ 5) ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการใช้หลักฐานและการให้เหตุผลไปใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือบริบทอื่น จากนั้นนำแนวคิดทั้ง 2 มาผนวกกันเพื่อกำหนดเป็นองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แสดงรายละเอียดดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 13 ผู้วิจัยนำแนวคิดองค์ประกอบ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์มาผนวกร่วมกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดเป็นองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และกำหนดนิยาม ดังนี้

PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กรอบขององค์ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรแกนกลาง ฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์พึงมี เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างเพื่อตอบคำถาม ใช้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างสมเหตุสมผล และให้เหตุผลเชื่อมโยงหลักฐาน ด้วยแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ รวมถึงการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดย PCK มี 5 องค์ประกอบ ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	รายละเอียด
1. ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้และเชื่อเกี่ยวกับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ที่จะนำไปสู่การกำหนดบทบาทของตนเองและการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยมีเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ รวมถึงสะท้อนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
2. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้เกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์
3. ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน	เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้เกี่ยวกับ ความรู้เดิม ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนในเนื้อหาเฉพาะที่เกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจหรือการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อน

ตาราง 9 (ต่อ)

องค์ประกอบ	รายละเอียด
4. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้เกี่ยวกับแนวทาง รูปแบบ และกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI รวมถึงกลยุทธ์ที่ใช้ร่วมกับกับการจัดการเรียนรู้ เช่น กลยุทธ์แบบจำลอง กลยุทธ์ร่วมมือร่วมใจ เป็นต้น เพื่อให้นักศึกษาครูได้เห็นแบบอย่างของการนำแนวทาง รูปแบบ และกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไปใช้
5. ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	เป็นสิ่งที่นักศึกษาครูพึงรู้เกี่ยววิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และครอบคลุม การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การแสดงพฤติกรรมด้านความรู้ของบุคคลจะมีความสามารถที่แสดงออกถึงคุณลักษณะทางสมองหรือสติปัญญา (ประวิตร ชูศิลป์, 2524, น.21; สมจิต สวธนไพบูลย์, 2535, น.102; ภพ เลาหไพบูลย์, 2552, น.57) ซึ่งการจำแนกพฤติกรรมย่อยแบ่งออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ความรู้ความจำ (Content Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การประยุกต์ใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) และ การประเมิน (Evaluation) (Bloom et al. 1956, p.62; ชนม์ชกรณ์ วรอินทร์, 2554, น.28; สุรชัย มีชาญ, 2541, น.37-41) ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ และมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถทางสติปัญญา

4.2 พฤติกรรมที่แสดงถึงการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คุณลักษณะที่แสดงถึงการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเกิดจากการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้ (B. S. Bloom, 1956, p.62; ชนม์ชกรณ์ วรอินทร์, 2554, น.28)

4.1 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นกลุ่มพฤติกรรมที่เกิดจากการใช้สมองหรือสติปัญญา จำแนกระดับความสามารถออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

4.1.1 ความรู้ (Content knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงเหตุการณ์ต่าง ๆ ออกมาได้อย่างสมบุรณ์และถูกต้อง โดยบุคคลจะใช้วิธีการที่หลากหลายในการรับรู้ จดจำ และระลึกสิ่งนั้นออกมา แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ความรู้เฉพาะ ความรู้ในวิธีดำเนินการ ความรู้รวบยอด

4.1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถนำความรู้มาจัดระเบียบเรียบเรียงความคิด แล้วแสดงออกมา และสามารถนำเสนอความรู้ในรูแบบใหม่ ซึ่งความเข้าใจจำแนกเป็น 3 ประเภท คือ การแปลความ การตีความ และการขยายความ

4.1.3 การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถนำความรู้ความเข้าใจมาประยุกต์ ใช้ เช่น การใช้หลักการ เทคนิค แนวคิด เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

4.1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดของเนื้อหา เรื่องราว เหตุการณ์ หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ เพื่อช่วยแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของส่วนประกอบเหล่านั้นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การวิเคราะห์ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) การวิเคราะห์ความสำคัญ 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ 3) การวิเคราะห์หลักการ

4.1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการรวบรวม เรียบเรียง ดัดแปลง ปรับปรุงความรู้ต่าง ๆ ให้ดีขึ้น เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้นและมีคุณภาพ การสังเคราะห์ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) การสังเคราะห์ข้อความ 2) การสังเคราะห์แผนงาน และ 3) การสังเคราะห์ความสัมพันธ์

4.1.6 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถที่ใช้ตัดสินเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และมีเกณฑ์ที่เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสิน แบ่งออกเป็น 1) การตัดสินโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายในเหตุการณ์ และ 2) การตัดสินโดยใช้เกณฑ์ภายนอก

4.2 พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain) เป็นลักษณะที่แสดงออกที่เกิดจากความรู้สึก ความคิด หรือจิตใจ โดยแบ่งเป็นลำดับขั้นของการเกิดลักษณะดังกล่าวได้ 5 ระดับ ดังนี้

4.1.1 ขั้นรับรู้ (Receiving) เป็นขั้นที่เริ่มจากบุคคลรับรู้สิ่งเร้า หรือ เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่กระทบประสาทสัมผัส จนเกิดความรู้สึกสนใจต่อสิ่งนั้น

4.2.2 ขั้นตอบสนอง (Responding) เป็นขั้นที่ต่อจากการรับรู้ หลังจากที่รับรู้ในขั้นแรกแล้ว บุคคลจะแสดงออกโดยตอบสนองต่อสิ่งเร้า ซึ่งสามารถสังเกตจากกริยาอาการหรือการกระทำได้

4.2.3 ขั้นเห็นคุณค่า หรือ สร้างค่านิยม (Valuing) เมื่อบุคคลมีลักษณะตอบสนองต่อสิ่งเร้า จะเกิดความรู้สึกในเห็นคุณค่าต่อการตอบสนองนั้น โดยแสดงพฤติกรรม 3 ลักษณะ ได้แก่ การยอมรับในคุณค่า การนิยมชมชอบในคุณค่า และการสร้างคุณค่า

4.2.4 ขั้นจัดระบบค่านิยม (Organization) เมื่อบุคคลมีค่านิยมหลายๆ อย่าง บุคคลนั้นย่อมมีจะเกิดการจัดระบบค่านิยม โดยการจัดลำดับความสำคัญ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ค่านิยมที่เกี่ยวข้องกัน จนกลายเป็นคติหรือแนวทางที่ยึดถือปฏิบัติ

4.2.5 ขั้นสร้างลักษณะจากค่านิยม (Characterization) ภายหลังที่ค่านิยมต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันเป็นระบบแล้ว บุคคลจะมีพัฒนาบุคลิกภาพ หรือลักษณะนิสัย ให้เป็นรูปแบบที่ชัดเจน ตลอดจนพัฒนาเป็นลักษณะนิสัยถาวร

4.3 พฤติกรรมด้าน ทักษะพิสัย (Psychomotor domain) เป็นลักษณะการแสดงออกที่เกิดจากการใช้กล้ามเนื้อ ประสาทสัมผัส หรือผลจากการได้ลงมือปฏิบัติ

4.3.1 การรับรู้ (Perception) เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดพฤติกรรม ด้านการรับ สัมผัสสิ่งเร้าผ่านทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ เช่น หู ตา จมูก ลิ้น ผิวกาย

4.3.2 การเตรียมความพร้อม (Set) เป็นการเตรียมความพร้อม ซึ่งมี 3 ด้าน คือ ด้านสมอง ด้านร่างกาย และด้านอารมณ์

4.3.3 การตอบสนองตามแนวชี้แนะ (Guided response) เป็นลักษณะการแสดงออกถึงการเริ่มพัฒนาทักษะ โดยการเลียนแบบ ซึ่งถือขั้นเป็นขั้นลองผิดลองถูก

4.3.4 การปฏิบัติได้ด้วยตนเอง (Mechanism) คือ การที่บุคคลแสดงออกถึงการปฏิบัติงานได้ ด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง

4.3.5 การตอบสนองที่ซับซ้อน (Complex overt response) คือการที่บุคคลแสดงออกถึงความสามารถ กระทำ หรือสามารถปฏิบัติงานได้หลายอย่าง โดยทำได้ด้วยความชำนาญ

4.3.6 การดัดแปลง (Adaptation) หลังจากที่สามารถปฏิบัติได้อย่างชำนาญแล้ว ซึ่งพบวิธีการแก้ปัญหาที่ช่วยพัฒนาการปฏิบัติงานให้มีคุณภาพมากขึ้น

ในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1990 – ค.ศ. 1999 ได้มีการปรับปรุงแนวคิดพฤติกรรมด้านพุทธพิสัย ตามแนวคิดของ Bloom et al. (1956, p.62) โดย Anderson et al. (2001, p.14)

ได้มีการพัฒนาด้านพุทธิพิสัย โดยปรับเปลี่ยนส่วนที่สำคัญทั้งในด้านความหมายและคำศัพท์ที่ใช้เรียกพฤติกกรรมที่แสดงออกทางปัญญา แสดงดังตาราง 9

ตาราง 10 แนวคิดการปรับปรุงแนวคิดพฤติกรรมด้านพุทธพิสัย

คำศัพท์เดิม	คำศัพท์ใหม่
1. ความรู้ (Content knowledge)	1. จำ (Remembering)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)	2. เข้าใจ (Understanding)
3. การนำไปใช้ (Application)	3. ประยุกต์ใช้ (Applying)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)	4. วิเคราะห์ (Analysing)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)	5. ประเมินค่า (Evaluating)
6. การประเมินค่า (Evaluation)	6. คิดสร้างสรรค์ (Creating)

ที่มา: Bloom et al. (1956). Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I: Cognitive Domain. New York: David McKay. p. 62.

จากตารางมีการเปลี่ยนคำที่แสดงถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยเมื่อพิจารณากระบวนการทางปัญญา สามารถแบ่งออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1) จำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้ และดึงเอาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยความจำระยะยาวเพื่อพัฒนาต่อไปในระดับที่สูงขึ้น คือ ตระหนักถึง และ นึกถึง

2) เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายของสิ่งที่เรียนรู้สามารถกระทำได้ด้วยวิธีการ เช่น การตีความ การยกตัวอย่าง การจำแนกประเภท การสรุป การอนุมาน การเปรียบเทียบ และการอธิบาย

3) ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำเอาความรู้ความจำและความเข้าใจมาประยุกต์ใช้ แก้ไขปัญหา ด้วยการลงมือปฏิบัติ และการดำเนินการ

4) วิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะ การจัดการ การพิจารณาองค์ประกอบที่สามารถเชื่อมโยงกันได้ พิจารณาโครงสร้างหรือ

วัตถุประสงค์ของสิ่งที่เรียนรู้ผ่านกระบวนการอย่างเป็นระบบ แนวทางวิเคราะห์สิ่งที่เรียนรู้ ได้แก่ การจำแนกความแตกต่าง การจัดระบบ และ การให้เหตุผล

5) ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบวิจารณ์ ตัดสินบนพื้นฐานของเงื่อนไขและมาตรฐานที่สามารถวัดและตัดสินได้ แนวทางประเมินสิ่งที่เรียนรู้ ได้แก่ การตรวจสอบ และ การวิพากษ์วิจารณ์

6) คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการรวมองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 สิ่งขึ้นไปที่ได้จากการเรียนรู้มารวมกันเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน เพื่อให้เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม แนวทางสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่ ได้แก่ การสร้าง การวางแผน และ การผลิต

ดังนั้น พฤติกรรมที่แสดงถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นคุณลักษณะที่แสดงออกถึงความสามารถของผู้เรียน แบ่งออกได้ดังนี้ 1) ด้านพุทธิพิสัย เป็นคุณลักษณะของผู้เรียนเกี่ยวกับสมองและสติปัญญา 2) ด้านจิตพิสัย เป็นคุณลักษณะของผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิด จิตใจ อารมณ์ และ 3) ด้านทักษะพิสัย เป็นพฤติกรรมจากการได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยพฤติกรรมที่แสดงถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้จากความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ โดยใช้ความสามารถทางสติปัญญาที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ หรือเป็นการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

4.3 การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลด้านพุทธิพิสัย แบ่งตามลักษณะการตอบคำถาม คือ แบบให้เขียนตอบ และ แบบให้เลือกตอบ (วิรัช วรรณ รัตน์, 2558) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1 แบบวัดแบบเขียนตอบ เป็นแบบวัดที่ให้ผู้ตอบเขียนบรรยายภายใต้เงื่อนไขของปัญหา เปิดโอกาสให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยแบบวัดแบบเขียนตอบ มี 2 ชนิด คือ 1) แบบวัดแบบตอบสั้น หรือเติมคำ และ 2) แบบวัดแบบความเรียง มีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1.1 แบบวัดแบบตอบสั้น หรือแบบเติมคำ มีลักษณะที่คล้ายกัน คือ เป็นแบบวัดที่ผู้ตอบต้องคิดหาคำตอบ เพื่อเติมคำในข้อความที่กำหนดให้สมบูรณ์ แต่เป็นคำตอบสั้นๆ เหมาะสำหรับวัดความรู้ ความจำเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง หลักการ และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ

หลักการสร้างแบบวัดแบบตอบสั้น และแบบวัดแบบเติมคำ คือ ควรใช้คำถามที่ต้องการคำตอบเพียงสั้น ๆ และมีคำตอบที่แน่นอน มีโครงสร้างประโยคคำถามเพื่อให้ได้คำตอบที่สั้นที่สุด ไม่ใช้ข้ประโยคจากหนังสือโดยการตัดข้อความบางตอนออก ข้อคำถามควรถามในสิ่งที่มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว เพื่อใช้คำตอบที่สามารถตอบได้อย่างชัดเจนด้วยข้อความ

เช่น คำ วลี สัญลักษณ์ หรือจำนวน มีการเว้นช่องว่างให้พอเหมาะ เพื่อหลีกเลี่ยงการให้เติมข้อความหรือคำที่ไม่สำคัญ และควรมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละช่องเท่ากัน

ข้อดีของแบบวัดดังกล่าว คือ 1) เป็นแบบวัดที่สร้างได้ง่าย 2) สามารถสร้างคำถามวัดในเรื่องหนึ่ง ๆ ได้หลายข้อ และ 3) ผู้ตอบต้องคิดหาคำตอบด้วยตนเอง โอกาสในการเดาจึงมีน้อย และข้อจำกัด คือ 1) ไม่เหมาะที่จะวัดพฤติกรรมขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ 2) การตรวจแบบวัดทำได้ยากกว่าแบบวัดแบบปรนัย เนื่องจากคำตอบมีความหลากหลาย ผู้ตอบจึงควรมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน และ 3) การสร้างคำถามต้องคำนึงถึงคำตอบเพื่อให้ได้เพียงคำตอบเดียว

4.3.1.2 แบบวัดแบบความเรียง เป็นแบบวัดที่ให้อิสระในการตอบคำถามโดยให้ผู้ตอบประมวลความรู้ที่มีอยู่แล้วนำมาจัดระบบ เรียบเรียงและเขียนเป็นคำตอบ ลักษณะคำตอบจึงมีความหลากหลาย โดยแบบวัดแบบความเรียงออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.3.1.2.1 แบบวัดแบบความเรียงที่ไม่จำกัดคำตอบ โดยมีข้อคำถามที่ต้องการคำตอบแบบการเขียนแสดงความคิดเห็น วิพากษ์ วิเคราะห์ปัญหา และการให้เหตุผล โดยการบรรยายให้รายะเอียดและสรุปประเด็นที่สำคัญอย่างอิสระ โดยไม่จำกัดขอบเขตของคำตอบ

4.3.1.2.2 แบบวัดแบบความเรียงที่จำกัดคำตอบ มีลักษณะเป็นแบบวัดที่มีการจำกัดกรอบหรือรูปแบบของแนวคำตอบ รวมถึงกำหนดขอบเขตของประเด็นให้ผู้ตอบ

หลักการสร้างแบบวัดแบบความเรียง

การสร้างแบบวัดควรพิจารณาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร หรือประเด็นเฉพาะที่สำคัญของเนื้อหา และเขียนคำชี้แจงให้ชัดเจน ควรใช้คำถามที่มีเงื่อนไขพอเพียง และควรให้ตอบคำถามทุกข้อเหมือนกันไม่ควรเลือกตอบเป็นบางข้อ มีการกำหนดคะแนนเต็มในแต่ละข้ออย่างชัดเจน คำนึงถึงคำตอบที่ให้สอดคล้องกับเวลา กำหนดเกณฑ์คะแนนของแต่ละคำตอบ และควรตรวจให้คะแนนของผู้ตอบที่ละข้อพร้อม ๆ กัน เพื่อให้ผู้ตรวจไม่สับสนในการให้คะแนน

ข้อดีของแบบวัดแบบความเรียง คือ 1) สามารถวัดกระบวนการคิดจากความสามารถในการเขียนที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ การประเมินค่า เจตคติและข้อคิดเห็นต่าง ๆ 2) มีความสะดวกต่อการสร้างแบบวัด และ 3) ผู้ตอบมีอิสระในการแสดงความคิดอย่างเต็มที่ และข้อจำกัดของแบบวัด คือ 1) การให้คะแนนใช้เวลาในการตรวจนาน และตรวจยาก ทั้งนี้เป็นเพราะการเขียนตอบต้องใช้เพราะต้องอ่านคำตอบที่ผู้ตอบเขียนที่บรรยายอย่างเสรี มีปริมาณมาก และอาจเกิดความลำเอียงผู้ตรวจไม่มีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน ซึ่งการตรวจให้

คะแนนอาจใช้วิธีการตรวจแบบมาตราประมาณค่า ซึ่งผู้ตรวจต้องอ่านและจำแนกคำตอบตามช่วงคะแนนกำหนดไว้ จากนั้นจึงตรวจให้คะแนนทีละกลุ่ม และ 2) ออกข้อสอบได้น้อย เนื่องจากการสอบวัดแต่ละครั้งใช้เวลาจำกัด การถามต้องถามเฉพาะเรื่อง จึงทำให้แบบวัดที่นำมาใช้สอบวัดอาจขาดความครอบคลุมครบถ้วนเนื้อหาตามหลักสูตร

4.3.2 แบบวัดแบบเลือกตอบ ซึ่งมีการกำหนดคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1) แบบวัดแบบถูก - ผิด 2) แบบวัดแบบจับคู่ และ 3) แบบวัดแบบแบบเลือกตอบ มีรายละเอียด ดังนี้

4.3.2.1 แบบวัดแบบถูก – ผิด เป็นแบบวัดที่ให้ผู้ตอบพิจารณาข้อความที่เป็นปัญหานั้นว่าถูกหรือผิดตามหลักของเนื้อหาวิชา โดยต้องการให้ผู้ตอบพิจารณาข้อความที่กำหนดให้

หลักการสร้างแบบวัดแบบถูก – ผิด

แบบวัดควรมีประเด็นคำถามที่สำคัญเพียงประเด็นเดียว เพื่อให้คำถามเข้าใจง่าย ชัดเจน ใช้คำถามเชิงปริมาณมากกว่าคุณภาพ และหลีกเลี่ยงคำถามที่เป็นการตัดสินใจ ความคิดเห็นเฉพาะบุคคล

ข้อดีของแบบวัดแบบถูก - ผิด คือ 1) สามารถวัดความสามารถเกี่ยวกับความรู้ความจำได้ดี 2) เหมาะกับการวัดผลการเรียนรู้ที่มีเพียง 2 คำตอบ เช่น ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น เป็นต้น 3) สร้างแบบวัดได้ง่าย ตรวจง่าย ใช้เวลาน้อย มีความเป็นปรนัย 4) สร้างแบบวัดที่ได้เนื้อหาได้มาก ได้จำนวนข้อมากเพราะมีคำตอบที่สั้น ผู้ตอบจึงใช้เวลาน้อย และ 5) สามารถพัฒนาเป็นแบบวัดเลือกตอบได้ ข้อจำกัด คือ 1) ผู้ตอบมีโอกาสได้คะแนนจากการเดาเนื่องจากเลือกจากหนึ่งในสอง 2) ไม่สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุที่ผู้ตอบทำแบบวัดผิด

4.3.2.2 แบบวัดแบบจับคู่ เป็นแบบวัดที่ประกอบด้วยข้อความ 2 คอลัมน์ คอลัมน์แรกจะเป็นรายการข้อคำถาม ที่ประกอบด้วยข้อความ ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ และคอลัมน์ที่สองเป็นรายการตัวเลือกคำตอบที่จะต้องนำข้อความที่มีไว้เพื่อจับคู่กับคอลัมน์แรก ซึ่งประกอบด้วย คำ ประโยค วลี ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ โดยข้อความทั้งสองคอลัมน์ต้องสอดคล้องกัน ซึ่งผู้ตอบจะต้องนำข้อความที่เป็นคำตอบดังกล่าวไปใส่ไว้ช่องว่าง

หลักการสร้างแบบวัดแบบจับคู่

ข้อความหรือรายการคำตอบควรประกอบด้วย คำ ประโยค วลี ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ คำหรือวลีสั้นๆ ซึ่งรายการคำตอบหรือปัญหาควรอยู่ด้านซ้ายมือเพื่อสะดวกในการอ่าน และหาคำตอบที่ถูกต้องในรายการทางขวามือ ในคำถามแต่ละข้อควรถามเฉพาะส่วน

ที่เป็นใจความสำคัญของเนื้อหาเพียงอย่างเดียว แบบวัดแบบจับคู่ชนิดนี้เหมาะในการหาความสอดคล้องของข้อความสองข้อความที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล เช่น อาจจะต้องมีความหมายตรงกัน หรืออาจจะต้องมีคุณลักษณะตรงกัน และควรสร้างแบบวัดที่มีความสัมพันธ์ของข้อความไม่ยากเกินไป

ข้อดีของแบบดังกล่าว คือ 1) สามารถทำแบบวัดได้หลายข้อในเวลาจำกัด เพราะมีข้อคำถามสั้น 2) เป็นแบบวัดที่ต้องการเวลาในการอ่านน้อยและถามครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดได้ทำให้มีความเชื่อมั่นสูง และ 3) เป็นแบบวัดที่สามารถตรวจให้คะแนนสะดวกและรวดเร็ว ข้อจำกัด คือ 1) ผู้สร้างแบบวัดต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อไม่ให้ข้อคำถามเป็นการวัดด้านใดด้านหนึ่งเพียงอย่างเดียว และ 2) ยากที่จะออกแบบสร้างคำถามและคำตอบเพราะมีตัวอย่างคำตอบที่ทำให้ผู้ตอบสามารถเดาหรือเห็นแนวคำตอบที่เป็นไปได้

4.3.2.3 แบบวัดแบบเลือกตอบ เป็นแบบวัดที่ประกอบ 2 ส่วน คือ คำถามและคำตอบแบบตัวเลือก โดยคำถามอาจอาจเป็นข้อความที่ไม่สมบูรณ์ก็ได้ ส่วนคำตอบที่ถูกต้องที่สุดมีเพียง 1 คำตอบ นอกนั้นเป็นคำตอบที่ผิดหรือตัวลวง

หลักการสร้างแบบวัดแบบเลือกตอบ

ข้อความในข้อคำถามควรใช้ประโยคที่สมบูรณ์ มีความหมายชัดเจนและถามเพียงประเด็นเดียว ผู้ตอบสามารถอ่านแล้วเข้าใจตรงกันว่าโจทย์ต้องการถามเรื่องอะไร การใช้คำถามต้องเลือกให้เหมาะกับพื้นฐานความรู้ของผู้ตอบ พยายามหลีกเลี่ยงคำถามที่เป็นปฏิเสธและควรขีดเส้นใต้หรือทำเครื่องหมายอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อเน้นข้อความหรือคำถามที่สำคัญ

ข้อดีของแบบวัดดังกล่าว คือ 1) เป็นแบบวัดที่สามารถวัดพฤติกรรมได้หลายระดับ ตั้งแต่ความจำจนถึงพฤติกรรมระดับสูง 2) โอกาสที่จะตอบถูกโดยการเดามีน้อยกว่าแบบ ถูก-ผิด 3) ตรวจให้คะแนนง่าย รวดเร็ว ส่วนข้อเสีย คือ 1) สร้างได้ยากเพราะต้องคิดตัวเลือก และต้องใช้เวลาสร้างนาน 2) ไม่สามารถวัดเกี่ยวกับความคิด หรือทักษะการเขียน และ 3) ไม่สามารถวัดความรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหา

ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผล ฯ ด้านพุทธิพิสัย แบ่งตามลักษณะการตอบคำถาม แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) แบบวัดแบบเขียนตอบ มีลักษณะให้ผู้ตอบเขียนบรรยายคำตอบ และแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ ซึ่งแบบวัดแบบเขียนตอบ แบ่งออกเป็นแบบวัดแบบเขียนตอบสั้น แบบวัดแบบเติมคำ และแบบวัดแบบความเรียง หรือ แบบวัดแบบอัตนัย และ 2) แบบวัดแบบเลือกตอบ เป็นแบบวัดที่กำหนดคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบตามที่

กำหนดให้ มีลักษณะแบบวัด คือ แบบถูกผิด แบบจับคู่ และแบบเลือกตอบ อย่างไรก็ตาม แบบวัดแบบเขียนตอบ เป็นแบบวัดที่กำหนดให้ผู้ตอบได้ตอบคำถามโดยใช้วิธีเขียนอธิบาย บรรยายโดยใช้ภาษาของตน เพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจ หรือความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และเหมาะสำหรับการวัดพฤติกรรมทางสมองขั้นสูงได้ดี (ฤตินันท์ สมุทร์ทัย, 2562) ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย จึงเลือกใช้ แบบวัดแบบเขียนตอบเพื่อประเมินผล ฯ ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นแบบวัดที่เหมาะกับการประเมินในระดับมหาวิทยาลัย และสามารถวัดพฤติกรรมด้านความคิดระดับสูงได้ โดยข้อคำถามประกอบด้วยข้อความหรือสถานการณ์ และให้ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ภาพประกอบ กราฟ ตารางบันทึกผลการทดลอง รวมถึงค่าคงที่ต่าง ๆ และเปิดโอกาสให้อธิบายวิธีคิด แสดงวิธีทำ หรือให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบ

5. การพัฒนาหลักสูตร

5.1 ความหมายของหลักสูตร

หลักสูตร (Curriculum) เป็นเสมือนแนวทางทางการศึกษาที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้ทั้งเนื้อหาวิชารวมถึงประสบการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้สำเร็จลุล่วง (Armstrong,1989, p.2) โดยการเรียนที่ประสบความสำเร็จจะต้องดำเนินไปตามแนวทางอย่างเหมาะสม (ธีระศักดิ์ แสนท้วม, 2558, น. 31) การพัฒนาของหลักสูตรเริ่มต้นจากแนวคิดของนักการศึกษาคนสำคัญ คือ Bobbitt (1918, p.42) ซึ่งได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการหลักสูตรว่าเป็นการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนที่กำลังเปลี่ยนผ่านจากเด็กเป็นผู้ใหญ่ที่แสดงถึงการประสบความสำเร็จในอนาคต ครอบคลุมประสบการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งภายในโรงเรียนและภายนอกโรงเรียน หลักสูตรจึงเปรียบเหมือนรายการที่กำหนดให้นักเรียนจะต้องทำจนเกิดการพัฒนาด้านทักษะ ประสบการณ์และสามารถดำรงชีวิตได้ จากนั้น หลักสูตร ได้ถูกนำมาใช้เกี่ยวกับการศึกษาอย่างแพร่หลาย โดย รุจิร์ ภู่สาระ (2545, น.1) กล่าวว่า หลักสูตรครอบคลุมความหมาย 5 กลุ่ม ประกอบด้วยตัวอักษรย่อคือ SOPEA ซึ่งแต่ละกลุ่มมีความหมายแตกต่างกัน ดังนี้

5.1.1 หลักสูตรกลุ่ม S (Curriculum as subjects and subject matter) เป็นรายวิชาหรือเนื้อหาที่มีการจัดเรียงลำดับอย่างเป็นขั้นตอน (Good, 1973, p.75; สงัด อุรานันท์, 2529, น.13) ซึ่งเนื้อหาสาระดังกล่าวต้องตรงตามวัตถุประสงค์ และมุ่งเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามลักษณะที่พึงประสงค์ (ชุมศักดิ์ อินทร์รักษ์, 2551)

5.1.2 หลักสูตรกลุ่ม O (Curriculum as objectives) เป็นการนำหลักการแนวคิด ทฤษฎี (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, 2543, น.25) โดยมีเป้าหมายเพื่อจัดการเรียนรู้ประสบการณ์ ตามที่โรงเรียนวางแผนไว้ (Lavatelli et al., 1972)

5.1.3 หลักสูตรกลุ่ม P (Curriculum as plans) เป็นแผนการสอน ซึ่งประกอบด้วย จุดหมาย หลักการ โครงสร้าง จุดประสงค์ เนื้อหา สื่อ (Taba, 1962; กรมวิชาการ, 2540, p.10) มีเป้าหมายเพื่อเปิดโอกาสการเรียนรู้ ประสบการณ์ให้แก่นักเรียน (Saylor, & Alexander, 1974, p.6; ธำรง บัวศรี, 2542, น.7)

5.1.4 หลักสูตรกลุ่ม E (Curriculum as learners' experiences) เป็นประสบการณ์ซึ่งโรงเรียนหรือสถานการศึกษาได้จัดให้แก่นักเรียน (Wheeler, 1974, p.11; นิคม ชมภูหลง, 2542, น.12; วิชัย วงษใหญ่, 2537, น.6)

5.1.5 หลักสูตรกลุ่ม A (Curriculum as educational activities) เป็นกิจกรรมของโรงเรียน หรือสถานการศึกษาที่กำหนดให้แก่นักเรียน (Shaver, & Berlak, 1968, p.9; Trump, & Miller, 1973, p.12)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า หลักสูตรเป็นแนวทางเพื่อการพัฒนานักเรียน โดยมีลักษณะครอบคลุมรายวิชาหรือเนื้อหา จุดหมายที่ผู้เรียนพึงบรรลุ แผนการการสอน ประสบการณ์ต่าง ๆ และกิจกรรม ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ จุดมุ่งหมาย เนื้อหา กิจกรรม และวิธีการวัดและประเมินผล

5.2 ประเภทของหลักสูตร

หลักสูตรมีความแตกต่างกันตามจุดมุ่งหมาย โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (Neagley, & Evans, 1964, pp.3-4; Saylor, & Alexander, 1974, p.231; Taba, 1962, p.1; ธำรง บัวศรี, 2542, น.157-173; บุญชม ศรีสะอาด, 2546, น.50-61) ได้แก่ 1) หลักสูตรที่เน้นเนื้อหาวิชา 2) หลักสูตรที่เน้นผู้เรียน และ 3) หลักสูตรที่เน้นสังคม ดังนี้

5.2.1 หลักสูตรที่เน้นเนื้อหาวิชา ประกอบด้วย หลักสูตรรายวิชา หลักสูตรสหสัมพันธ์ หลักสูตรหมวดวิชา และหลักสูตรวิชาแกน มีรายละเอียด ดังนี้

5.2.1.1 หลักสูตรรายวิชา (The subject matter curriculum) (Neagley, & Evans, 1964, pp.3-4; Saylor, & Alexander, 1974, p.231; Taba, 1962, p.1; ธำรง บัวศรี, 2542, น.157-173; บุญชม ศรีสะอาด, 2546, น.50-61; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2558, น.27-32) เป็นหลักสูตรที่ถูกพัฒนาขึ้นก่อนหลักสูตรประเภทอื่น ๆ มีการจัดสอนแยกรายวิชา และแบ่งเนื้อหาสาระของแต่ละวิชาจะแยกจากกัน เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาไทย เป็นต้น โดยจัดการเรียนรู้ในแต่ละวิชาจะมีลำดับการจัดเรียงเนื้อหาสาระ หรือจัดประสบการณ์ต่าง ๆ อย่างมีลำดับขั้นตอน โดยหลักสูตรรายวิชามีลักษณะสำคัญ (ชาติชาย ม่วงปฐม, 2557) ดังนี้

1) จุดมุ่งหมายของหลักสูตรมุ่งส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนแต่ละด้าน

2) โครงสร้างของเนื้อหาวิชาในหลักสูตร ประกอบด้วยเนื้อหาสาระในแต่ละวิชาที่ไม่เกี่ยวข้องกับวิชาอื่น ๆ ซึ่งถูกจัดไว้อย่างมีระบบ เป็นลำดับขั้นเหมาะสม

3) เน้นการถ่ายทอดเนื้อหาสาระ โดยผู้สอนต้องเตรียมศึกษาเนื้อหาให้เข้าใจ โดยยึดตำราหรือแบบเรียนเป็นแหล่งความรู้ และใช้หลักการบรรยายเพื่ออธิบายสิ่งที่กำหนดไว้ในหลักสูตรให้ได้มากและชัดเจนมากที่สุด

4) การประเมินผล ฯ โดยเน้นเนื้อหาสาระหรือผลการเรียนรู้

5) การปรับปรุงหลักสูตร จะดำเนินการเมื่อเนื้อหาวิชาเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งไม่ได้มาจากความต้องการ เศรษฐกิจ การเมือง สังคม และเทคโนโลยี

หลักสูตรรายวิชาจึงมีการจัดเนื้อหาในหลักสูตรไว้อย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้อย่างต่อเนื่อง กำหนดจุดมุ่งหมายรายวิชาอย่างชัดเจน สะดวกในการออกแบบปรับปรุง เพิ่มเติมเนื้อหาให้สอดคล้องกับยุคปัจจุบัน และสะดวกต่อการวัดและประเมินผล

5.2.1.2 หลักสูตรสหสัมพันธ์ (Correlate Curriculum) (Neagley, & Evans, 1967, pp.3-4; ธำรง บัวศรี, 2532, น.157-173; บุญชม ศรีสะอาด, 2546; น. 50-56; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2551, น. 27-32) เป็นหลักสูตรที่เน้นเนื้อหาวิชา โดยพยายามปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของหลักสูตรดังกล่าว ด้วยการนำเนื้อหาของวิชาต่าง ๆ ที่สอดคล้องกันหรือนำมาเชื่อมโยงกัน (ชาติชาย ม่วงปฐม, 2557, น. 27) โดยมีความสัมพันธ์ตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไป มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดประสบการณ์สองวิชา โดยลักษณะความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชาของหลักสูตรสหสัมพันธ์ (รุจิร์ ภู่สาระ, 2545: 18) คือ 1) จัดให้มีความสัมพันธ์ของวิชาที่ไม่ซับซ้อน 2) วิชาใกล้เคียงกันหรือมีความคาบเกี่ยวกัน ผู้สอนจะต้องดำเนินการวางแผนร่วมกันเพื่อไม่เกิดความซ้ำซ้อนของวิชา 3) ผู้สอนอย่างน้อยสองวิชาอาจวางแผนการสอนร่วมกัน และดำเนินการสอนร่วมกันเป็นคณะ และ 4) กำหนดหัวข้อที่ต้องอาศัยเนื้อหาวิชาหลายสาขามาพิจารณาร่วมกัน และกำหนดเป็นกิจกรรมขึ้น

หลักสูตรดังกล่าวจึงมีเนื้อหาที่มีความสอดคล้อง สามารถจัดกิจกรรมได้อย่างหลากหลายส่งผลให้ผู้สอนและผู้เรียนได้เกิดการขยายความรู้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหลักสูตร ฯ มีความสัมพันธ์ระหว่างวิชาตั้งแต่สองวิชาขึ้นไป ซึ่งต้องอาศัยการบริหารจัดการเวลากับคาบการสอนและการให้ความร่วมมือระหว่างผู้สอน

5.2.1.3 หลักสูตรหมวดวิชา (Broad - field curriculum) (Taba, 1962, p. 1; ธำรง บัวศรี, 2532, น. 157-173; บุญชม ศรีสะอาด, 2546, น. 60-61) เป็นหลักสูตรที่ขยายจากหลักสูตรแบบสหสัมพันธ์ โดยนำเอาหลายเนื้อหามาจัดเป็นวิชาทั่วไป โดยมีแนวคิดที่รวมวิชา 2 ที่มี

ความสัมพันธ์เข้าด้วยกัน และแสดงความความเข้าใจมโนทัศน์ โดยลักษณะสำคัญของหลักสูตรหมวดวิชา (ชาติชาย ม่วงปฐม, 2557, น. 29-30) คือ 1) มีโครงสร้างของหลักสูตร โดยนำเนื้อหาของแต่ละวิชามาเรียงลำดับกัน โดยไม่มีการผสมผสานกัน แต่มีจุดมุ่งหมายของแต่ละหมวดวิชาร่วมกัน และ 2) มีจุดหมายของหลักสูตรครอบคลุมไปถึงพื้นฐานของการดำเนินชีวิต

ดังนั้นหลักสูตร ฯ มีการจัดกลุ่มวิชาที่มีจุดประสงค์ไปในทางเดียวกันทำให้มีเนื้อหาวิชากว้างขวางมากขึ้น และเป็นหลักสูตรที่มีกิจกรรมสอดคล้องกับบริบทประจำวัน อย่างไรก็ตามหลักสูตรหมวดวิชามีจุดประสงค์ครอบคลุมหลาย ๆ วิชา อาจส่งผลต่อการผสมผสานเนื้อหาสาระที่ต้องการรักษาความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละวิชาเอาไว้ ทำให้ความสัมพันธ์ของเนื้อหาขาดหายไป

5.2.1.4 หลักสูตรวิชาแกน (Core curriculum) (Taba, 1962, p. 1; Neagley, & Evans, 1967, p. 3-4; Beckner, & Joe, 1974 p. 140; ธำรง บัวศรี, 2532, p. 157-173; บุญชม ศรีสะอาด, 2546, น. 50-61) มีวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นแกนของวิชาอื่น ๆ และผสานความรู้หลายสาขาเข้าด้วยกัน มุ่งเน้นความสัมพันธ์ของหน้าที่ของนักเรียนมีกับบทบาทของสังคมปัจจุบัน ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางสังคมวางแผนร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีเวลาในการประชุมวางแผน ศึกษาค้นคว้าเก็บข้อมูล และนำเสนอ โดยลักษณะสำคัญของหลักสูตรวิชาแกน (ชาติชาย ม่วงปฐม, 2557, น. 29-30) คือ

1) กำหนดเนื้อหาหลายวิชาเข้าด้วยกัน โดยเป็นกลุ่มวิชาหลัก มีลักษณะการจัดเนื้อหาวิชาและประสบการณ์ โดยจัดให้มีวิชาหลักหรือวิชาบังคับ และจัดให้มีวิชาเลือกหรือวิชาเฉพาะให้นักเรียนเลือกเรียนได้ตามความสมัครใจ

2) ใช้เวลาที่ยืดหยุ่น โดยมีการเน้นทั้งด้านวิชาการและประสบการณ์ และผู้สอนทำหน้าที่แนะแนวโดยมุ่งพัฒนาสติปัญญาเพื่อนำใช้ไปแก้ปัญหา และจัดชั้นเรียนโดยจะรวมเด็กที่มีสติปัญญาแตกต่างกัน เพื่อจัดกิจกรรมให้คล้ายกับสังคมในชีวิตจริง

3) มีการวัดผล ฯ จากความสามารถและพัฒนาการของนักเรียนทุกด้าน

ดังนั้นหลักสูตรแกนเป็นหลักสูตรที่เน้นทั้งสาระและประสบการณ์ควบคู่กันไป การจัดกิจกรรมจึงต้องมีความคล่องตัวและยืดหยุ่น อย่างไรก็ตามหลักสูตรแบบแกนมีการจัดเนื้อหาวิชาไม่เป็นหมวดหมู่ จึงอาจไม่ได้เน้นให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาที่สำคัญ

5.2.2 หลักสูตรที่เน้นผู้เรียน ประกอบด้วย หลักสูตรประสบการณ์ และ หลักสูตรมาตรฐาน หรือ หลักสูตรสมรรถนะ มีรายละเอียด ดังนี้

5.2.2.1 หลักสูตรประสบการณ์ (Activity or experience curriculum) (Taba, 1962, p. 1; Neagley, & Evans, 1967, p. 3-4; Saylor, & Alexander, 1974, p. 231; บุญชม ศรีสะอาด, 2546, น. 50-61; ธำรง บัวศรี, 2532, น. 157-173; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช, 2551, น. 27-32) หรือ หลักสูตรกิจกรรม เป็นหลักสูตรที่เน้นการเรียนรู้ที่เกิดปฏิบัติ โดยเชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากประสบการณ์ชีวิต โดยมีลักษณะสำคัญ (ชาติชาย ม่วงปฐม, 2557, น. 26) ดังนี้

1) ยึดถือการศึกษาว่าเป็นกระบวนการพัฒนาที่ต่อเนื่องของชีวิต โดยเน้นพัฒนาการทุกด้านและคำนึงถึงความถนัดและความสนใจของนักเรียน

2) เป็นหลักสูตรที่จัดเนื้อหาวิชาที่สอดคล้องกับประสบการณ์จริง โดยยึดผู้เรียนและมุ่งให้สามารถแก้ปัญหาได้ ส่งเสริมการปฏิบัติ และการมีส่วนในทุกกิจกรรม รวมถึงด้านวัดผลประเมินผล ฯ

หลักสูตร ฯ จึงส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนในกิจกรรมที่ตรงกับความสนใจเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ รวมถึงการได้รับประสบการณ์ตรง อย่างไรก็ตาม การจัดเนื้อหาวิชาในหลักสูตรประสบการณ์ที่สอดคล้องกับประสบการณ์ของผู้เรียนยังเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากผู้เรียนเมื่ออายุมากขึ้นย่อมมีประสบการณ์แตกต่างกัน หลักสูตรดังกล่าวจึงเหมาะสำหรับจัดในระดับประถมศึกษา

5.2.2.2 หลักสูตรมาตรฐาน หรือ หลักสูตรสมรรถนะ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช, 2551, p. 27-32) ได้แก่

1) หลักสูตรอิงมาตรฐาน โดยมีมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายในการกำหนดเนื้อหา กระบวนการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

2) หลักสูตรมาตรฐาน เป็นหลักสูตรที่พัฒนาสมรรถนะของนักเรียนโดยตรง ซึ่งกำหนดให้ศึกษาครบตามรายวิชาในหลักสูตร โดยหลักสูตรดังกล่าวมีลักษณะสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) คือ มุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดความสามารถในการใช้ชีวิต โดยมีการกำหนดสมรรถนะหลักที่เหมาะสมแต่ละช่วงชั้น และให้ความสำคัญกับพฤติกรรม สามารถใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา และสามารถปรับตามความต้องการของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

หลักสูตร ฯ จะช่วยพัฒนาสมรรถนะหลักที่เกี่ยวข้องต่อการใช้ชีวิต การทำงาน และช่วยลดภาระและเวลาในการสอบตามตัวชี้วัดจำนวนมาก เพราะสามารถวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะหลัก (นรรัชต์ ฝันเชียร, 2563) อย่างไรก็ตามหลักสูตรมาตรฐาน หรือ หลักสูตรสมรรถนะเป็นการปรับเปลี่ยนหลักสูตรการเรียนรู้ใหม่ โดยเปลี่ยนจุดเน้นจากที่เคยเป็นหลักสูตรที่เน้นเนื้อหา ไปเป็นหลักสูตรที่เป็นฐาน

สมรรถนะ ซึ่งอาจลดภาระการจัดกิจกรรมตามตัวชี้วัดจำนวนมาก แต่เนื่องจากเป็นการปรับเปลี่ยนจุดเน้นซึ่งก็ยังต้องอาศัยเวลาการศึกษาในการออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะ

5.2.3 หลักสูตรที่เน้นสังคม มีรายละเอียด ดังนี้

5.2.3.1 หลักสูตรที่เน้นกิจกรรมและปัญหาทางสังคม (ชาติชาย ม่วงปฐม, 2557; บุญชม ศรีสะอาด, 2546) มีพื้นฐานคือหน้าที่ทางสังคม ที่เชื่อว่าเป็นเรื่องเกี่ยวกับปัญหาหรือเรื่องต่าง ๆ ของชีวิตที่เกิดขึ้นในสังคมหรือชุมชน และเชื่อว่าโรงเรียนเป็นที่อบรมนักเรียนเพื่อพัฒนาสังคมได้ ดังนั้นกิจกรรมในหลักสูตร จึงเน้นกิจกรรมทางสังคมมากกว่าการเน้นเนื้อหาวิชา ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ 1) เป็นหลักสูตรที่จัดเนื้อหาสาระให้มีความสัมพันธ์กับชีวิตจริงของคนในสังคม เน้นการลงมือกระทำจริง เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตจริง และ 2) ใช้โรงเรียนเป็นที่อบรมนักเรียนโดยตรง

หลักสูตรดังกล่าว จึงเน้นกิจกรรมและปัญหาเกี่ยวกับสังคม ซึ่งส่งเสริมการเรียนรู้รูปแบบ Active Learning กล่าวคือ ผู้เรียนมีส่วนในการทำกิจกรรมและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ อย่างไรก็ตามหลักสูตร ฯ อาจมีผลต่อเนื้อหาวิชา เนื่องจากมีจุดเน้นที่ประสบการณ์และความสนใจของนักเรียนและ การนำไปปฏิบัติจริงอาจกระทำได้ยากเพราะกิจกรรมในสังคมมีหลายแง่มุม ทำให้ไม่สามารถจัดการเรียนรู้ได้ครบคลุมทั้งหมด

ดังนั้นหลักสูตร แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) หลักสูตรที่เน้นเนื้อหาวิชา 2) หลักสูตรที่เน้นผู้เรียน และ 3) หลักสูตรที่เน้นสังคม ซึ่งหลักสูตรแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยหลักสูตรที่เน้นเนื้อหาวิชา เช่น หลักสูตรรายวิชา มีลักษณะสำคัญ คือเป็นหลักสูตรที่มุ่งส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายรายวิชาอย่างชัดเจน โดยกำหนดโครงสร้างของเนื้อหาวิชาในหลักสูตรอย่างมีระบบ เป็นลำดับขั้นตอนที่สะดวกต่อการจัดกิจกรรม การวัดและประเมินผล ฯ และการบริหารจัดการของผู้สอนในการออกแบบ ปรับปรุงเพิ่มเติมเนื้อหาให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน โดยผู้วิจัยได้เลือกพัฒนาหลักสูตรประเภทหลักสูตรรายวิชา เนื่องจากผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบรายวิชาเพียงผู้เดียว และรับผิดชอบตลอดในระยะ 2 ปีที่ผ่านมา จึงเข้าใจแนวทางการพัฒนาปรับปรุงหลักสูตร รวมทั้งผลสืบเนื่องมาจากการทวนสอบรายวิชาทำให้ทราบว่าควรมีการแก้ไขหรือปรับปรุง อีกทั้งหลักสูตรรายวิชามีลักษณะที่ชัดเจนประเภทของหลักสูตรรายวิชาจึงเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์ ฯ ที่สร้างขึ้นใหม่ก่อนนำไปทดลองใช้

5.3 ขั้นตอนหรือกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา

5.3.1 ขั้นตอนหรือกระบวนการพัฒนาหลักสูตร ฯ

การพัฒนาหลักสูตร เป็นการปรับปรุงหลักสูตรที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น (เมทินี จำปาแก้ว, 2550; สมนึก ทองเพ็ชร, 2552) หรือ หรือเป็นการสร้างหลักสูตรใหม่เพื่อให้มีประสิทธิภาพ สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้มีความเหมาะสม และพัฒนาทั้งด้านความรู้ ความคิด สติปัญญา รับผิดชอบตนเองและสังคมได้ (เนตรชนก ฤกษ์หร่าย, 2552) จากการศึกษาขั้นตอนหรือกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา พบว่า นักการศึกษาหลายท่านได้ใช้ขั้นตอนหรือกระบวนการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา โดยเริ่มจากการศึกษาขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตร มาใช้เป็นแนวทางพื้นฐานในการกำหนดขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา โดยมีรายละเอียดดังนี้

Tyler (1949) ถือว่าเป็นแนวคิดพื้นฐานหรือแนวคิดต้นแบบเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร โดยมีแนวคิดหลักที่สำคัญ คือ การให้ความสำคัญเกี่ยวกับเป้าหมายและวิธีการ ที่เรียกว่า “Tyler’s rationale” ซึ่ง ดาหวัน นาคแดง (2551, น.15-20) และธีระศักดิ์ แสนท้วม (2558, น.37-44) ได้นำแนวคิดของ Tyler (1949) มาใช้เป็นพื้นฐานการพัฒนาหลักสูตร ฯ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) จุดมุ่งหมายทางการศึกษาสำหรับโรงเรียน 2) ประสบการณ์ทางการศึกษา และ 3) การบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

การพัฒนาหลักสูตร ฯ จึงเน้นข้อมูลพื้นฐานเพื่อกำหนดเป้าหมายของการศึกษา คือ ประสบการณ์ทางการศึกษา เพื่อนำมากำหนดเป็นจุดมุ่งหมายและนอกจากนั้นด้านการประเมินผลยังได้คำนึงถึงผลการจัดกิจกรรมและประสบการณ์ตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

Taba (1962) มีแนวคิดว่าครูเป็นผู้นำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติ จึงควรเป็นผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตร หลักสูตร จึงเป็นแผนสำหรับการเรียนรู้ที่จะเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นสมาชิกที่ดีของสังคม ซึ่งจากการศึกษาพบว่า งานวิจัยของ ปานแข รุ่งฟ้า (2550, น. 11-15) ได้นำแนวคิดดังกล่าวมาใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) การวิเคราะห์สภาพปัญหาความต้องการ ความจำเป็นของนักเรียนและสังคม และธรรมชาติของวิชา เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2) การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ข้อที่ 1) มาเป็นหลักในการพิจารณา

3) การเลือกเนื้อหาวิชา โดยพิจารณาจากผลการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

4) การจัดลำดับเนื้อหา โดยพิจารณาตามความเหมาะสมของลำดับการเรียนรู้และความต่อเนื่องสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระ

5) การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ โดยพิจารณาจากกระบวนการและวิธีการจัดกิจกรรมแบบต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการคัดเลือกประสบการณ์ ฯ ที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและเนื้อหา

6) การจัดลำดับประสบการณ์การเรียนรู้ โดยพิจารณาจากลำดับความต่อเนื่องสัมพันธ์ของประสบการณ์

7) การกำหนดวิธีการประเมินผล เพื่อต้องการศึกษาพฤติกรรมตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้และความเหมาะสมของเนื้อหาวิชาและกระบวนการเรียนการสอน

ดังนั้น แนวทางการพัฒนาหลักสูตร ของ Taba (1962) ได้เน้นวางแผนการเรียนรู้ การเลือกวิธีการสอนแบบต่าง ๆ และจัดลำดับเนื้อหาอย่างชัดเจน เพื่อใช้เป็นแนวทางให้แก่ผู้สอน

Saylor and Alexander (1974, p. 22) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการวางแผนหรือพัฒนาหลักสูตร โดยมีจุดเน้นการพัฒนาหลักสูตร คือ ความเป็นระบบ ได้แก่ 1) ปัจจัยนำเข้า คือ ผู้เรียน 2) กระบวนการ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดเป้าหมายวัตถุประสงค์และขอบเขต เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีประสบการณ์การเรียนที่หลากหลาย ซึ่งต้องพิจารณาปัจจัยภายนอก ได้แก่ องค์ความรู้ เป้าหมายของสังคม ระบบคุณค่า ความต้องการ ของผู้เรียน และกระบวนการเรียนรู้

2) การออกแบบหลักสูตร เป็นการสังเคราะห์วัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่มีความเฉพาะเจาะจง นำไปสู่การออกแบบหลักสูตร เพื่อพัฒนาคุณภาพของนักเรียน

3) การนำหลักสูตรไปใช้ เป็นบทบาทของผู้สอนที่จะนำหลักสูตรไปใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยพิจารณาเลือกวิธีการสอนที่มีส่วนสัมพันธ์กับนักเรียนและหลักสูตร และคำนึงถึงนักเรียนเป็นสำคัญและการเลือกใช้สื่อ

4) การประเมินผลหลักสูตร เป็นขั้นสุดท้ายของการวางแผนหลักสูตร โดยมีหลักการประเมิน 2 ประการคือ 1) การประเมินผลรวมของการใช้หลักสูตรทั้งโรงเรียน และ 2) การประเมินหลักสูตรทั้งระบบ

จากการศึกษาขั้นตอนหรือกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตร พบว่า เป็นขั้นตอนหรือกระบวนการในการพัฒนาหลักสูตรที่ให้ความสำคัญกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรทั้งระบบ ที่ต้องอาศัยข้อมูลกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหลายส่วน เช่น นักเรียน ครู สถานศึกษา รวมถึงคณะกรรมการผู้ประเมินหลักสูตร ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลอาจจะใช้ระยะเวลานาน

สงัด อุทรานันท์ (2532, น.38) ได้ประยุกต์แนวคิดของ Tyler (1949) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดข้อมูลพื้นฐาน เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

2) กำหนดจุดมุ่งหมาย เป็นวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นที่ 1 เพื่อแก้ปัญหา

3) คัดเลือกเนื้อหาสาระและประสบการณ์ ที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย

4) กำหนดเกณฑ์การวัดและประเมินผล

5) ทดลองใช้หลักสูตร ภายหลังจากได้มีการร่างหลักสูตร

6) ประเมินผลการใช้หลักสูตร ฯ

7) ปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรก่อนนำไปใช้

ดังนั้น กระบวนการพัฒนาหลักสูตรที่ให้ความสำคัญกับการใช้หลักสูตร เพื่อต้องการหาข้อบกพร่องของหลักสูตรก่อนที่จะนำหลักสูตรไปใช้จริง

สรุปได้ว่า หลักสูตรมีขั้นตอนอย่างเป็นระบบ สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตรครอบคลุมหลักสูตรได้ทุกประเภท และเป็นแนวทางพื้นฐานในการกำหนดขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา การพัฒนาจึงเป็นระบบ เกี่ยวข้องกับทั้งสังคม ท้องถิ่น สถานศึกษา ผู้สอน เพื่อมุ่งหวังในการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุตามจุดประสงค์

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร และได้นำมากำหนดเป็นขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ มุ่งเน้นไปที่การวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการเลือกและมีการจัดลำดับเนื้อหาอย่างชัดเจน รวมถึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ และคำนึงถึงหลักสูตรเดิมที่มีอยู่ก่อนโดยระบุสิ่งที่ปรากฏใหม่ในหลักสูตรเพื่อไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนกับเนื้อหาที่มีอยู่และใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อผู้เรียนและสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ดังนี้

1) สำรวจความต้องการของผู้เรียน โดยศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เช่น สภาพรายวิชา และปัญหาที่เกิดขึ้นหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2) การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยใช้ข้อมูลจากศึกษา ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1 มาวิเคราะห์ ตามประเด็น โดยคำนึงถึงสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมจากหลักสูตรที่กำหนด

3) การจัดเนื้อหาสาระ โดยการนำเนื้อหาสาระต่าง ๆ ที่ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้น มาวิเคราะห์ความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และยังคงสาระหรือเนื้อหาหลักของหลักสูตรเดิมไว้

4) การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ โดยศึกษากระบวนการเรียนรู้และวิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของ หลักสูตรและเนื้อหา และนำมาจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

5) การกำหนดการวัดและประเมินผล โดยกำหนดเกณฑ์ที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

6) เป็นการนำหลักสูตรรายวิชาไปใช้

7) การประเมินผลการใช้หลักสูตร เป็นการประเมินผลการใช้หลักสูตรหลังนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

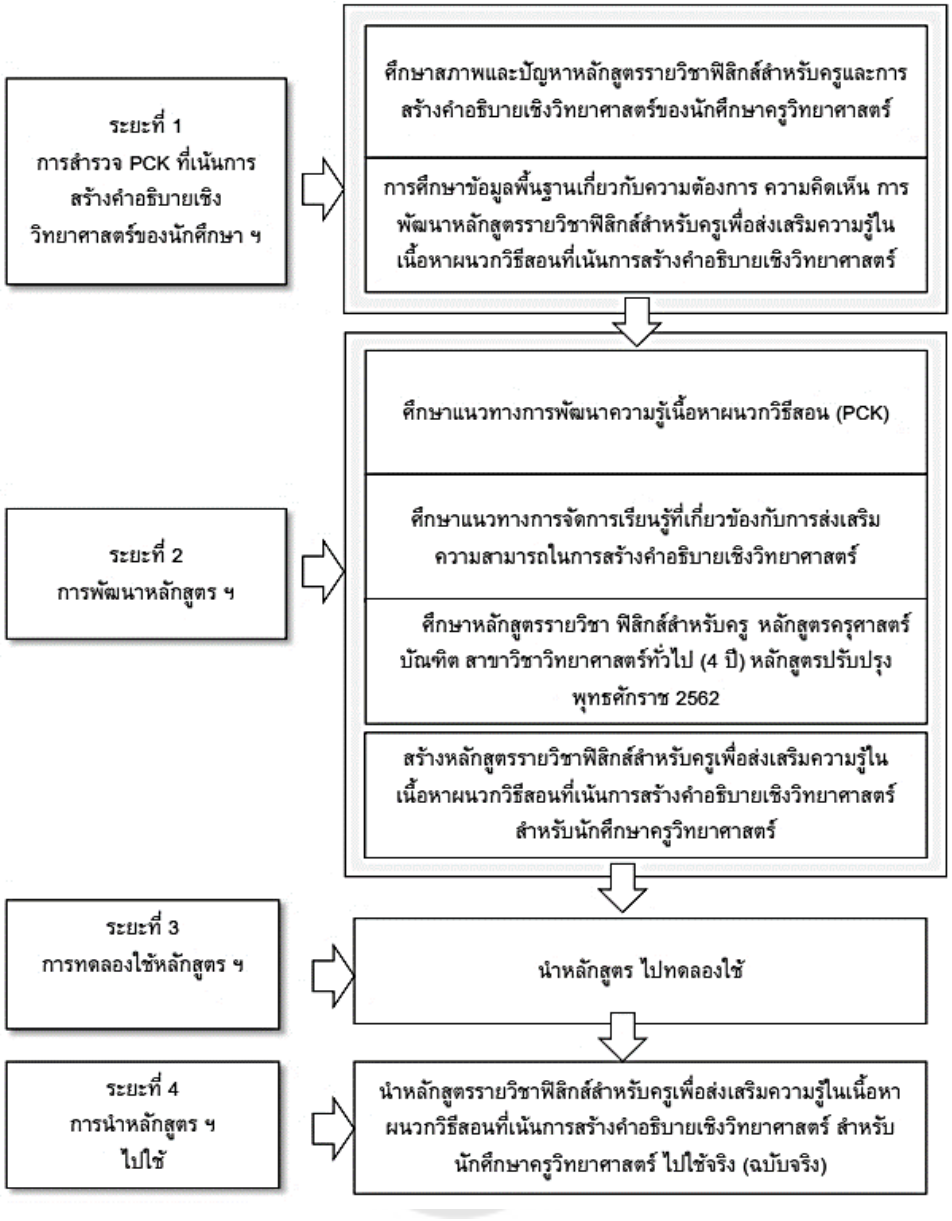
การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ พัฒนาขึ้นโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative data) ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative data) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ 2) เพื่อศึกษาผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ และ 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏหลังเรียนด้วยหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ ที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การสำรวจ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ (R_1) เป็นการศึกษาความต้องการ ความคิดเห็น ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร ฯ

ระยะที่ 2 การพัฒนาหลักสูตร ฯ เป็นการนำข้อมูลจากการสำรวจ PCK มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู (D1)

ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร ฯ เป็นการศึกษานำร่องการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู เพื่อพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรก่อนนำไปใช้จริง (R2, D2)

ระยะที่ 4 การนำหลักสูตร ฯ ไปใช้ เป็นนำผลการทดลองใช้หลักสูตร ฯ หลังจากแก้ไขปรับปรุงแล้วไปใช้จริงและปรับปรุงครั้งสุดท้ายหลังจากการนำไปใช้ (R3, D3)



ภาพประกอบ 14 ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ

ระยะที่ 1 การสำรวจ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ (R1)

การสำรวจ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1) ศึกษาสภาพและปัญหาเกี่ยวกับหลักสูตร ฯ

ผู้วิจัยได้ศึกษาคู่มือยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏ สาขาครุศาสตร์และสาขาศึกษาศาสตร์ หลักสูตรสี่ปี พบว่า โครงสร้างหลักสูตร ฯ กำหนดให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ต้อง

เรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป หมวดวิชาวิชาเฉพาะด้าน ประกอบด้วย วิชาชีพครู วิชาปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา วิชาเอกบังคับ วิชาเอกเลือก และ หมวดวิชาเลือกเสรี โดยมีวัตถุประสงค์ของหลักสูตรเพื่อให้นักศึกษาครูมีความรู้ เทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ แนวคิดหลักการที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ การวัดประเมินผล การจัดการชั้นเรียน สามารถวางแผนออกแบบปฏิบัติการสอน จัดการชั้นเรียนวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนของตนได้อย่างเหมาะสม จากนั้นทำการวิเคราะห์หลักสูตรและคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู พบว่า มีคำอธิบายรายวิชาเกี่ยวกับส่วนที่เป็นการศึกษาเนื้อหาความรู้ด้านฟิสิกส์และนำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และส่วนที่ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านฟิสิกส์เพื่อการจัดการเรียนรู้ ฯ ซึ่งทำให้ทราบว่านักศึกษาครูไม่สามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนประกอบกับแผนการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษายังเป็นแผนที่มาจากการสืบค้นโดยยังไม่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์เท่าที่ควร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาดังกล่าวยังไม่ส่งเสริม PCK ให้กับนักศึกษาครูได้

2) ศึกษาสภาพและปัญหาเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพและปัญหาเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า ปัญหาการของการสร้างคำอธิบายซึ่งสะท้อนได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลคะแนนสอบของ PISA ทั้งในนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งยังประสบปัญหาด้านการให้เหตุผล โดยนักเรียนส่วนใหญ่ขาดการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ขาดการวิเคราะห์ข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นหลักฐาน นอกจากนั้นในส่วนของนักศึกษาครู ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์อาจารย์นิเทศก์มหาวิทยาลัยและครูพี่เลี้ยงของนักศึกษา มีรายละเอียดได้ ดังนี้

2.2.1) ทบทวนเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ CER จากนั้นสร้างแบบสัมภาษณ์ ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู

2.2.2) นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ 1 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบสัมภาษณ์ แล้วนำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยในแต่ละข้อต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (Rovinelli, & Hambleton, 1977) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อ

คำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในช่วง 0.67 - 1.00 และค่าเฉลี่ยความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบสัมภาษณ์อยู่ในช่วง 4.66 – 5.00 แสดงว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

2.2.3) ปรับปรุงและแก้ไขแบบสัมภาษณ์ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ ข้อ 2.1 โดยข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญระบุว่าอาจจะต้องมีการสอบถามเพิ่มเติมว่าหลักฐานที่ใช้สนับสนุนมาจากแหล่งใด ปรับปรุงข้อคำถาม ข้อ 8. โดยข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ระบุว่า อาจจะมีการสอบถามว่าถ้าไม่ครบ ขาดองค์ประกอบใดเป็นส่วนใหญ่ ผู้วิจัยจะได้นำมาเป็นข้อสังเกตในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัย ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยเพิ่มข้อคำถามเพิ่มเติม ว่า “ถ้านักศึกษาไม่สามารถระบุคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ นักศึกษาขาดการระบุองค์ประกอบใดเป็นส่วนใหญ่” และปรับปรุงข้อคำถาม ข้อ 1.2 โดยข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ระบุว่าท่านคิดว่าข้อกล่าวอ้างของนักศึกษาถูกต้อง สอดคล้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร ซึ่งผู้วิจัย ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะเนื่องจากผู้วิจัยคิดว่า เมื่อเพิ่มคำว่า สอดคล้อง เข้าไปเพื่อเป็นคำตอบทางเลือกโดยผู้ถูกสัมภาษณ์อาจตอบว่า ข้อกล่าวอ้างของนักศึกษาอาจจะไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด แต่อาจจะสอดคล้อง หรือมีส่วนใดส่วนหนึ่งถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.2.4) นำแบบสัมภาษณ์ไปทำการสัมภาษณ์กับอาจารย์นิเทศก์มหาวิทยาลัยจำนวน 3 คน และครูพี่เลี้ยงของนักศึกษาชั้นปีที่ 5 จำนวน 3 คน

2.2.5) เก็บรวบรวมข้อมูลการสัมภาษณ์ ซึ่งข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ และข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการสัมภาษณ์พบว่าอาจารย์นิเทศก์มหาวิทยาลัยจำนวน 3 คน ที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และการเป็นอาจารย์นิเทศก์ไม่น้อยกว่า 7-9 ปี และครูพี่เลี้ยงของนักศึกษา ฯ จำนวน 3 คน ประกอบด้วย ครูพี่เลี้ยงที่มีประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์และการเป็นครูพี่เลี้ยงไม่น้อยกว่า 7-9 ปี จำนวน 2 คน และมีประสบการณ์ในการสอนไม่น้อยกว่า 10 ขึ้นไป จำนวน 1 คน ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู มีประเด็น ดังนี้ 1) การใช้หลักฐานที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างไม่มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากแหล่งข้อมูลไม่น่าเชื่อถือ หรือใช้แหล่งข้อมูลเดียวและข้อมูลไม่ได้เกิดจากสังเคราะห์ ซึ่งต้องชี้นำ 2) การใช้หลักฐานที่ไม่เหมาะสมและไม่เพียงพอ ส่งผลให้นักศึกษาตอบคำถามไม่ตรงประเด็น หรือไม่สอดคล้องกับแนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ และบางครั้งจะเกิดคำถามย้อนกลับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักศึกษาครู

วิทยาศาสตร์ยังประสบปัญหาในการสร้างคำอธิบาย และ 3) ปัญหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยังไม่มีการเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน เช่น การสรุปกิจกรรมการแข่งขันการทดลอง ที่นักศึกษาครูมุ่งสรุปเพียงผลการแข่งขันและอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการขาดการเชื่อมโยงหลักฐานจากการทดลอง

3) ศึกษาสภาพและปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สภาพและปัญหาดังกล่าวสะท้อนได้จากคุณภาพการศึกษาของนักเรียน เช่น ผลคะแนนการสอบ PISA ของนักเรียนไทยด้านความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ยังต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย ซึ่งมีสาเหตุสำคัญหลายประการ เช่น การขาดความลึกซึ้งเชี่ยวชาญในเนื้อหา การจัดการเรียนรู้ของครูที่ไม่สามารถส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองของนักเรียน หรือสาเหตุด้านการพัฒนาครู เช่น แนวทางการพัฒนาครูไม่สามารถส่งเสริมศักยภาพของครูให้มีคุณภาพได้อย่างแท้จริง กระบวนการผลิตครูที่ไม่สะท้อนความรู้ความสามารถที่โดดเด่น ขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการกลยุทธ์หรือแนวทางการสอนที่สอดคล้องกับนโยบายการศึกษาอย่างต่อเนื่อง และไม่สามารถสะท้อนสมรรถนะของการเป็นครูได้อย่างชัดเจน

ระยะที่ 2 การพัฒนาหลักสูตร ฯ (D1)

ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตร ฯ ประกอบด้วย 5 ประเด็น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์

วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK ที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทและสภาพรายวิชา และเหมาะสมกับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ยังไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย วิธีการสาธิตการสอน วิธีการแสดงบทบาทสมมติ และ วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง นอกจากนั้นยังใช้วิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และการเขียนอนุทิน เพื่อสะท้อนองค์ประกอบของ PCK โดยมีองค์ประกอบ ฯ ตามแนวคิดของ Magnusson et al. (1999) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการสอนของวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ และความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2) การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล หรือ CER ส่วนแนวคิด/รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายดังกล่าว ประกอบด้วย 1) การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน 2) การจัดการเรียนรู้

แบบเอ็กซ์พลิซิท 3) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E 4) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MBI 5) รูปแบบการเรียนการจัดการเรียนรู้แบบ ADI 6) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่ง 7) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA 8) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CBL และกลยุทธ์ที่ใช้สอดแทรกร่วมกับแนวทาง/รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ กลยุทธ์ CER กลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ กลยุทธ์การเสนอสมมติฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ กลยุทธ์ทำนาย-สังเกต-อธิบาย กลยุทธ์แบบจำลอง และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ (รายละเอียดในบทที่ 2 ดังตาราง 3) จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของแนวทาง/รูปแบบดังกล่าวร่วมกับกลยุทธ์ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยลักษณะความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) มีส่วนร่วมในการตั้งประเด็นปัญหาและระบุข้อกล่าวอ้าง 2) มีส่วนร่วมในการสำรวจตรวจสอบเพื่อค้นหาหลักฐาน และสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงหลักฐาน 3) สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 4) มีส่วนร่วมในการโต้แย้งเมื่อเห็นว่ามีคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม และ 5) เชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการใช้หลักฐานและการให้เหตุผลไปใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์อื่น

3) PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยเริ่มต้นจากศึกษาองค์ประกอบของ PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบ CER รวมถึงวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบาย เพื่อนำมาพัฒนาองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการสอนวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ 3) ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน 4) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ 5) ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายละเอียดในบทที่ 2 ดังตาราง 8)

4) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตร

ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร ฯ ตามแนวคิดหลักของ Tyler (1949) เป็นหลักสรุปได้ 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) สำรวจสภาพปัญหาความต้องการของนักศึกษาครู 2) การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร 3) การจัดเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร 4) การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ 5) การกำหนดการวัดและประเมินผล 6) การนำหลักสูตร ฯ ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ และ 7) การประเมินผลการใช้หลักสูตร

5) การพัฒนาหลักสูตร ฯ

ขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร ฯ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

5.1) การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

5.1.1) สำรวจสภาพปัญหาและความต้องการของนักศึกษาครู โดยเป็นข้อมูลจากการสำรวจ PCK ซึ่งพบว่า พบว่าในคำอธิบายรายวิชามีการส่งเสริมให้นักศึกษาครูได้นำความรู้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ตลอดจนสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ แต่ในการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมายังไม่สะท้อนว่านักศึกษาครูมีการประยุกต์ใช้ความรู้ดังกล่าว อีกทั้งปัญหาเกี่ยวกับองค์ประกอบการให้เหตุผลที่ยังเป็นอุปสรรคต่อการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู ดังนั้น PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงปันแนวคิดในการจัดทำหลักสูตร ฯ

5.1.2) การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยวิเคราะห์เนื้อหาหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชาที่มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลาง ฯ เพื่อนำไปสู่การออกแบบการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) นักศึกษาครูมีความรู้ ความเข้าใจ นำความรู้และความเข้าใจมาใช้แก้โจทย์ปัญหาและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2) นักศึกษาครูสามารถวิเคราะห์เนื้อหา ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดในระดับชั้นต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลาง ฯ รวมถึง แนวคิด หลักการเกี่ยวกับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้เรียน วิธีจัดการเรียนรู้และการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3) นักศึกษาครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

5.1.3) การจัดเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยการเพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้และองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์เพิ่มเติมแต่และยังคงเนื้อหาของหลักสูตรเดิมไว้

5.1.4) การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์เนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ตามขั้นตอน 5.1.1.3) และนำวิธีการพัฒนา PCK มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อช่วยสะท้อน PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู จากนั้นจัดทำโครงสร้างของรายวิชา ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 11 แสดงโครงสร้างรายวิชา

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนชั่วโมง
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK		
1	การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	● แนะนำรายวิชา ● การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	● แนะนำโครงสร้างรายวิชา ฟิสิกส์สำหรับครู 2 เช่น คำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ● ใช้กลยุทธ์ ทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) เพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเน้นเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย การระบุข้อกล่าวอ้างเพื่อตอบคำถามและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล ● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กรณีตัวอย่างเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI รวมถึงกลยุทธ์ที่ใช้ร่วมกับกับการจัดการเรียนรู้ เช่น กลยุทธ์แบบจำลอง กลยุทธ์ POE เป็นต้น รวมถึงวิธีการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	- วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง (Case)	1. ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2. ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3
2	ความร้อนความร้อนและเทอร์มอ-ไดนามิกส์	● อุณหพลศาสตร์เบื้องต้น ● ความร้อน ● ความจุความร้อนจำเพาะ	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บริบทเป็นฐาน (CBL) มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงาน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการเรียนรู้แนวคิดสำคัญ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้แนวคิดไปสู่บริบทอื่นที่เกี่ยวข้อง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการ	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3

ตาราง 10 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนชั่วโมง
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK		
			เรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (CBL) ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหา เรื่อง “ความร้อน”			
3	แสง	• ธรรมชาติของแสง • การวัดและอัตราเร็วแสง • การกระจายของแสง • การสะท้อนกลับหมด	• จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บริบทเป็นฐาน (CBL) ร่วมกับกลยุทธ์ร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงาน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการเรียนรู้แนวคิดสำคัญ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้แนวคิดไปสู่บริบทอื่นที่เกี่ยวข้อง • ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (CBL) ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหา เรื่อง “แสง” • ร่วมกันศึกษากรณีตัวอย่างเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง “แสง” จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration) - วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง (Case)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2. ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน	3
4	การเกิดภาพ	• การเกิดภาพ • การหาความยาวโฟกัสของเลนส์ • กล้องจุลทรรศน์ • กล้องโทรทรรศน์	• จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้บริบทเป็นฐาน (CBL) ร่วมกับกลยุทธ์ร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงาน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการเรียนรู้แนวคิดสำคัญ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้แนวคิดไปสู่บริบทอื่นที่เกี่ยวข้อง	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3

ตาราง 10 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนชั่วโมง
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK		
5	สนามไฟฟ้า	● สมบัติของประจุไฟฟ้า ● การชาร์จประจุด้วยวิธีการเหนี่ยวนำ ● สนามไฟฟ้า	● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (CBL) ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหา เรื่อง “การเกิดภาพ” ● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์ ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนรู้และอยากรู้ ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ ขั้นตอนที่ 4 ค้นหาหลักฐาน ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหา เรื่อง “สนามไฟฟ้า”	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3
6	ศักย์ไฟฟ้า	● ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์ ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนรู้และอยากรู้ ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมมติฐานที่ทดสอบ ขั้นตอนที่ 4 ค้นหาหลักฐาน	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3

ตาราง 10 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนชั่วโมง
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK		
			ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหาเรื่อง “ศักย์ไฟฟ้า”			
7	ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก	● การคำนวณค่าความจุไฟฟ้า ● การต่อตัวเก็บประจุ ● พลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุ	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการบรรยาย ร่วมกับใช้สื่อประกอบการบรรยาย เรื่อง “ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก” ● ร่วมกันอภิปรายสรุปเนื้อหา เรื่อง “ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก” ● ร่วมกันศึกษากรณีตัวอย่าง จากเนื้อหา เรื่อง ‘‘ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก” ที่สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ ● มอบหมายให้นักศึกษา (รายกลุ่ม) วิเคราะห์และสรุปเอกสารโดยศึกษาวิเคราะห์เป้าหมายของหลักสูตร เนื้อหาสาระในหลักสูตร มาตรฐาน ตัวชี้วัดของหลักสูตร ที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์	- วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง (Case)	1. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3
8 9	สอบกลางภาค กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน	● กระแสไฟฟ้า ● ความต้านทาน ● ความต้านทาน	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการ	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3

ตาราง 10 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนชั่วโมง
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK		
		และอุณหภูมิ	สาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์ ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนรู้และอยากรู้ ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ ขั้นตอนที่ 4 ค้นหาหลักฐาน ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหาเรื่อง “กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน”			
10	ไฟฟ้ากระแสตรง	● แรงเคลื่อนไฟฟ้า ● การต่อตัวต้านทาน ● กฎของเคอร์ชอฟ ● ความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้า	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์ ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนรู้และอยากรู้ ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ ขั้นตอนที่ 4 ค้นหาหลักฐาน ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการ	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration) - วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง (Case)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2. ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน	3

ตาราง 10 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนชั่วโมง
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK		
11	สนามแม่เหล็ก	• การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ • แรงที่แม่เหล็กกระทำบนตัวนำ	เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหาเรื่อง “ไฟฟ้ากระแสตรง” • ร่วมกันศึกษากรณีตัวอย่างเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง “ไฟฟ้าและความต้านทาน” จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง • จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์ ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนรู้และอยากรู้ ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ ขั้นตอนที่ 4 ค้นหาหลักฐาน ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง • ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหาเรื่อง “สนามแม่เหล็ก”	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3
12	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	• คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า • สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	• จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3

ตาราง 10 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนชั่วโมง
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK		
			ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนรู้และอยากรู้ ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ ขั้นตอนที่ 4 ค้นหาหลักฐาน ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหาเรื่อง “สนามแม่เหล็ก”			
13	ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น	● ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการบรรยาย ร่วมกับใช้สื่อประกอบการบรรยาย เรื่อง “ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก” ● ร่วมกันอภิปรายสรุปเนื้อหาเรื่อง “ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก”	-	-	3
14	โมเลกุลและของแข็ง	● พันธะในโมเลกุล ● การยึดเหนี่ยวในของแข็ง ● การนำไฟฟ้าในโลหะ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนและสะท้อนความคิดโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บริบทเป็นฐาน (CBL) ร่วมกับกลยุทธ์แบบจำลอง และกลยุทธ์ร่วมมือร่วมใจ มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงาน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการเรียนรู้แนวคิดสำคัญ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้แนวคิดไปสู่บริบทอื่นที่เกี่ยวข้อง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการ	- วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)	1. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3

ตาราง 10 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จำนวนชั่วโมง
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK		
15	การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	● หลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ● แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	จัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (CBL) ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหา เรื่อง “โมเลกุลและของแข็ง” ● การแสดงบทบาทสมมติ เกี่ยวกับเรื่อง “แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์” ● ร่วมกันศึกษากรณีตัวอย่าง จากเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ ● บรรยายเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ● มอบหมายให้นักศึกษา (รายกลุ่ม) ออกแบบและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	- วิธีการแสดงบทบาทสมมติ (Role-play method) - วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง (Case)	1. ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3. ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	3
16			สอบปลายภาค			

5.1.5) การกำหนดการวัดและประเมินผล โดยมีสัดส่วนดังนี้ การสอบวัดผลกลางภาค 30% การสอบวัดผลปลายภาค 20% การตรวจการบ้าน 10% การตรวจแบบบันทึกอนุทิน 10% และการตรวจแผน ฯ ของนักศึกษาครู (พิจารณารายกลุ่ม) 30%

5.1.6) การนำหลักสูตร ฯ ไปใช้ มีระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ 15 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ทำการสอบวัดผลกลางภาคในสัปดาห์ที่ 8 และในสัปดาห์ที่ 16 ทำการสอบวัดผลปลาย รวมระยะเวลา 45 ชั่วโมง

5.1.7) การประเมินผลการใช้หลักสูตร เป็นการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นหลังการนำหลักสูตรไปใช้เพื่อแก้ไขปรับปรุงหลักสูตร

5.2) การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียด ดังนี้

5.2.1) แผนการจัดการเรียนรู้

การพัฒนาแผน ฯ แบ่งเป็น 2 ตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1.1) การสร้างแผน ฯ ดำเนินการดังนี้

5.2.1.1.1) ศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (หลักสูตรสี่ปี) หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2562

5.2.1.1.2) วิเคราะห์หลักสูตรและคำอธิบายรายวิชา 5072803 ฟิสิกส์สำหรับครู 2 ชั้นปี 1 ตามหลักสูตร ฯ เพื่อนำมาวิเคราะห์สร้างแผน ฯ

5.2.1.1.3) ศึกษาหลักสูตรแกนกลาง ฯ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

5.2.1.1.4) กำหนดเนื้อหา รายวิชา 5072804 ฟิสิกส์สำหรับครู โดยมีคำอธิบายรายวิชา คือ ศึกษาและปฏิบัติการให้รอบรู้ ความร้อนและเทอร์มอไดนามิกส์ แสงและทัศนศาสตร์ ไฟฟ้า และแม่เหล็ก ฟิสิกส์ยุคใหม่ น่าความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามหลักปฏิบัติสากล ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านฟิสิกส์เพื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เหมาะสมกับสภาพและบริบทของท้องถิ่น

5.2.1.1.5) สร้างแผน ฯ จำนวน 15 แผน โดยมีองค์ประกอบของแผน 6 องค์ประกอบที่สำคัญ คือ 1) จุดประสงค์การเรียนรู้ 2) กิจกรรมการเรียนรู้ 3) สื่อการเรียนรู้ 4) การวัดประเมินผล 5) บันทึกหลังการสอน และ 6) แบบประเมินและเกณฑ์การประเมินการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู

5.2.1.2) การตรวจสอบคุณภาพของแผน ฯ

5.2.1.2.1) นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้อง และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ

5.2.1.2.2) นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านวิทยาศาสตรศึกษา และด้านฟิสิกส์ เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ และความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและการนำไปใช้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ฯ มีความสอดคล้องกันและเนื้อหามีความถูกต้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ มีความสอดคล้องกันและเนื้อหามีความถูกต้อง

-1 หมายถึง แน่ใจว่าองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ ไม่มีความสอดคล้องกันและเนื้อหาไม่ถูกต้อง

โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (Rovinelli, & Hambleton, 1977, p. 51) จึงจะถือว่ามีความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ และความถูกต้องของเนื้อหา

ประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ท มีดังนี้ (บุญชม ศรีสะอ้าน. 2545: 102) ดังนี้ ระดับคะแนน 5, 4, 3, 2, 1 มีระดับความคิดเห็นเหมาะสมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ โดยมีเกณฑ์แปลความหมายค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.51-5.00, 3.51-4.50, 2.51-3.50, 1.51-2.50, 1.00-1.50 มีระดับคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ

ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนและความถูกต้องของเนื้อหา อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ผ่านตามเกณฑ์ (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ดังตาราง 17) และความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ อยู่ระหว่าง 3.33 - 4.67 ซึ่งถือว่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากขึ้นไป (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ดังตาราง 18)

5.2.1.2.3) ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ 1) การใช้คำที่แสดงระดับพฤติกรรมที่ส่งเสริมกิจกรรมให้นักศึกษาครูเชื่อมโยงหรือสะท้อน CER และการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจงกับ CER และ 2) การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละแผน โดยมีการจำแนกจุดประสงค์การเรียนรู้ ตามระดับพฤติกรรมของ Bloom et al. (1956) อย่างชัดเจน

5.2.2) เกณฑ์การประเมินแผน ฯ

การพัฒนาเกณฑ์การประเมินแผน ฯ มีรายละเอียดดังนี้

5.2.2.1) การสร้างเกณฑ์การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการดังนี้

5.2.2.1.1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลาง ฯ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ เพื่อนำมาสร้างเกณฑ์การประเมิน ฯ ที่เกี่ยวกับตัวชี้วัดที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5.2.2.1.2) ศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ และวิเคราะห์องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำมาพิจารณาองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู

5.2.2.1.3) ศึกษาองค์ประกอบของ PCKเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 5 องค์ประกอบ (รายละเอียดดังบทที่ 2 ตาราง 8) เพื่อนำมาวิเคราะห์สร้างเกณฑ์การประเมิน ฯ

5.2.2.1.4) สร้างเกณฑ์การประเมิน ฯ โดยพิจารณา ฯ ที่นักศึกษาครูเขียน โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้ 1) มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด 2) จุดประสงค์การเรียนรู้ 3) สาระการเรียนรู้ 4) สาระสำคัญ 5) กิจกรรมการเรียนรู้ 6) วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้ 7) การวัดผลและประเมินผล และกำหนดเกณฑ์การประเมินจากองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ 1) ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3) ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน 4) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 5) ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (รายละเอียดดังบทที่ 2 ตาราง 8) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินดังกล่าวไว้เฉพาะแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน ในแผนที่ 15

5.2.2.2) การตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การประเมิน ฯ โดยดำเนินการตามขั้นตอนในหัวข้อ 5.2.1.2)

5.2.3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน มีรายละเอียดดังนี้

5.2.3.1) การสร้างแบบวัด ฯ

5.2.3.1.1) ศึกษาตำรา แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกด้านพุทธิพิสัยซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ระดับ ตามแนวคิดของ Bloom et al. (1956) โดยผู้วิจัยกำหนดพฤติกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ 3 ระดับ ได้แก่ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ และ 3) การนำไปใช้

5.2.3.1.2) ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหารายวิชา 5072803 ฟิสิกส์สำหรับครู 2 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตเพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบวัด ฯ

5.2.3.1.3) สร้างแบบวัด ฯ ซึ่งมีลักษณะเขียนตอบแบบให้เขียนตอบสั้นและตอบยาว โดยมีหลักการสร้างข้อสอบ คือ 1) เขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบ โดยแจ้งจำนวนข้อคำถาม เวลาที่ใช้สอบและคะแนนเต็มให้ชัดเจน 2) กำหนดข้อคำถามที่สอดคล้องกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด 3) ข้อคำถามประกอบด้วยข้อความหรือสถานการณ์ และให้ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ภาพประกอบ กราฟ ตารางบันทึกผลการทดลอง รวมถึงค่าคงที่ต่าง ๆ 4) ข้อคำถามเปิดโอกาสให้อธิบายวิธีคิด แสดงวิธีทำ หรือให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบ 5) กำหนดโครงสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบ่งเป็นแบบวัดผลกลางภาค จำนวน 12 ข้อ และ ดังตาราง 11 และแบบวัดผลปลายภาค จำนวน 10 ข้อ ดังตาราง 12

ตาราง 12 โครงสร้างแบบวัด ฯ กลางภาค

เนื้อหา	พฤติกรรมที่ต้องการวัด			
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	รวม
1. ความร้อน	1	1	-	2
2. แสง	1	1	-	2
3. การเกิดภาพ	-	-	1	1
4. สนามไฟฟ้า	-	1	-	1
5. ศักย์ไฟฟ้า	1	1	-	2
6. ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก	-	1	1	2
7. กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน	-	1	1	2
รวม	3	6	3	12

ตาราง 13 โครงสร้างแบบวัด ฯ ปลายภาค

เนื้อหา	พฤติกรรมที่ต้องการวัด			
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	รวม
8. ไฟฟ้ากระแสตรง	-	-	1	1
9. สนามแม่เหล็ก	1	1	-	2
10. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	1	1	1	3
11. ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น	1	1	-	2
12. โมเลกุลและของแข็ง	1	1	-	2
รวม	4	4	2	10

5.2.3.1.5) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubrics) ที่ครอบคลุมทุกพฤติกรรมที่ต้องการวัด และกำหนดระดับการให้คะแนนตามระดับความสามารถในการตอบคำถาม ดังตาราง 13

ตาราง 14 เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ต้องการวัด	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ความรู้	• ตอบคำถามเกี่ยวกับศัพท์ นิยาม ถามเกี่ยวกับกฎ แบบแผนการ ทดลอง การจัดประเภท หลักการ และทฤษฎี ได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และครอบคลุมตามประเด็นทั้งหมด	3
	• ตอบคำถามเกี่ยวกับศัพท์ นิยาม ถามเกี่ยวกับกฎ แบบแผนการ ทดลอง การจัดประเภท หลักการ และทฤษฎี ได้ถูกต้องบางส่วน และครอบคลุมตามประเด็นทั้งหมด	2
	• ตอบคำถามเกี่ยวกับศัพท์ นิยาม ถามเกี่ยวกับกฎ แบบแผนการ ทดลอง การจัดประเภท หลักการ และทฤษฎี ได้ถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครอบคลุมตามประเด็นทั้งหมด	1
	• ตอบคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0
ความเข้าใจ	• ตอบคำถามโดยการแปลความ ตีความหมาย และขยายความ เกี่ยวกับ ศัพท์ นิยาม ถามเกี่ยวกับกฎ แบบแผนการทดลอง การจัดประเภท หลักการ และทฤษฎี ได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และครอบคลุมตามประเด็นทั้งหมด	3
	• ตอบคำถามโดยการแปลความ ตีความหมาย และขยายความ เกี่ยวกับ ศัพท์ นิยาม ถามเกี่ยวกับกฎ แบบแผนการทดลอง การจัดประเภท หลักการ และทฤษฎี ได้ถูกต้องบางส่วน และครอบคลุมตามประเด็นทั้งหมด	2
	• ตอบคำถามโดยการแปลความ ตีความหมาย และขยายความ เกี่ยวกับ ศัพท์ นิยาม ถามเกี่ยวกับกฎ แบบแผนการทดลอง การจัดประเภท หลักการ และทฤษฎี ได้ถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครอบคลุมตามประเด็นทั้งหมด	1
	• ตอบคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0
การนำไปใช้	• ตอบคำถามโดยนำความรู้และความเข้าใจ มาใช้แก้ปัญหาหรือแก้โจทย์ ปัญหา ประยุกต์ใช้กับงานและชีวิตประจำวัน ได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และครอบคลุมตาม ประเด็นทั้งหมด	3
	• ตอบคำถามโดยนำความรู้และความเข้าใจ มาใช้แก้ปัญหาหรือแก้โจทย์ ปัญหา ประยุกต์ใช้กับงานและชีวิตประจำวัน ได้ถูกต้องบางส่วน และครอบคลุมตามประเด็นทั้งหมด	2
	• ตอบคำถามโดยนำความรู้และความเข้าใจ มาใช้แก้ปัญหาหรือแก้โจทย์ ปัญหา ประยุกต์ใช้กับงานและชีวิตประจำวัน ได้ถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครอบคลุมตามประเด็นทั้งหมด	1
	• ตอบคำถามไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

5.2.3.1.6) กำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนน โดยแบ่งระดับคะแนนเป็น 3 ระดับตามเกณฑ์ Bloom (1968 อ้างใน บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2553, น. 208) ดังนี้ กลุ่มความรู้ระดับดี ระดับปานกลาง และระดับน้อย ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 – 79 และคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ตามลำดับ

5.2.3.3) การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด ฯ

5.2.3.3.1) นำแบบวัด ฯ ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของ จากนั้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตรศึกษาและด้านฟิสิกส์ เพื่อประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ ซึ่งแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ ระดับ +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามวัดตามพฤติกรรมได้สอดคล้องตามจุดประสงค์ ระดับ 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดตามพฤติกรรมได้สอดคล้อง ฯ และระดับ -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามวัดตามพฤติกรรมไม่ได้สอดคล้อง ฯ โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อของค่าดัชนีต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (Rovinelli, & Hambleton, 1997, p. 51) จึงจะถือว่าแบบวัด ฯ มีข้อคำถามสอดคล้องตามพฤติกรรมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ส่วนแบบประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัด ฯ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ท (บุญชม ศรีสะอ้าน. 2545, p. 102) โดยกำหนดระดับคะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 ซึ่งแต่คะแนนละระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ตามลำดับ และมีเกณฑ์แปลความหมาย คือคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.51-5.00, 3.51-4.50, 2.51-3.50, 1.51-2.50, 1.00-1.50 ซึ่งถือว่าคะแนนเฉลี่ยมีความเหมาะสมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด ตามลำดับ และในส่วนท้ายของแบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า ความสอดคล้องของข้อคำถามระหว่าง 0.67 – 1.00 ของทุกข้อผ่านตามเกณฑ์ ส่วนความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ อยู่ระหว่าง 3.67 – 5.00 ซึ่งถือว่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากขึ้นไป (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ดังตาราง 19) จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยทบทวนข้อคำถามที่แสดงถึงพฤติกรรมด้านพุทธพิสัยและข้อคำถามแบบอัตนัยโดยพิจารณาลักษณะคำถามการตีความมากกว่าความรู้ความจำ

5.2.3.3.2) นำแบบวัด ฯ ไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เรียนฟิสิกส์สำหรับครูผ่านมาแล้ว จำนวน 10 คน จากนั้นทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัด ฯ และตรวจให้คะแนนรายข้อตามเกณฑ์ดังตาราง 13 แล้วจึงนำผลการให้คะแนนมาหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก โดยนำข้อสอบมาวิเคราะห์โดยตรวจข้อสอบและเรียงคะแนนจากน้อยได้มากหรือจากมากไป น้อย แบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน โดยใช้เทคนิค 50% ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำของ Whitney and Sabers (1970) คัดเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 – 1.00 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, น. 199-201) พบว่า มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ 29 ข้อ จากข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ โดย

มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30 - 0.75 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.60 (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ดังตาราง 19)

5.2.3.3.3) คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มา 12 ข้อสำหรับแบบวัดผลกลางภาค และ 10 ข้อ สำหรับแบบวัดผลปลายภาค แล้วนำไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ โดยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach, 1951, p 16) ควรมีค่ามากกว่า 0.70 ซึ่งพบว่าแบบวัดมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90

5.2.4) แบบบันทึกการเขียนอนุทิน

การพัฒนาเครื่องมือแบบบันทึกการเขียนอนุทินของนักศึกษา โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อคำถามที่สะท้อนความคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ และสร้างแบบบันทึก ฯ ที่มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด แล้วจึงนำแบบบันทึกที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นดำเนินการตามข้อ 5.2.3.3.1) ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า ความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของข้อคำถามมีค่าเท่ากับ 5.00 ซึ่งถือว่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ระยะที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร ฯ (R2,D2)

การนำหลักสูตร ฯ ไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ โดยเป็นนักศึกษาที่เคยเรียนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 มาแล้วและไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการ ดังนี้

1) ปฐมนิเทศและชี้แจงทำความเข้าใจกับเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2) ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ครบ 7 แผน และทำการทดสอบกลางภาค จากนั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้อีก 8 แผน จึงมอบหมายให้นักศึกษาเขียน และทดสอบปลายภาค

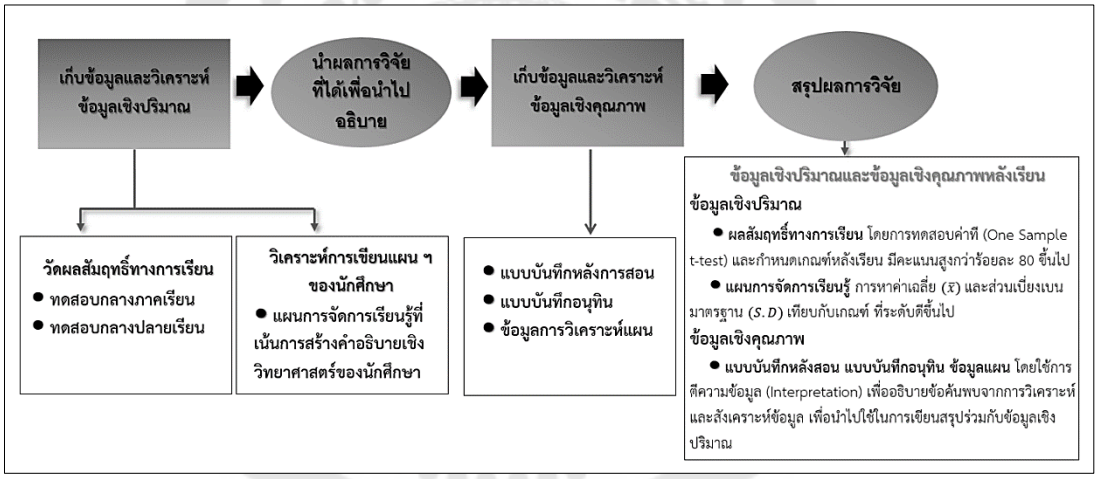
3) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผน ฯ จำนวน 15 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง โดยในช่วงท้ายของแต่ละแผน ฯ จะให้นักศึกษาทำใบงาน รวมทั้งผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากการบันทึกหลังแผน ฯ และตรวจแบบบันทึกอนุทินของนักศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปแก้ไขปรับปรุงในแผนการเรียนรู้ที่จะใช้สอนครั้งต่อไป

4) นำคะแนนจากการทดสอบกลางภาค ปลายภาค และคะแนนจากการประเมินแผน ฯ ของนักศึกษาครู ไปวิเคราะห์หาค่าร้อยละเปรียบเทียบเกณฑ์ รวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังแผน และอนุทินของนักศึกษาครู

5) นำปัญหาที่พบหลังการทดลองใช้หลักสูตร เช่น ปัญหาด้านเวลา กิจกรรมการเรียนรู้ หรือการวัดผลประเมินผล มาวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงหลักสูตร

ระยะที่ 4 การนำหลักสูตร ฯ ไปใช้จริง (R3, D3)

ผู้วิจัยนำหลักสูตร ฯ ที่ปรับปรุงจากการศึกษานำร่องไปใช้จริง โดยการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีวิจัยแบบผสานวิธี (Mixed Method) ประกอบด้วยการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ มีแบบแผนการวิจัยแบบขั้นตอนเชิงอธิบาย (Explanatory Sequential Design) (Creswell, & Plano Clark, 2018, p.66) ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วนดังนี้ 1) ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัด ฯ เพื่อศึกษาคะแนนหลังเรียนรู้ด้วยหลักสูตร ฯ เทียบกับเกณฑ์ และคะแนนจากแบบประเมินแผน ฯ เพื่อสะท้อน PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ 2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก แบบบันทึกหลังการสอน ข้อมูลจากอนุทิน และข้อมูลการวิเคราะห์แผน ฯ ของนักศึกษาครู โดยมีรายละเอียด ดังภาพประกอบที่ 15



ภาพประกอบ 15 แบบแผนแบบขั้นตอนเชิงอธิบาย (Explanatory Sequential Design)

ที่มา : ประยุกต์จาก Creswell, J. W.; & Plano Clark, V. L. (2018). Designing and Conducting Mixed Methods Research. 3rd ed. Los Angele: SAGE Publications. p. 66.

การรวบรวมข้อมูลโดยดำเนินการดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักศึกษาครูชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏที่ทำการวิจัย ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 หมู่เรียน รวมทั้งสิ้น 48 คน โดยสุ่มแบบเจาะจง ซึ่งเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยที่กำหนดไว้ในรายวิชา 5072804 ฟิสิกส์สำหรับครู 2 ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (หมวดวิชาเอกบังคับ) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยหลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้น ดำเนินการ จำนวน 15 แผน รวม 45 ชั่วโมง จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินแผน แบบบันทึกหลังการสอน แบบบันทึกอนุทิน และข้อมูลแบบประเมินของนักศึกษาครู

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยมีการการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ มีดังนี้ 1) ข้อมูลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีเครื่องมือที่ใช้คือ แบบทดสอบแบบอัตนัย โดยวิเคราะห์คะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น และใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) จากนั้นกำหนดเกณฑ์วัดความรู้หลังเรียนจะต้องมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป และ 2) ข้อมูลแบบประเมินแผน มีเครื่องมือที่ใช้คือ แบบประเมินแผน โดยประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหลักสูตร ฯ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่า ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เทียบกับเกณฑ์ ที่พัฒนาขึ้น ที่ระดับดีขึ้นไป และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นข้อมูลที่ได้จาก แบบบันทึกหลังการสอน ข้อมูลจากแบบบันทึกอนุทิน และข้อมูลการวิเคราะห์แผน โดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาควบคู่ไปกับการดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติพื้นฐาน

5.1.1 ค่าร้อยละ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550, น.33)

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

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ

f แทน ค่าความถี่

n แทน ค่าจำนวนความถี่ทั้งหมด

5.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550, น.33)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550, น. 60)

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

เมื่อ SD แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักศึกษาครูในกลุ่มตัวอย่าง

5.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

5.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตร (บุญศรี พรหมมาพันธุ์, 2557, น.45)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

5.2.2 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบโดยนำข้อสอบมาวิเคราะห์แบบอัตนัย ใช้เทคนิค 25% ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ตามสูตรของ Whitney and Sabers (1970)

5.2.2.1 ค่าความยากง่าย (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2541, น.240)

$$P = \frac{S_H + S_L - (2NX_{MIN})}{2N(X_{MAX} - X_{MIN})}$$

เมื่อ S_H แทน ผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

X_{MAX} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{MIN} แทน คะแนนต่ำสูงในข้อนั้น

5.2.2.2 ค่าอำนาจจำแนก (เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย, มปป, น. 202)

$$r = \frac{R_U + R_L}{n/2}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_U แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในข้อนั้นของกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในข้อนั้นของกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงสุดและกลุ่มต่ำสุด

5.2.2.3 ค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรการค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2541)

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

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ

5.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

5.3.1 สถิติทดสอบการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังการทดลอง (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2541, น.240)

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน คะแนนร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มจากแบบวัด

S แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตอนที่ 2 ผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

ตอนที่ 3 ผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหลังเรียนด้วยหลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้น

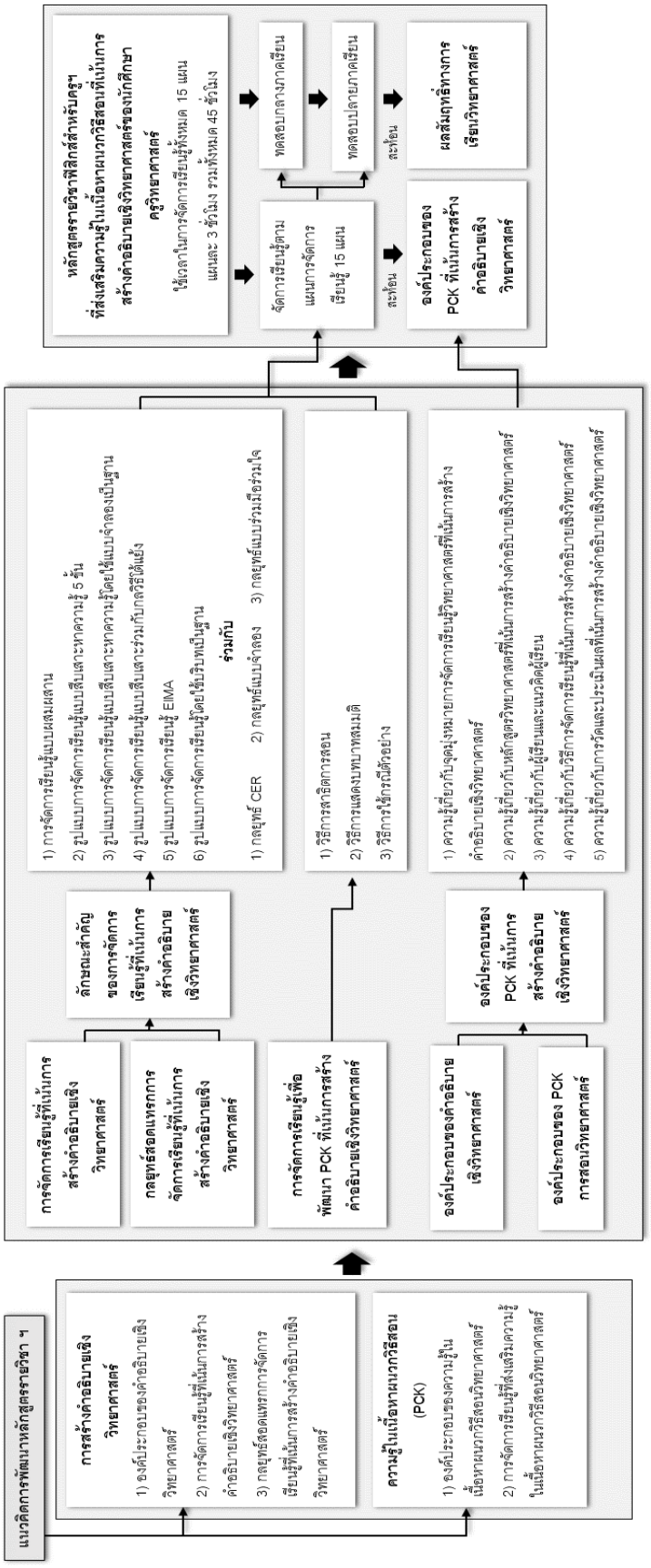
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

ผู้วิจัยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา มีวิธีดำเนินการวิจัย ได้แก่ การสำรวจ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู การพัฒนาหลักสูตร ฯ การทดลองใช้หลักสูตร ฯ และ การนำหลักสูตร ฯ ไปใช้ โดยมีผลการพัฒนาหลักสูตร ฯ ดังนี้

1) หลักสูตร ฯ ที่พัฒนานั้นมีการจัดเนื้อหาสาระของคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูที่สอดคล้องกับแนวทาง/รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กลยุทธ์ตามกรอบแนวคิด CER และกลยุทธ์ต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้นำวิธีการพัฒนา PCK ประกอบด้วย 1) วิธีการสาธิตการสอน 2) วิธีการแสดงบทบาทสมมติ และ 3) วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง ร่วมกับ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งพิจารณาจากลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MBI รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CBL และการบรรยาย รวมถึงกลยุทธ์ที่ใช้สอดแทรกร่วมกับการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ กลยุทธ์ CER กลยุทธ์แบบจำลอง และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ซึ่งจากแนวคิดที่นำมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตร จะ

ส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตามองค์ประกอบ ดังนี้ 1) ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3) ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน 4) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ 5) ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2) หลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แผนละ 3 คาบ รวมทั้งหมด 45 ชั่วโมง มีการวัดผลกลางภาคและปลายภาคเรียน โดยมีแนวคิดในการพัฒนาหลักสูตร ฯ ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 แนวคิดในการพัฒนาหลักสูตร

3) ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 15 แผน ที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน และด้านฟิสิกส์ 1 ท่าน พบว่า ความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผน อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ผ่านตามเกณฑ์ (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ตาราง 17) และความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ อยู่ระหว่าง 3.33-4.67 ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (รายละเอียดดังภาคผนวก ค ตาราง 18) โดยผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ 3 ประเด็น คือ

ประเด็นที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าแผน ฯ ที่ 2 ควรใช้คำที่แสดงระดับพฤติกรรม ส่งเสริมกิจกรรมให้นักศึกษาเชื่อมโยง หรือสะท้อน CER ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขกิจกรรมในใบงานให้เป็นกิจกรรมการทดลอง และใช้คำถามเพื่อให้นักศึกษาครูสะท้อน CER ในแต่ละด้านอย่างชัดเจน

ประเด็นที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าแผน ฯ ที่ 15 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะกับ CER และจากกิจกรรมบทบาทสมมติ ควรมีความเฉพาะสำหรับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขโดยมอบหมายนักศึกษาครูให้แสดงบทบาทสมมติเกี่ยวกับการปล่อยวัตถุตกลงสู่พื้น โดยอาศัยแนวคิดวิทยาศาสตร์จาก เรื่อง แรงโน้มถ่วง และหลังจากนั้นจึงใช้คำถาม เช่น กิจกรรมดังกล่าวสะท้อน CER อยู่ในขั้นใดบ้าง จากกิจกรรมการแสดงบทบาทสมมติดังกล่าวเกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดใด และหากนักศึกษาครูต้องจัดการเรียนรู้เรื่องดังกล่าวจะมีหลักการวิเคราะห์เพื่อเขียนอย่างไร

ประเด็นที่ 3 ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าจุดประสงค์ในแต่ละแผน ฯ ควรใช้คำแสดงระดับพฤติกรรมให้ชัดเจน ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขโดยตามระดับพฤติกรรมของ Bloom et al. (1956) อย่างชัดเจน

4) ผู้วิจัยนำหลักสูตร ฯ ไปทดลองสอนกับนักศึกษาครูที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน โดยเป็นกลุ่มที่เคยผ่านการเรียนรายวิชานี้ก่อนหน้า และดำเนินการทดลองสอนโดยใช้แผนจำนวน 15 คาบ ใช้เวลาทั้งหมด 45 ชั่วโมง เก็บข้อมูลด้วยแบบวัดผกลางภาคและปลายภาคเรียน รวมถึงประเมินแผนของนักศึกษาครู โดยระหว่างการทดลองใช้พบปัญหา คือ 1) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบออนไลน์ทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแผนที่ 2 เรื่องเทอร์โมไดนามิกส์ ไม่สามารถเข้ามาทำกิจกรรมในห้องปฏิบัติการได้ทุกกลุ่ม และ 2) แผนที่ 15 การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักศึกษาครูยังไม่มีความ

เข้าใจหรือเห็นความแตกต่างระหว่างการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายกับการเขียนแผนทั่วไป

5) จากนั้นทำการสังเคราะห์และปรับปรุงแผนในด้านโครงสร้างเนื้อหาและเวลาเรียน จำนวน 1 ครั้ง และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 48 คน โดยดำเนินการทดลองสอนด้วยแผน จำนวน 15 แผน ทั้งหมด 45 ชั่วโมง โดยมีการปรับกิจกรรมการทดลองในแผนที่ 2 เรื่อง เทอโมไดนามิกส์ เนื่องช่วงเวลาในภาคเรียนที่ 2 /2564 มีการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ทำให้นักศึกษาครูไม่สามารถเข้ามาทำกิจกรรมภายในมหาวิทยาลัย ฯ ได้ ผู้วิจัยจึงให้ตัวแทน 1 กลุ่มเข้ามาทำกิจกรรมสาธิตและให้ทุกกลุ่มได้บันทึกผลการทดลอง และแผนที่ 15 การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยผู้วิจัยได้เพิ่มตัวอย่างดังกล่าวในขั้นสอน เพื่อช่วยเป็นตัวอย่างให้นักศึกษาครูได้คำนึงถึงกิจกรรมที่สะท้อนองค์ประกอบ CER มากยิ่งขึ้น และมีการปรับปรุงโครงสร้างเนื้อหาและเวลาเรียนเพื่อสะท้อนการวัดและประเมินผลในแต่ละแผนให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงทำให้หลักสูตรหลักสูตร ฯ มีโครงสร้าง ฉบับสมบูรณ์ ดังตาราง 14

ตาราง 15 โครงสร้างหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
1	การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	1. แนะนำรายวิชา 2. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	แนะนำโครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 เช่น คำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการบรรยายและวิธีการใช้กรณีตัวอย่าง ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นนำ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสอน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสรุป ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน - วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง	1. จำแนกองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	1. ประเมินจากการนำเสนอแผนผังมโนมติ 2. ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. อธิบายจุดมุ่งหมายและลักษณะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	1. ประเมินจากการนำเสนอแผนผังมโนมติ 2. ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	
					3. อธิบายเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	1. ประเมินจากการนำเสนอแผนผังมโนมติ 2. ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	
2	ความร้อนและเทอร์โมไดนามิกส์	1. อุณหพลศาสตร์เบื้องต้น 2. ความร้อน 3. ความจุความร้อนจำเพาะ	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินผล ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายเกี่ยวกับปริมาณความร้อนและการเปลี่ยนเฟสได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. ทดลองการเกิดสมดุลเชิงความร้อนโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 2.1	
					3. คำนวณหาค่าพลังงานความร้อนได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 2.2	
					4. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	

ตาราง 14 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
3	แสงและทัศนศาสตร์	1. ธรรมชาติของแสง 2. การวัดและอัตราเร็วแสง 3. การกระจายของแสง 4. การสะท้อนกลับหมด	• สาธิตการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน ร่วมกับกลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ ด้วย e-Learning และวิธีการใช้กรณีตัวอย่าง ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 จัดเตรียมลิงก์ที่ใช้ในกิจกรรมสำหรับผู้เรียน ขั้นตอนที่ 2 เสริมต่อการเรียนรู้โดยการแนะนำช่วยเหลือ ขั้นตอนที่ 3 สืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ต่าง ๆ ขั้นตอนที่ 4 อภิปราย • ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน - วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง	1. อธิบายธรรมชาติของแสงได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	
					2. เขียนแผนภาพและคำนวณการหักเหของแสงได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 3.1	
					3. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
4	การเกิดภาพ	1. การเกิดภาพ 2. การหาความยาวโฟกัสของเลนส์ 3. กล้องจุลทรรศน์ 4. กล้องโทรทรรศน์	• จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA ร่วมกับกลยุทธ์แบบจำลอง ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 สร้างความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 สำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ • ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการ	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายลักษณะของภาพที่เกิดจากกระจกราบ กระจกนูนและกระจกเว้าและเลนส์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. เขียนแผนภาพแสดงตำแหน่งภาพที่เกิดจากสะท้อนของแสงและการหักเหของแสงได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 4.1	
					3. คำนวณตำแหน่งวัตถุ ตำแหน่งภาพที่เกิดจาก	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 4.2	

ตาราง 14 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
			จัดการเรียนรู้		สะท้อนของแสงและการหักเหของแสงได้		
					4. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
5	สนามไฟฟ้า	1. สมบัติของประจุไฟฟ้า 2. การชาร์จประจุ 3. สนามไฟฟ้า	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์ ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนรู้และอยากรู้ ขั้นตอนที่ 3 สร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ ขั้นตอนที่ 4 ค้นหาหลักฐาน ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายความหมายขนาดของประจุ และนำปริมาณที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการแก้ปัญหาได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. บอกทิศทางของแรงที่กระทำกับวัตถุที่อยู่ในของสนามโน้มถ่วง และสนามไฟฟ้าได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 5.1	
					3. คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงโน้มถ่วง และแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อวัตถุในสนามนั้นได้	ประเมินจากการอภิปรายใบกิจกรรมที่ 5.2	
					4. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
6	ศักย์ไฟฟ้า	1. ศักย์ไฟฟ้าและความต่าง	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายความหมายของศักย์ไฟฟ้าได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3

ตาราง 14 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
		ศักย์	วิธีการสาธิตการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA ร่วมกับกลยุทธ์แบบจำลอง ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 สร้างความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 สำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้		2. สร้างแบบจำลองศักย์ไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอและนำไปแก้ปัญหาได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 6.1	
					3. คำนวณศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุและประจุต่อเนื่องและนำไปแก้ปัญหาได้	ประเมินจากการอภิปรายใบกิจกรรมที่ 6.2	
					4. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
7	ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก	1. การคำนวณค่าความจุไฟฟ้า 2. การต่อตัวเก็บประจุ 3. พลังงานที่สะสมในตัวเก็บประจุ	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอนด้วยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บริบทเป็นฐาน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติงาน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการเรียนรู้แนวคิดสำคัญ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นการประยุกต์ใช้แนวคิดไปสู่บริบทอื่นที่เกี่ยวข้อง ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายความหมายของตัวเก็บประจุและความจุไฟฟ้าและการประยุกต์ใช้ได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 7.1	3
					2. อธิบายความสัมพันธ์ของความจุรวมกับความจุของตัวเก็บประจุแต่ละตัวเมื่อนำมาต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน และหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	ประเมินจากการอภิปรายใบกิจกรรมที่ 7.2	
					3. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
	สอบกลางภาค						3

ตาราง 14 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
8	กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน	1. กระแสไฟฟ้า 2. ความต้านทาน 3. ความต้านทานและอุณหภูมิ	• จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินผล • ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	ประเมินจากการตรวจกิจกรรมที่ 8.1	
					3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาวพื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 8.2	
9	ไฟฟ้ากระแสตรง	1.แรงเคลื่อนไฟฟ้า 2. การต่อตัวต้านทาน 3. กฎของเคอร์ชอฟ	• จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้	- วิธีการสาธิตการสอน - วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง	1. อธิบายเกี่ยววงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของโอห์มได้	ประเมินจากการอภิปรายใบกิจกรรมที่ 9.1	

ตาราง 14 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
		4. ความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้า	วิธีการสาธิตการสอนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA ร่วมกับกลยุทธ์แบบจำลอง และวิธีการใช้กรณีตัวอย่าง ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 สร้างความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 สำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประยุกต์ความรู้ ● ร่วมกันศึกษากรณีตัวอย่างเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดที่คลาดเคลื่อน จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		3. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 9.2	
					4. อธิบายเกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียนได้	ประเมินจากการนำเสนอ	
10	สนามแม่เหล็ก	1. การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 2. แรงที่แม่เหล็กกระทำบนตัวนำ	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินผล ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายเกี่ยวกับเส้นแรงแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. หาขนาดและทิศทางของแรงแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กได้	ประเมินจากการอภิปรายใบกิจกรรมที่ 10.1	
					3. หาทิศทางของสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยกฎมือขวาได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 10.2	
					4. อธิบายเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้น	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	

ตาราง 14 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
					การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้		
11	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 2. สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	• จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การระบุภาระงาน ขั้นตอนที่ 2 การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตอนที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ขั้นตอนที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง ขั้นตอนที่ 5 การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 6 การตรวจสอบโดยเพื่อน ขั้นตอนที่ 7 กิจกรรมการโต้แย้ง • ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายเกี่ยวกับเส้นแรงแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กได้	ประเมินจากการอภิปรายใบกิจกรรมที่ 11.1	3
					2. หาขนาดและทิศทางของแรงแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กได้	ประเมินจากการอภิปรายใบกิจกรรมที่ 11.1	
					3. หาทิศทางของสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กด้วยกฎมือขวาได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 11.2	
					4. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
12	ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น	1. การแผ่รังสีความร้อน 2. การแผ่รังสีของวัตถุดำและสมมติฐานของพลังค์	• จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ	- วิธีการสาธิตการสอน	1. อธิบายสมมติฐานของพลังค์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	ประเมินจากการอภิปรายใบกิจกรรมที่ 12.1	3
					3. อธิบายการเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 12.2	

ตาราง 14 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
		3.ปรากฏการณ์โฟโตอิตริก	ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินผล ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้		4. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
13	ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (1)	1. โครงสร้างของนิวเคลียส 2.กัมมันตภาพรังสี 3. การสลายตัวของนิวเคลียส	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินผล ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้	- วิธีการสาธิตการสอน	1. บอกถึงโครงสร้าง มวล และขนาดของนิวเคลียสได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. คำนวณหาพลังงานยึดเหนี่ยวภายในนิวเคลียสของธาตุต่าง ๆ ได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 13.1	
					3. อธิบายอัตราการสลายตัวค่าครึ่งชีวิตของสากัมมันตภาพรังสีได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	
					4. อธิบายเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
14	ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (2)	1. ครึ่งชีวิตของสารกัมมันตภาพรังสี 2. การสลายตัวของนิวเคลียส 3. ปฏิกิริยานิวเคลียร์	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสาธิตการสอน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ และวิธีการใช้กรณีตัวอย่าง ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ	- วิธีการสาธิตการสอน	1. บอกโครงสร้าง มวลและขนาดของนิวเคลียสได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. คำนวณหาพลังงานยึดเหนี่ยวภายในนิวเคลียสของธาตุต่าง ๆ ได้	ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมที่ 14.1	

ตาราง 14 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	กระบวนการพัฒนา PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		การวัดและประเมินผล		ชม.
			การจัดการเรียนรู้	วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมินผล	
			ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินผล ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้		3. อธิบายอัตราการสลายตัวค่าครึ่งชีวิตของสารกัมมันตภาพรังสีได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียนและตรวจแบบบันทึกอนุทิน	
15	การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	● หลักสูตรแกนกลางมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ● แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	● จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการบรรยายและวิธีการแสดงบทบาทสมมติ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นนำ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสอน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสรุป ● ร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการจัดการเรียนรู้ ● มอบหมายให้นักศึกษา (รายกลุ่ม) ออกแบบและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	- วิธีการแสดงบทบาทสมมติ	1. ศึกษาและวิเคราะห์ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงพ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	3
					2. วิเคราะห์องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้	ประเมินจากการอภิปรายในชั้นเรียน	
					3. ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ประเมินจากการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ (รายกลุ่ม)	
	สอบปลายภาค						3
	รวม						45

ตอนที่ 2 ผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

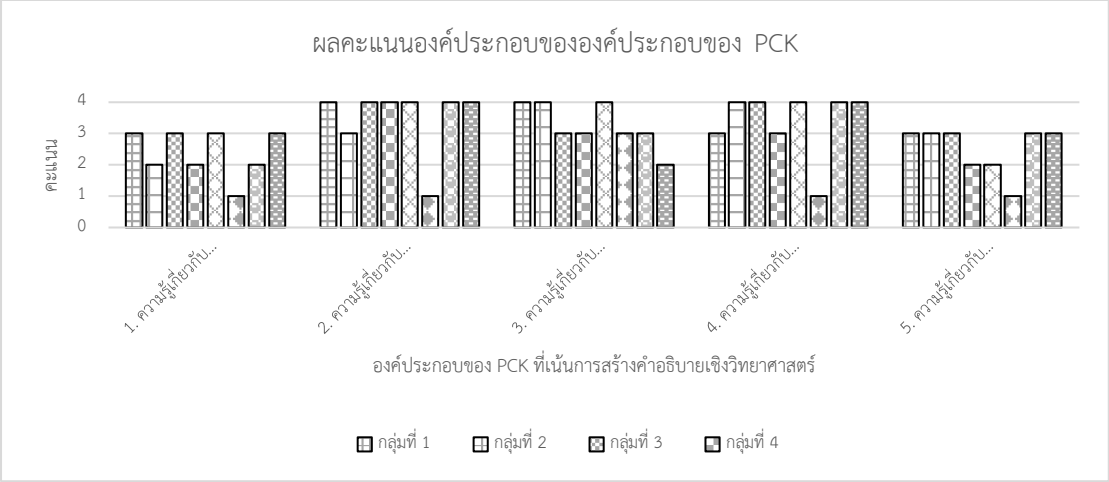
ผลการวิเคราะห์คะแนนจากการประเมินการเขียนแผน ฯ ที่นักศึกษาครูสร้างขึ้น โดยคิดเป็นคะแนนร้อยละ คะแนนเฉลี่ยภาพรวม และคะแนนเฉลี่ยรายองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคะแนนเต็มองค์ประกอบละ 4 คะแนน และวิเคราะห์ผลคะแนนจากจากนักศึกษาครูทั้งหมด 8 กลุ่ม ดังตาราง 15

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ (n = 8)

องค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	คะแนนร้อยละ	$\overline{X}$	*S.D.*	การแปลผล
1. ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	59.40	2.38	0.744	กำลังพัฒนา
2. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	87.50	3.50	1.069	ดี
3. ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน	81.30	3.25	0.707	ดี
4. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	84.40	3.38	1.061	ดี
5. ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	62.50	2.50	0.756	กำลังพัฒนา
คะแนนเฉลี่ยภาพรวม	75.00	3.00	0.870	ดี

จากตาราง 15 มีผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีคะแนนในภาพรวมคิดเป็นร้อยละ 75.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.87 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี และมีผลคะแนนเฉลี่ยรายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่มีคะแนนสูงสุดคือ ด้านความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คิดเป็นคะแนนร้อยละ 87.50 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.069 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ลำดับรองลงมา คือ ด้านความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คิดเป็นคะแนนร้อยละ 84.40 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.061 ซึ่งมี

คุณภาพอยู่ในระดับดี ด้านความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน คิดเป็นคะแนนร้อยละ 81.30 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.707 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้านความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คิดเป็นคะแนนร้อยละ 62.50 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.756 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับกำลังพัฒนา และ ด้านความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คิดเป็นคะแนนร้อยละ 59.40 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.744 มีคุณภาพอยู่ในระดับกำลังพัฒนา และเมื่อนำผลคะแนนรายองค์ประกอบ มาแสดงด้วยแผนภูมิ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของคะแนนที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังภาพประกอบ 17

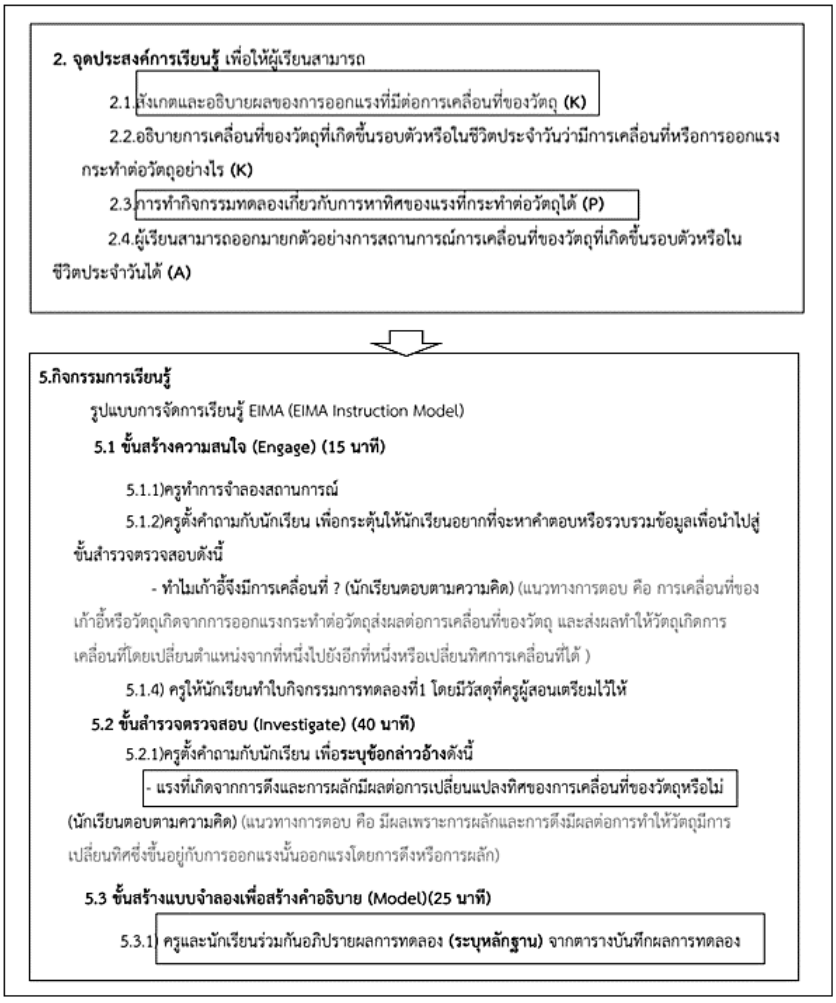


ภาพประกอบ 17 ผลคะแนนองค์ประกอบขององค์ประกอบของ PCK
ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

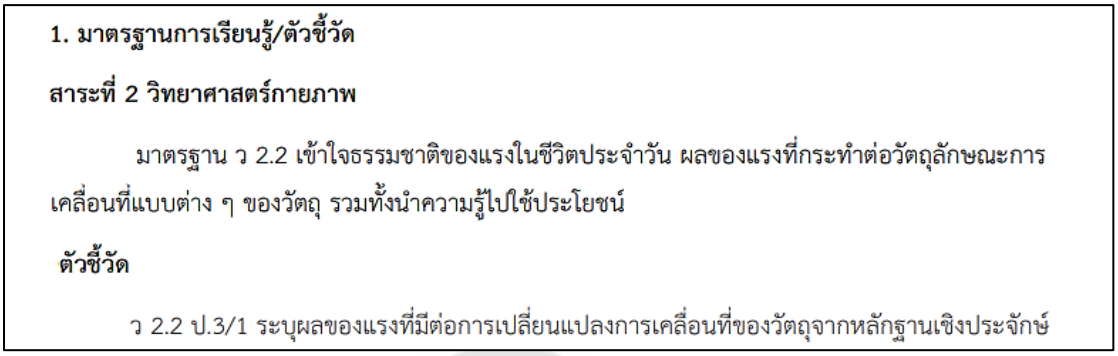
เมื่อพิจารณาผลคะแนนรายกลุ่ม พบว่าแต่ละกลุ่มมีการเขียนแผนที่มีหน่วยการเรียนรู้แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เรื่อง การดึง การผลัก และผลของการออกแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ พบว่าองค์ประกอบที่นักศึกษาครูทำได้คะแนนสูงสุด คือ องค์ประกอบที่ 1 - 3 โดยได้ 4 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 1 พบว่า นักศึกษาครูมีการกำหนดจุดประสงค์ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) รวมทั้งกำหนดจุดประสงค์ที่สะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้าง

คำอธิบาย ได้สอดคล้องกันอย่างชัดเจน เช่น นักศึกษาครูกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ข้อที่ 2 คือ *“สังเกตและอธิบายผลของการออกแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ”* สอดคล้องกับกิจกรรมในขั้นสำรวจและตรวจสอบ ซึ่งมีการกำหนดคำถามเพื่อระบุว่าเป็นคำถามเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง และในจุดประสงค์การเรียนรู้ ข้อที่ 3 คือ *“ทำหิจกรรมการทดลองเกี่ยวกับการหาทิศของแรง”* สอดคล้องกับกิจกรรมในขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ซึ่งมีการกำหนดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้ใช้หลักฐาน ร่วมกับการให้เหตุผล จากกิจกรรมการทดลองดังกล่าว ดังภาพประกอบ 18 ส่วนในองค์ประกอบที่ 2 นักศึกษาครูมีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งมีเนื้อหาปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ คือ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด ว 2.2 ป.3/1 ดังภาพประกอบ 19 และในองค์ประกอบที่ 3 นักศึกษาครูมีการจำลองสถานการณ์และใช้คำถามทบทวนความรู้เดิม หรือสำรวจแนวคิดนักเรียน จากนั้นจึงใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 18 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 1



1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

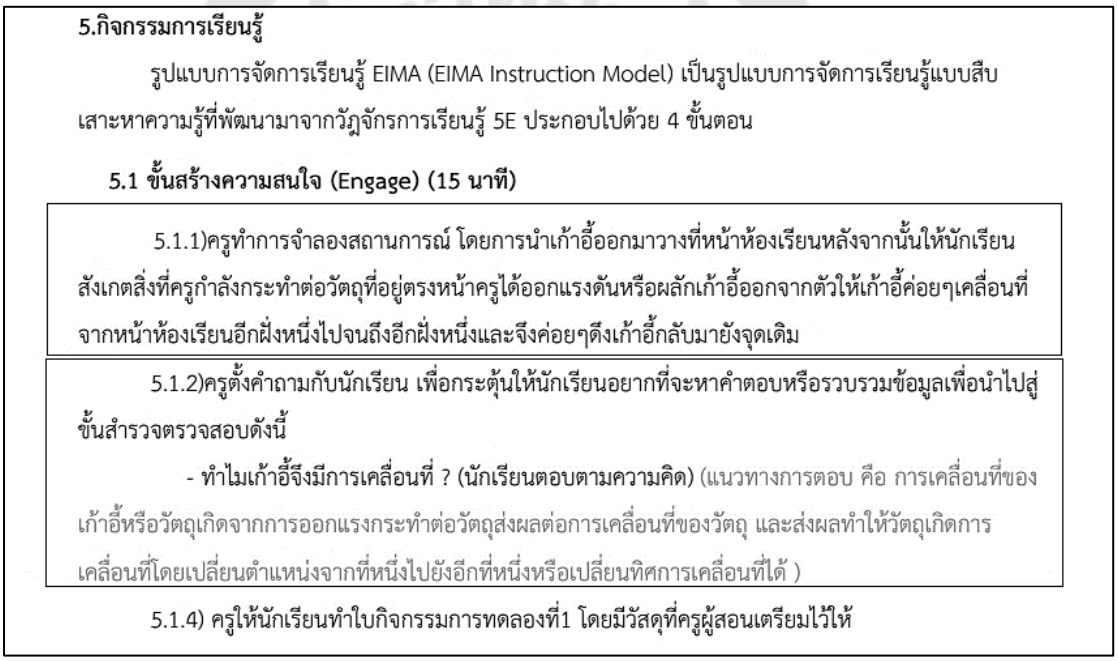
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 2.2 ป.3/1 ระบุผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ภาพประกอบ 19 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 1



5.กิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่พัฒนามาจากวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) (15 นาที)

5.1.1)ครูทำการจำลองสถานการณ์ โดยการนำเก้าอี้ออกมาวางที่หน้าห้องเรียนหลังจากนั้นให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่ครูกำลังกระทำต่อวัตถุที่อยู่ตรงหน้าครูได้ออกแรงดันหรือผลักเก้าอี้ออกจากตัวให้เก้าอี้ค่อยๆเคลื่อนที่จากหน้าห้องเรียนอีกฝั่งหนึ่งไปจนถึงอีกฝั่งหนึ่งและจึงค่อยๆดึงเก้าอี้กลับมายังจุดเดิม

5.1.2)ครูตั้งคำถามกับนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากที่จะหาคำตอบหรือรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่ขั้นสำรวจตรวจสอบดังนี้

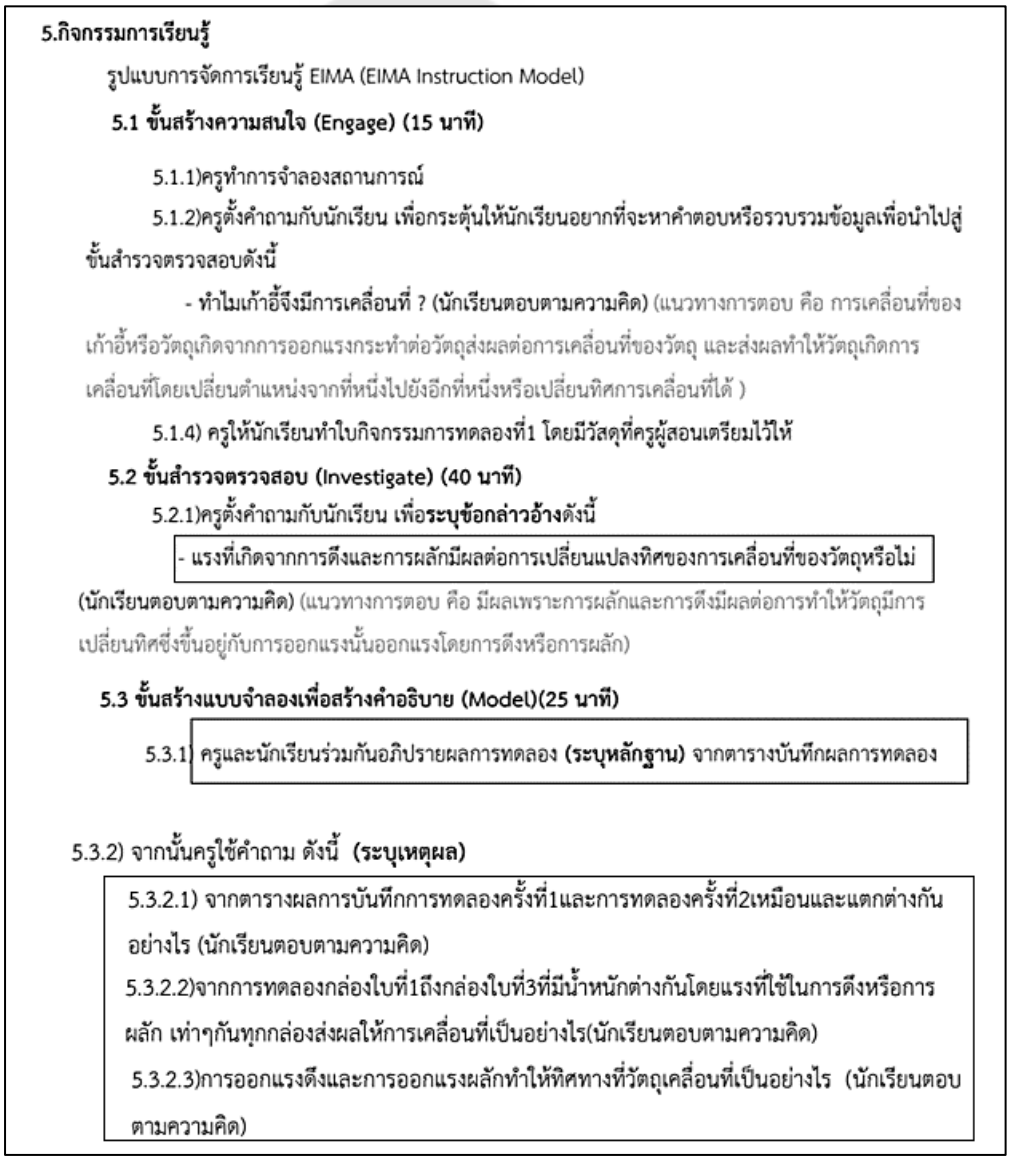
- ทำไมเก้าอี้จึงมีการเคลื่อนที่ ? **(นักเรียนตอบตามความคิด)** (แนวทางการตอบ คือ การเคลื่อนที่ของเก้าอี้หรือวัตถุเกิดจากการออกแรงกระทำต่อวัตถุส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ และส่งผลทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนตำแหน่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งหรือเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ได้)

5.1.4) ครูให้นักเรียนทำใบกิจกรรมการทดลองที่1 โดยมีวัสดุที่ครูผู้สอนเตรียมไว้ให้

ภาพประกอบ 20 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 1

องค์ประกอบที่ 4 และ 5 เป็นมีคะแนนรองลงมาโดยได้ 3 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณาการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ และมีขั้นตอนที่สะท้อนถึง การระบุ CER บางส่วน เนื่องจากคำถามของนักศึกษาครูที่สะท้อนองค์ประกอบการให้เหตุผลยังไม่ชัดเจนที่จะแสดงให้เห็นความเชื่อมโยงคำถามจากการทดลองกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ หรือการให้นักเรียนตอบตามความคิดที่ระบุไว้ในแผนท้ายคำถาม ทำให้ไม่แน่ใจว่านักศึกษาครูต้องการให้นักเรียนตอบตามความรู้เดิมหรือตอบตามผลจากการทดลอง หรือ

หลักฐานเชิงประจักษ์ ดังภาพประกอบ 21 และในองค์ประกอบที่ 5 นักศึกษาครูมีการระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับกำหนดจุดประสงค์ด้าน KPA แต่มีคำที่แสดงถึงเครื่องมือไม่ชัดเจน เช่น เครื่องมือที่ต้องการวัดคือ *"อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดขึ้นรอบตัวหรือในชีวิตประจำวันว่ามีการเคลื่อนที่หรือการออกแรงกระทำต่อวัตถุอย่างไรพร้อมกับการจำลองสถานการณ์ใหม่ที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ของครูเพื่อสร้างคำอธิบาย"* ซึ่งข้อความดังกล่าวไม่ได้แสดงถึงเครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผล แต่เป็นพฤติกรรมด้านความรู้ของนักเรียน นอกจากนั้นนักศึกษาครูมีระบุวิธีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับ CER โดยมีการระบุเกณฑ์การประเมินในใบกิจกรรมที่ 1 ดังภาพประกอบ 22



5.กิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model)

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) (15 นาที)

5.1.1)ครูทำการจำลองสถานการณ์

5.1.2)ครูตั้งคำถามกับนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากที่จะหาคำตอบหรือรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่ขั้นสำรวจตรวจสอบดังนี้

- ทำไมเก้าอี้จึงมีการเคลื่อนที่ ? **(นักเรียนตอบตามความคิด)** (แนวทางการตอบ คือ การเคลื่อนที่ของเก้าอี้หรือวัตถุเกิดจากการออกแรงกระทำต่อวัตถุส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ และส่งผลทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนตำแหน่งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งหรือเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ได้)

5.1.4) ครูให้นักเรียนทำใบกิจกรรมการทดลองที่1 โดยมีวัสดุที่ครูผู้สอนเตรียมไว้ให้

5.2 ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) (40 นาที)

5.2.1)ครูตั้งคำถามกับนักเรียน เพื่อ**ระบุข้อกล่าวอ้าง**ดังนี้

- แรงที่เกิดจากการดึงและการผลักมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทิศของการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือไม่ **(นักเรียนตอบตามความคิด)** (แนวทางการตอบ คือ มีผลเพราะการผลักและการดึงมีผลต่อการทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนทิศซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแรงนั้นออกแรงโดยการดึงหรือการผลัก)

5.3 ขั้นสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย (Model)(25 นาที)

5.3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง **(ระบุหลักฐาน)** จากตารางบันทึกผลการทดลอง

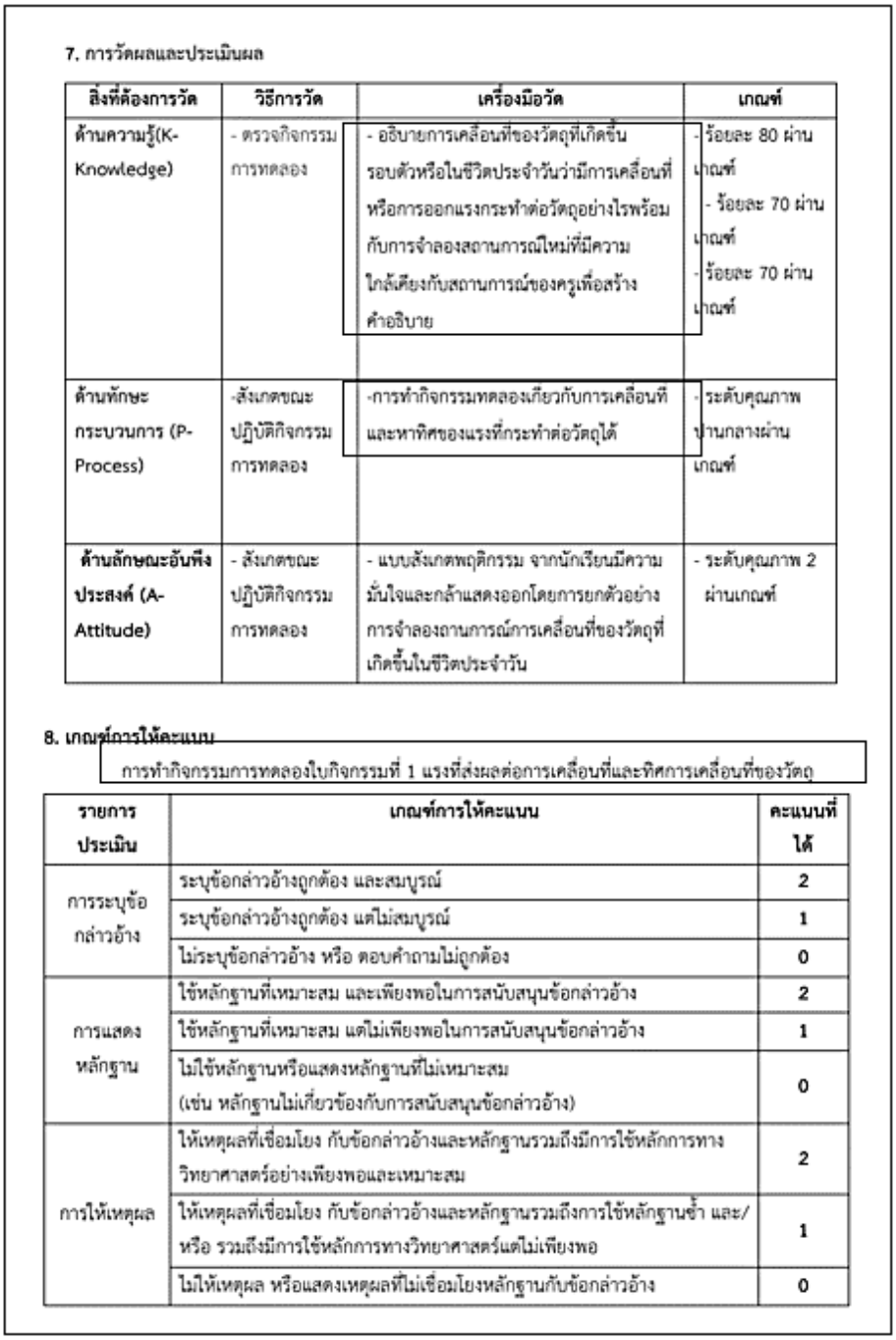
5.3.2) จากนั้นครูใช้คำถาม ดังนี้ **(ระบุเหตุผล)**

5.3.2.1) จากตารางผลการบันทึกการทดลองครั้งที่1และการทดลองครั้งที่2เหมือนและแตกต่างกันอย่างไร (นักเรียนตอบตามความคิด)

5.3.2.2)จากการทดลองกล่องใบที่1ถึงกล่องใบที่3ที่มีน้ำหนักต่างกันโดยแรงที่ใช้ในการดึงหรือการผลัก เท่าๆกันทุกกล่องส่งผลให้การเคลื่อนที่เป็นอย่างไร(นักเรียนตอบตามความคิด)

5.3.2.3)การออกแรงดึงและการออกแรงผลักทำให้ทิศทางที่วัตถุเคลื่อนที่เป็นอย่างไร (นักเรียนตอบตามความคิด)

ภาพประกอบ 21 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 1



7. การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์
ด้านความรู้(K-Knowledge)	- ตรวจกิจกรรมการทดลอง	- อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดขึ้นรอบตัวหรือในชีวิตประจำวันว่ามีการเคลื่อนที่หรือการออกแรงกระทำต่อวัตถุอย่างไรพร้อมกับการจำลองสถานการณ์ใหม่ที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ของครูเพื่อสร้างคำอธิบาย	- ร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 70 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 70 ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (P-Process)	-สังเกตขณะปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง	-การทำกิจกรรมทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และหาทิศของแรงที่กระทำต่อวัตถุได้	- ระดับคุณภาพปานกลางผ่านเกณฑ์
ด้านลักษณะอันพึงประสงค์ (A-Attitude)	- สังเกตขณะปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง	- แบบสังเกตพฤติกรรม จากนักเรียนมีความมั่นใจและกล้าแสดงออกโดยการยกตัวอย่างการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

8. เกณฑ์การให้คะแนน

การทำกิจกรรมการทดลองใบกิจกรรมที่ 1 แรงที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่และทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง และสมบูรณ์	2
	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	1
	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ตอบคำถามไม่ถูกต้อง	0
การแสดงหลักฐาน	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	2
	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	1
	ไม่ใช้หลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่เหมาะสม (เช่น หลักฐานไม่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)	0
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอและเหมาะสม	2
	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงการใช้หลักฐานซ้ำ และ/หรือ รวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	1
	ไม่ให้เหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	0

ภาพประกอบ 22 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 1

นอกจากนี้จากการตรวจแบบบันทึกอนุทินของตัวแทนกลุ่ม 1 ยังให้ความเห็นเกี่ยวกับแผน ว่า “จากการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้หลาย ๆ รูปแบบ รูปแบบที่เลือกใช้คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่พัฒนามาจากวัฏจักร

การเรียนรู้ 5E เนื่องจากมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ครูได้จัดการสอนเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิดและสื่อสารความเข้าใจให้กับคนอื่นได้ ช่วยในการส่งเสริมมโนทัศน์และส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตลอดจนช่วยพัฒนาให้นักเรียนได้ฝึกระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์และนำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้"

กลุ่มที่ 2 เรื่อง การเกิดเงา พบว่า กลุ่มดังกล่าวมีคะแนนสูงสุดได้ 4 คะแนนเท่ากัน คือ องค์ประกอบที่ 3 และ 4 โดยกลุ่มดังกล่าวมีการสาธิตการเกิดเงาและใช้คำถามทบทวนความรู้เดิมหรือสำรวจแนวคิดผู้เรียน เช่น "เงานี้เกิดขึ้นได้อย่างไร และเงาที่นักเรียนเห็นมีรูปร่างอย่างไร" โดยมีการใช้กิจกรรมการเกิดเงาจากมือ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังภาพประกอบ 23 และมีการใช้การจัดการเรียนรู้แบบ 5E กับกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ซึ่งมีขั้นตอนที่สะท้อนถึงการระบุ CER ได้อย่างชัดเจน โดยในขั้นสำรวจและค้นหา มีการใช้คำถามเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง เช่น "หากเรานำไฟฉายขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาส่องวัตถุทึบแสง ในระยะห่างที่ต่างกันจะเกิดเงามืดและเงามัวหรือไม่อย่างไร" จากนั้นในขั้นต่อไปจึงให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ส่งเสริมการใช้หลักฐาน โดยมีการใช้คำถามเดิมที่ระบุในขั้นแรก เพื่อให้นักเรียนนำหลักฐานที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อให้เหตุผลร่วมกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังภาพประกอบ 24

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5E : ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

5.1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10นาที)

5.1.1) ครูนำรูปแสดงการเกิดเงาจากมือให้นักเรียนได้ศึกษา แล้วให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดเงามืดเงามัว ดังนี้

รูปที่ 1 การเกิดเงา

5.1.2) ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้

-เงาเกิดขึ้นอย่างไร (เกิดจากมีแหล่งกำเนิดแสงและมีมือกั้นทางเดินของแสง)

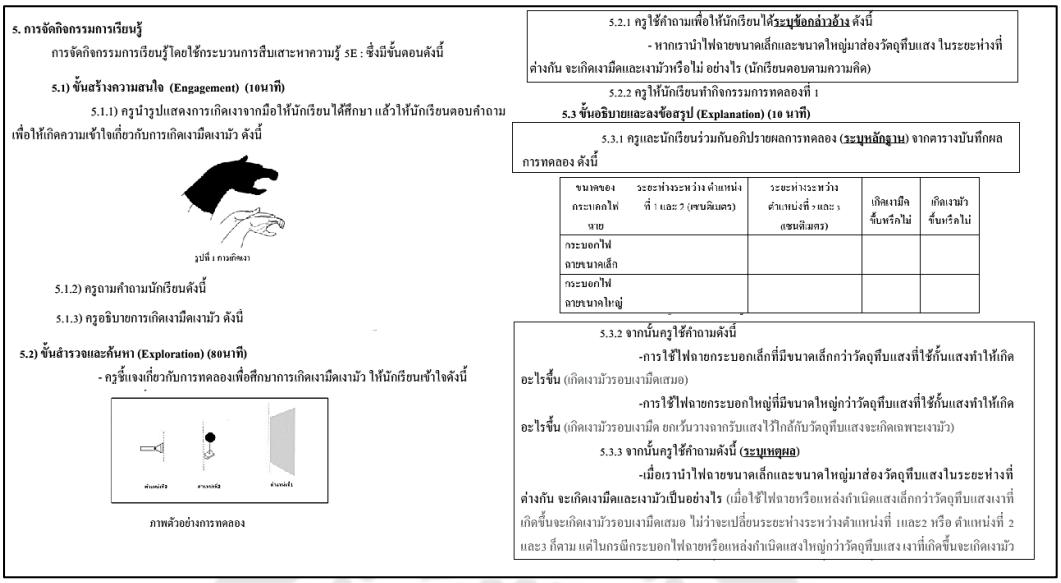
-เงามีรูปร่างอย่างไร (เงามีรูปร่างคล้ายมือที่กั้นทางเดินของแสง และมีสีดำ)

-ครูนำสรุปกล่าวถึงการเกิดเงาให้นักเรียนเกิดความเข้าใจดังนี้ (เงาเกิดขึ้นเมื่อมีวัตถุกั้นแสงจะเกิดเงาบนฉากเป็นบริเวณมืดหลังวัตถุ โดยเงาเกิดจากการที่ตัวกลางทึบแสงมาขวางกั้นทางเดินของแสง โดยรูปร่างของเงาจะเป็นไปตามวัตถุที่มากั้นแสง เงามี 2 ประเภทคือ เงามืด และ เงามัว)

5.1.3) **ครูอธิบายการเกิดเงามืดเงามัว ดังนี้**

-ครูนำรูปการเกิดเงาจากการฉายแสงเข้าผนังและมีฉากกั้นที่ทำให้เกิดเงาให้นักเรียนได้ศึกษา เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการเกิดเงามืดเงามัว และให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้

ภาพประกอบ 23 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 2



5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5E : ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

5.1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10นาที)

5.1.1) ครูนำรูปแสดงการเกิดเงาจากมือให้นักเรียนได้ศึกษา แล้วให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดเงามืดเงามัว ดังนี้

รูปที่ 1 การเกิดเงา

5.1.2) ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้

5.1.3) ครูอธิบายการเกิดเงามืดเงามัว ดังนี้

5.2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (80นาที)

- ครูชี้แจงเกี่ยวกับการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดเงามืดเงามัว ให้นักเรียนเข้าใจดังนี้

ภาพตัวอย่างการทดลอง

5.2.1 ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้**ระบุข้อกล่าวอ้าง** ดังนี้

- หากเรานำไฟฉายขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาส่องวัตถุทึบแสง ในระยะห่างที่ต่างกัน จะเกิดเงามืดและเงามัวหรือไม่ อย่างไร (นักเรียนตอบตามความคิด)

5.2.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 1

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (10 นาที)

5.3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง (**ระบุหลักฐาน**) จากตารางบันทึกผลการทดลอง ดังนี้

ขนาดของกระเบอกไฟฉาย	ระยะห่างระหว่าง ตำแหน่งที่ 1 และ 2 (เซนติเมตร)	ระยะห่างระหว่าง ตำแหน่งที่ 2 และ 3 (เซนติเมตร)	เกิดเงามืดขึ้นหรือไม่	เกิดเงามัวขึ้นหรือไม่
กระบอกไฟฉายขนาดเล็ก				
กระบอกไฟฉายขนาดใหญ่				

5.3.2 จากนั้นครูใช้คำถามดังนี้

-การใช้ไฟฉายกระบอกไฟฉายขนาดเล็กที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุทึบแสงที่ใช้กั้นแสงทำให้เกิดอะไรขึ้น (เกิดเงามัวรอบเงามืดเสมอ)

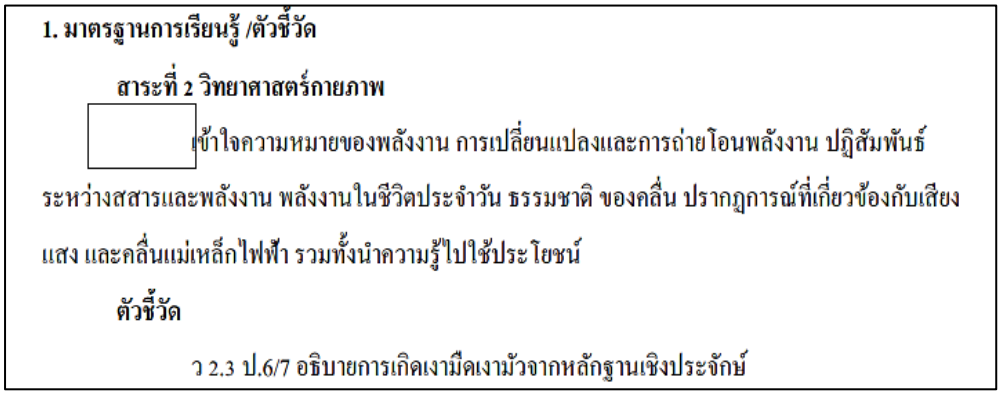
-การใช้ไฟฉายกระบอกไฟฉายใหญ่ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุทึบแสงที่ใช้กั้นแสงทำให้เกิดอะไรขึ้น (เกิดเงามัวรอบเงามืด ยกเว้นวางฉากรับแสงไว้ใกล้กับวัตถุทึบแสงจะเกิดเฉพาะเงามัว)

5.3.3 จากนั้นครูใช้คำถามดังนี้ (**ระบุเหตุผล**)

-เมื่อเรานำไฟฉายขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาส่องวัตถุทึบแสงในระยะห่างที่ต่างกัน จะเกิดเงามืดและเงามัวเป็นอย่างไร (เมื่อใช้ไฟฉายหรือแหล่งกำเนิดแสงเล็กกว่าวัตถุทึบแสงเงาที่เกิดขึ้นจะเกิดเงามัวรอบเงามืดเสมอ ไม่ว่าจะเปลี่ยนระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ 1และ2 หรือ ตำแหน่งที่ 2 และ3 ก็ตาม แต่ในกรณีกระบอกไฟฉายหรือแหล่งกำเนิดแสงใหญ่กว่าวัตถุทึบแสง เงาที่เกิดขึ้นจะเกิดเงามัว

ภาพประกอบ 24 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 2

องค์ประกอบที่ 2 และ 5 มีคะแนนรองลงมาโดยได้ 3 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 2 พบว่า นักศึกษาครูมีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง คือ ว 2.2 ป.3/1 แต่อย่างไรก็ตามในหัวข้อมาตรฐานการเรียนรู้ นักศึกษาครูระบุไม่ได้ระบุกลุ่มสาระการเรียนรู้ ซึ่งควรระบุว่า “ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน.....” ดังภาพประกอบ 25 นอกจากนั้นในองค์ประกอบที่ 5 นักศึกษาครูมีการระบุวิธีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ด้าน KPA และครอบคลุม CER แต่ใช้คำแสดงถึงเครื่องมือไม่ชัดเจน เช่น เครื่องมือที่ต้องการวัดคือ *“การบันทึกผลการทดลองและการสรุปผลการทดลองรวมถึงการอธิบายการเกิดเงามืดเงามัว”* ซึ่งข้อความดังกล่าวไม่ได้แสดงถึงเครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผล นอกจากนั้นยังมีการระบุเกณฑ์การประเมินในใบกิจกรรมที่ 1 ดังภาพประกอบ 26



1. มาตรฐานการเรียนรู้ /ตัวชี้วัด

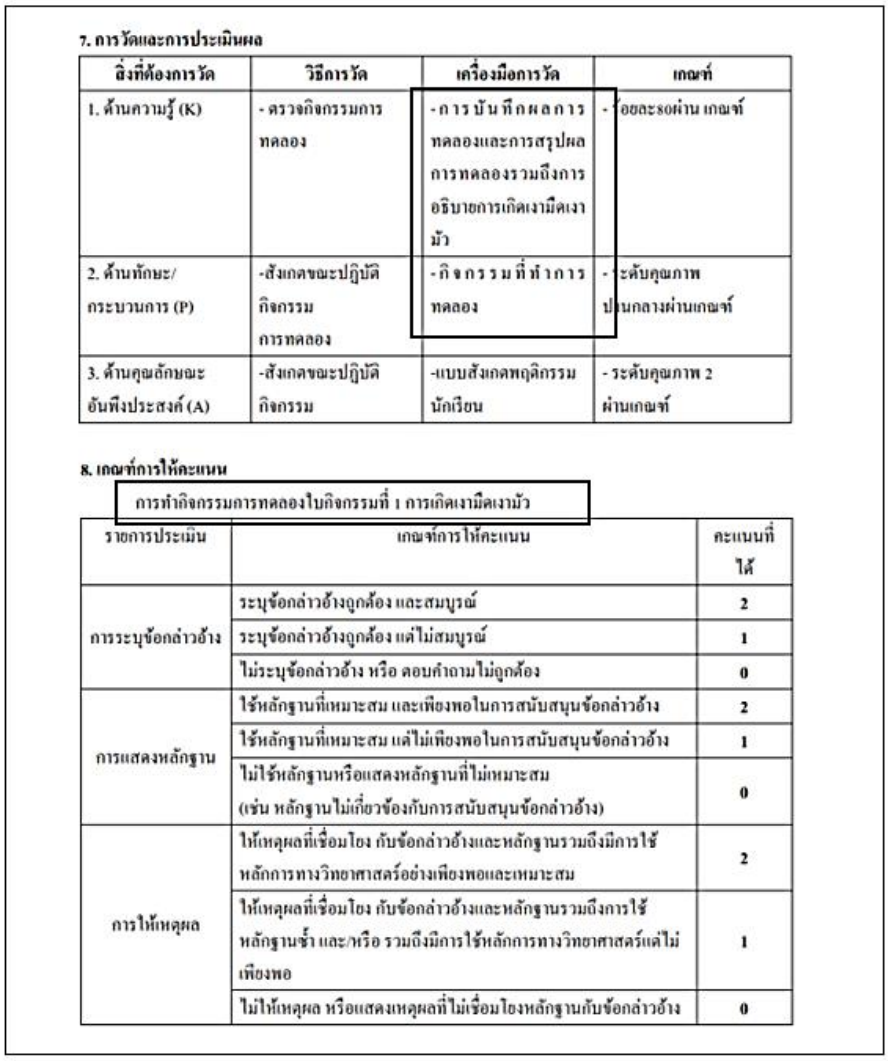
สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติ ของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 2.3 ป.6/7 อธิบายการเกิดเงามืดเงามัวจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ภาพประกอบ 25 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 2



7. การวัดและการประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์
1. ด้านความรู้ (K)	- ตรวจกิจกรรมการทดลอง	- การบันทึกผลการทดลองและการสรุปผลการทดลองรวมถึงการอธิบายการเกิดเงามืดเงามัว	- ร้อยละ80ผ่านเกณฑ์
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	-สังเกตขณะปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง	- กิจกรรมที่ทำการทดลอง	- ระดับคุณภาพปานกลางผ่านเกณฑ์
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	-สังเกตขณะปฏิบัติกิจกรรม	-แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

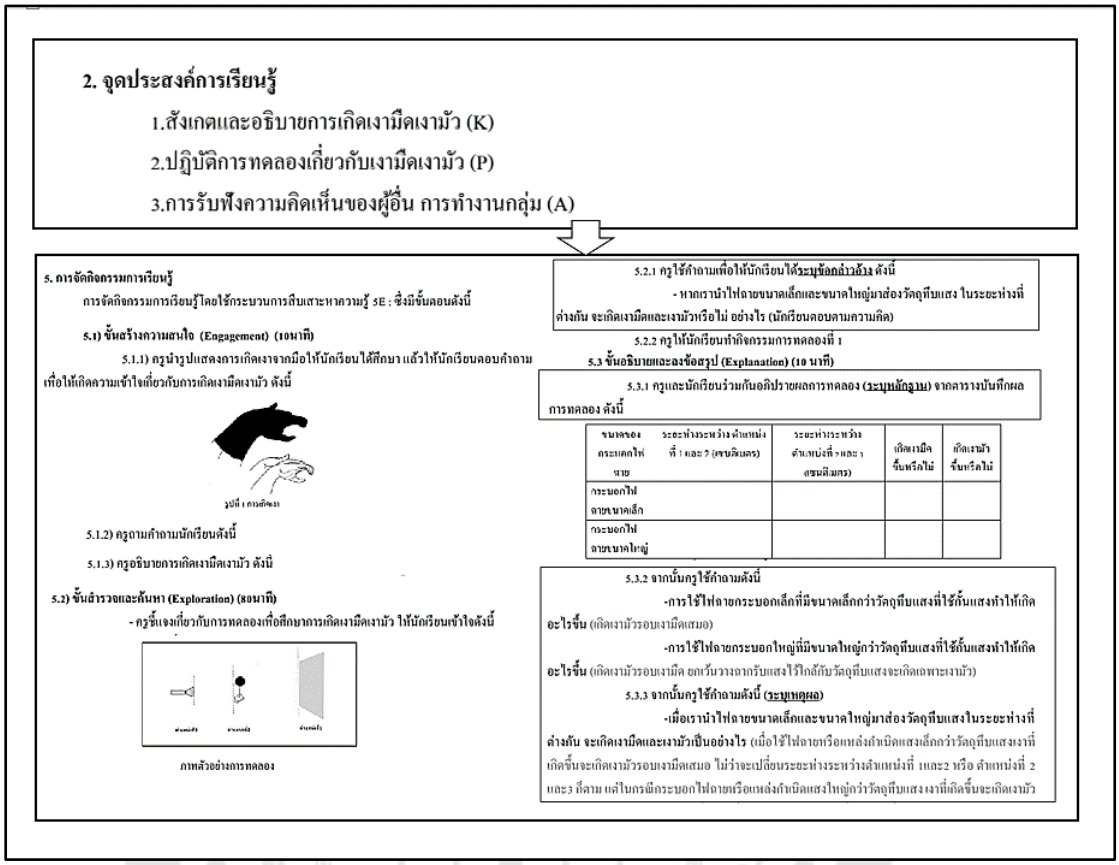
8. เกณฑ์การให้คะแนน

การทำกิจกรรมการทดลองใบกิจกรรมที่ 1 การเกิดเงามืดเงามัว

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง และสมบูรณ์	2
	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	1
	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ตอบคำถามไม่ถูกต้อง	0
การแสดงหลักฐาน	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	2
	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	1
	ไม่ใช้หลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่เหมาะสม (เช่น หลักฐานไม่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)	0
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอและเหมาะสม	2
	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงการใช้หลักฐานซ้ำ และ/หรือ รวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	1
	ไม่ให้เหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	0

ภาพประกอบ 26 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 2

ส่วนองค์ประกอบที่ 1 ได้คะแนนน้อยที่สุดโดยได้ 2 คะแนน พบว่า นักศึกษาครูมีการกำหนดจุดประสงค์ฯ ด้าน KPA และสะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายได้บางส่วน เช่นในจุดประสงค์ฯ *“ข้อที่ 2 ปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับเงามืดเงามัว (P)”* ซึ่งถือว่าไม่แสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนว่าต้องการให้นักเรียนทดลองลักษณะใดเกี่ยวกับเงามืดเงามัว โดยอาจการใช้คำว่า *“ทดลองเกี่ยวกับการเกิดเงามืดเงามัวได้”* และนักศึกษาครูสามารถเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกันบางส่วน เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ซึ่งมีการอภิปรายผลการทดลองโดยการนำไฟฉายขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาส่องวัตถุทึบแสงในระยะห่างที่ต่างกัน สอดคล้องกับจุดประสงค์ข้อที่ 1 แต่ยังไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์ข้อที่ 2 หรือไม่ เนื่องจากมีการระบุจุดประสงค์ดังกล่าวยังไม่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 27



2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.สังเกตและอธิบายการเกิดเงามืดเงามัว (K)

2.ปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับเงามืดเงามัว (P)

3.การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การทำงานกลุ่ม (A)

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5E : ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

5.1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10นาที)

5.1.1) ครูนำรูปแสดงการเกิดเงาจากมือให้นักเรียนได้ศึกษา แล้วให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดเงามืดเงามัว ดังนี้

รูปที่ 1 ตามตัวอย่าง

5.1.2) ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้

5.1.3) ครูอธิบายการเกิดเงามืดเงามัว ดังนี้

5.2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (80นาที)

- ครูชี้แจงเกี่ยวกับการทดลองเพื่อศึกษาการเกิดเงามืดเงามัว ให้นักเรียนเข้าใจดังนี้

ภาพตัวอย่างการทดลอง

5.2.1 ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ระบุข้อถกเถียง ดังนี้

- หากเรานำไฟฉายขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาส่องวัตถุทึบแสง ในระยะห่างที่ต่างกัน จะเกิดเงามืดและเงามัวหรือไม่ อย่างไร (นักเรียนตอบตามความคิด)

5.2.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองที่ 1

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (10 นาที)

5.3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง (ระบุหลักฐาน) จากตารางบันทึกผลการทดลอง ดังนี้

ขนาดของกระเดกไฟฉาย	ระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ 1 และ 2 (เซนติเมตร)	ระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ 2 และ 3 (เซนติเมตร)	เกิดเงามืดขึ้นหรือไม่	เกิดเงามัวขึ้นหรือไม่
กระบอกไฟฉายขนาดเล็ก				
กระบอกไฟฉายขนาดใหญ่				

5.3.2 จากนั้นครูใช้คำถามดังนี้

-การใช้ไฟฉายกระบอกเล็กที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุทึบแสงที่ใช้กั้นแสงทำให้เกิดอะไรขึ้น (เกิดเงามัวรอบเงามืดเสมอ)

-การใช้ไฟฉายกระบอกใหญ่ที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุทึบแสงที่ใช้กั้นแสงทำให้เกิดอะไรขึ้น (เกิดเงามัวรอบเงามืด ยกเว้นวางฉากรับแสงไว้ใกล้กับวัตถุทึบแสงจะเกิดเฉพาะเงามัว)

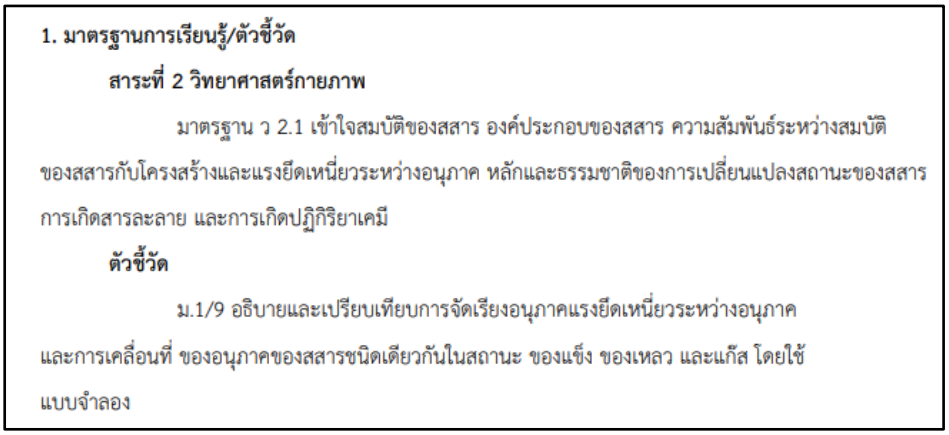
5.3.3 จากนั้นครูใช้คำถามดังนี้ (ระบุเหตุผล)

-เมื่อเรานำไฟฉายขนาดเล็กและขนาดใหญ่มาส่องวัตถุทึบแสงในระยะห่างที่ต่างกัน จะเกิดเงามืดและเงามัวเป็นอย่างไร (เมื่อใช้ไฟฉายหรือแหล่งกำเนิดแสงเล็กกว่าวัตถุทึบแสงเงาที่เกิดขึ้นจะเกิดเงามัวรอบเงามืดเสมอ ไม่ว่าจะเปลี่ยนระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ 1และ2 หรือ ตำแหน่งที่ 2 และ3 ก็ตาม แต่ในกรณีกระบอกไฟฉายหรือแหล่งกำเนิดแสงใหญ่กว่าวัตถุทึบแสงเงาที่เกิดขึ้นจะเกิดเงามัว

ภาพประกอบ 27 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 2

นอกจากนี้จากการตรวจแบบบันทึกอนุทินของตัวแทนกลุ่ม 2 ยังให้ความเห็นเกี่ยวกับแผนว่า “สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ รูปแบบการจัดการเรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5E (Inquiry Process) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนได้ฝึกระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์”

กลุ่มที่ 3 เรื่อง แบบจำลองอนุภาคของสสาร พบว่า คะแนนองค์ประกอบที่มีคะแนนสูงสุดโดยได้ 4 คะแนน คือองค์ประกอบที่ 2 พบว่านักศึกษาครูมีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง ฯ ได้ชัดเจน คือ ตัวชี้วัด ว 2.1 ม.1/9 ดังภาพประกอบ 28



1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

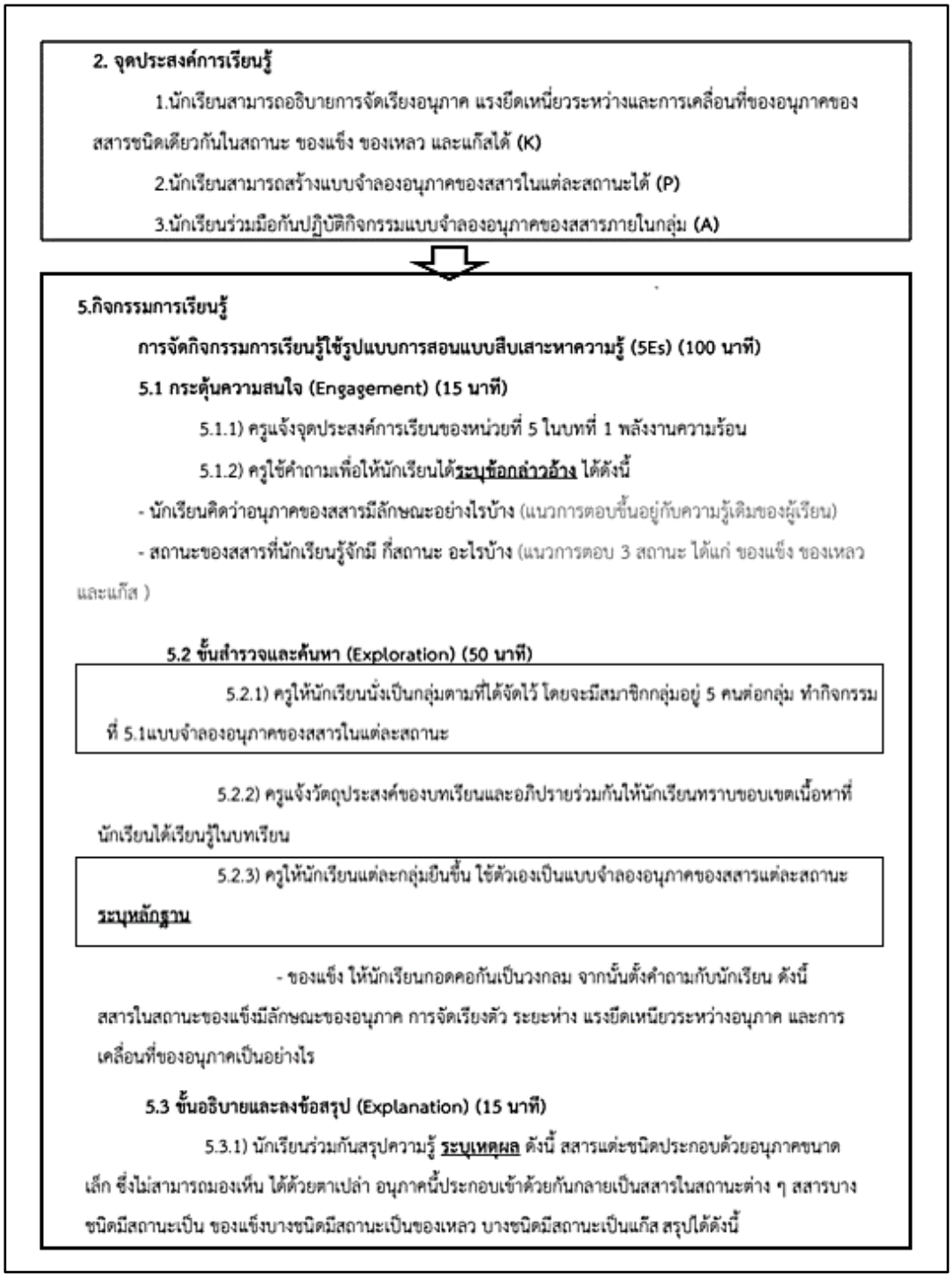
มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด

ม.1/9 อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้แบบจำลอง

ภาพประกอบ 28 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 3

องค์ประกอบ 1, 3 และ 5 ที่ได้คะแนนรองลงมาและมีคะแนนน้อยที่สุดเท่ากัน 3 คะแนน โดยในองค์ประกอบที่ 1 มีการกำหนดจุดประสงค์ ฯ ที่ครอบคลุมด้าน KPA สะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ รวมถึงเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกันบางส่วน เนื่องจากในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักศึกษาครูยังไม่มีการจัดกิจกรรมที่กระตุ้นให้เหตุผลของนักเรียน โดยนักศึกษาครูระบุเพียงว่า “นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ระบุเหตุผล ดังนี้.....” ซึ่งเป็นกิจกรรมการบรรยายสรุปเรื่องสถานะของสสาร ดังภาพประกอบ 29 ส่วนในองค์ประกอบที่ 3 มีการใช้คำถามทบทวนความรู้เดิม เพื่อส่งเสริมความเข้าใจได้บางส่วน เนื่องจากนักศึกษาครูมีการมีการระบุว่า *“ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามทบทวนความรู้ก่อนเรียนในหนังสือ”* แต่ไม่ได้แสดงว่ามีการทบทวนความรู้เดิมอย่างไร หรืออภิปรายหลังจากการทบทวนอย่างไร ดังภาพประกอบ 30 องค์ประกอบที่ 4 พบว่า นักศึกษาครูมีการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มาใช้จัดการเรียนรู้ และมีขั้นตอนที่สะท้อนถึงการระบุ CER บางส่วน เนื่องจากในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักศึกษาครูยังไม่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สะท้อนการให้เหตุผลของนักเรียนที่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 30 และในองค์ประกอบที่ 5 นักศึกษาครูมีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ ฯ ด้าน KPA ได้อย่างชัดเจน มีการระบุเกณฑ์การวัดผล ฯ ที่ครอบคลุม การระบุ CER แต่ไม่มีการระบุว่าใช้การประเมินในกิจกรรมใด ดังภาพประกอบ 31



2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.นักเรียนสามารถอธิบายการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างและการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้ **(K)**

2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะได้ **(P)**

3.นักเรียนร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรมแบบจำลองอนุภาคของสสารภายในกลุ่ม **(A)**

5.กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) (100 นาที)

5.1 กระตุ้นความสนใจ (Engagement) (15 นาที)

5.1.1) ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 5 ในบทที่ 1 พลังงานความร้อน

5.1.2) ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้**ระบุข้อกล่าวอ้าง** ได้ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าอนุภาคของสสารมีลักษณะอย่างไรบ้าง (แนวการตอบขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของผู้เรียน)
- สถานะของสสารที่นักเรียนรู้จักมี กี่สถานะ อะไรบ้าง (แนวการตอบ 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส)

5.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (50 นาที)

5.2.1) ครูให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่มตามที่ได้จัดไว้ โดยจะมีสมาชิกกลุ่มอยู่ 5 คนต่อกลุ่ม ทำกิจกรรมที่ 5.1แบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ

5.2.2) ครูแจ้งวัตถุประสงค์ของบทเรียนและอภิปรายร่วมกันให้นักเรียนทราบขอบเขตเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนรู้ในบทเรียน

5.2.3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มยืนขึ้น ใช้ตัวเองเป็นแบบจำลองอนุภาคของสสารแต่ละสถานะ **ระบุหลักฐาน**

- ของแข็ง ให้นักเรียนกอดคอกันเป็นวงกลม จากนั้นตั้งคำถามกับนักเรียน ดังนี้ สสารในสถานะของแข็งมีลักษณะของอนุภาค การจัดเรียงตัว ระยะห่าง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคเป็นอย่างไร

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (15 นาที)

5.3.1) นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ **ระบุเหตุผล** ดังนี้ สสารแต่ะชนิดประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งไม่สามารถมองเห็น ได้ด้วยตาเปล่า อนุภาคนี้ประกอบเข้าด้วยกันกลายเป็นสสารในสถานะต่าง ๆ สสารบางชนิดมีสถานะเป็น ของแข็งบางชนิดมีสถานะเป็นของเหลว บางชนิดมีสถานะเป็นแก๊ส สรุปได้ดังนี้

ภาพประกอบ 29 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 3

5.กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) (100 นาที)

5.1 กระตุ้นความสนใจ (Engagement) (15 นาที)

5.1.1) ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนของหน่วยที่ 5 ในบทที่ 1 พลังงานความร้อน

5.1.2) ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้**ระบุข้อกล่าวอ้าง** ได้ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าอนุภาคของสสารมีลักษณะอย่างไรบ้าง (แนวการตอบขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของผู้เรียน)
- สถานะของสสารที่นักเรียนรู้จักมี กี่สถานะ อะไรบ้าง (แนวการตอบ 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส)

5.1.3) ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามทบทวนความรู้ก่อนเรียนในหนังสือ

1. เขียนเครื่องหมาย / หน้าสิ่งที่เป็นสสาร

☐ ความร้อน ☑ อากาศ ☑ ก้อนหิน ☐ ไฟฟ้า
☐ ไอน้ำ ☑ เสียง ☑ แสง ☐ น้ำคลอง

2. เขียนเครื่องหมาย ◯ รอบสถานะ รูปร่าง และปริมาตรของสสารในตาราง

สสาร	สถานะ	รูปร่าง	ปริมาตร
แป้งฝุ่น	(ของแข็ง)/ของเหลว/แก๊ส	(คงที่)/ไม่คงที่	(คงที่)/ไม่คงที่
น้ำตาลทราย	(ของแข็ง)/ของเหลว/แก๊ส	(คงที่)/ไม่คงที่	(คงที่)/ไม่คงที่
เอทิล แอลกอฮอล์	ของแข็ง /(ของเหลว)/แก๊ส	คงที่/(ไม่คงที่)	(คงที่)/ไม่คงที่
อากาศ	ของแข็ง /ของเหลว/(แก๊ส)	คงที่/(ไม่คงที่)	คงที่/(ไม่คงที่)

5.1.4) ครูให้นักเรียนสังเกตภาพ และตั้งคำถามกับนักเรียนดังนี้

- ครูถามนักเรียนว่าภาพนี้เกี่ยวข้องกับอะไรอะไร

(แนวการตอบ เป็นการหลอมแก้วเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับแก้ว โดยผ่านกระบวนการหลอมเหลวและขึ้นรูปแห่งแก้วใหม่)

ที่มา https://palungjit.org/threads

ภาพประกอบ 30 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 3

7. การวัดและการประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการ		เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
	นักเรียน	ครู		
ด้านความรู้ (K)				
1.นักเรียนสามารถอธิบายการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างและการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้	-ตอบคำถามในห้องเรียน -ตอบคำถามในใบความรู้หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน	-ประเมินจากการตอบคำถาม -ตอบคำถามใบงาน	-แบบประเมินการตอบคำถาม -แบบประเมินการทำใบงาน/ชิ้นงาน/สมุดรายบุคคล	ผ่านเกณฑ์ระดับคุณภาพ 2
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)				
1.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะได้	-ทำกิจกรรมที่ 5.1 แบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ	-ประเมินจากการทำกิจกรรมกลุ่ม	-แบบประเมินการทำงานกลุ่ม	ผ่านเกณฑ์ระดับคุณภาพ 2
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)				
1.นักเรียนร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรมแบบจำลองอนุภาคของสสารภายในกลุ่ม	-ทำกิจกรรมที่5.1 แบบจำลองอนุภาคของสสารในแต่ละสถานะ -ส่งใบความรู้	-สังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมกลุ่ม -ตรวจใบงาน	-แบบประเมินพฤติกรรม -แบบประเมินการทำใบงาน/ชิ้นงาน/สมุดรายบุคคล	ผ่านเกณฑ์ระดับคุณภาพ 2

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง และสมบูรณ์	2
	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	1
	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ตอบคำถามไม่ถูกต้อง	0
การแสดงหลักฐาน	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	2
	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	1
	ไม่ใช้หลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่เหมาะสม (เช่น หลักฐานไม่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)	0
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอและเหมาะสม	2
	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงการใช้หลักฐานซ้ำ และ/หรือ รวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	1
	ไม่ให้เหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	0

ภาพประกอบ 31 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 3

ตัวแทนกลุ่ม 3 ยังให้ความเห็นเกี่ยวกับแผนว่า “สิ่งที่ได้เรียนรู้คือการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E เน้นให้นักศึกษาครูเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ ด้วยตนเอง การให้นักศึกษาครูได้ลงมือปฏิบัติจึงจะช่วยให้นักศึกษาครูสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนสื่อสารสิ่งที่ตนเองเรียนรู้ออกมาได้ด้วยการอธิบาย ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E จึงเหมาะที่จะนำมาจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์”

กลุ่มที่ 4 เรื่อง นัยน์ตากับการมองเห็น พบว่า มีคะแนนสูงสุด โดยได้ 4 คะแนน คือ องค์ประกอบที่ 2 ซึ่งนักศึกษาครูมีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง ฯ ที่เน้นให้มีการนำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ได้ ดังภาพประกอบ 32

1. มาตรฐาน

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ตัวชี้วัด

ว 2.3 ม.3/19 อธิบายผลของความสว่างที่มีต่อดวงตาจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น

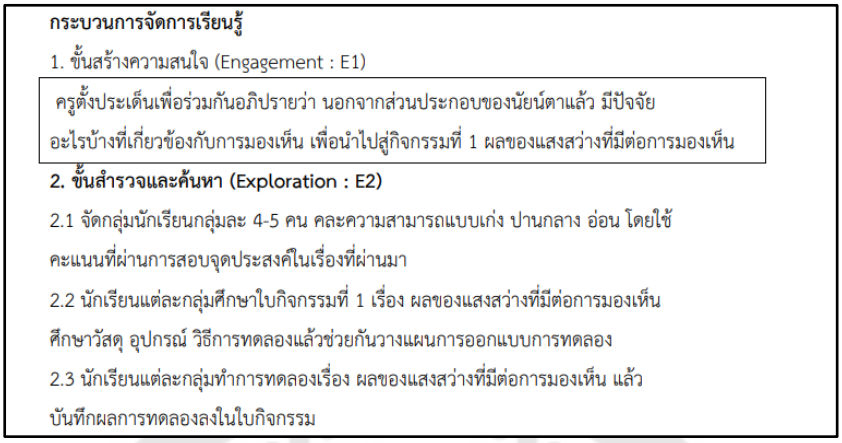
ว 2.3 ม.3/20 วัดความสว่างของแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดความสว่างของแสง

ว 2.3 ม.3/21 ตระหนักในคุณค่าของความรู้เรื่อง ความสว่างของแสงที่มีต่อดวงตา โดยวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและเสนอแนะการจัดความสว่างให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ

ภาพประกอบ 30 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 4

องค์ประกอบที่ได้คะแนนรองลงมา คือ องค์ประกอบที่ 3 และ 4 โดยได้ 3 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 3 เกี่ยวกับการใช้คำถามเพื่อสำรวจแนวคิดของนักเรียน ซึ่งอยู่ในขั้นสร้างความสนใจ โดยนักศึกษาครูมีการระบุคำถามเพื่อสำรวจแนวคิด เช่น *“ปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น”* และในขั้นสำรวจและค้นหา มีกิจกรรมการทดลอง เช่น *“ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น”* เพื่อแสดงกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจได้บางส่วน เนื่องจากการเขียนแผนของนักศึกษาครูเป็นการเขียนแบบบรรยาย ซึ่งกิจกรรมยังไม่แสดงให้เห็นถึงบทบาทของครูและนักเรียนที่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 33 และในองค์ประกอบที่

4 พบว่ามีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E และมีใช้กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มาใช้จัดการเรียนรู้ แต่ไม่มีขั้นตอนที่สะท้อนถึง การระบุ CER ดังภาพประกอบ 34


กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement : E1)

ครูตั้งประเด็นเพื่อร่วมกันอภิปรายว่า นอกจากส่วนประกอบของนัยน์ตาแล้ว มีปัจจัยอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น เพื่อนำไปสู่กิจกรรมที่ 1 ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น

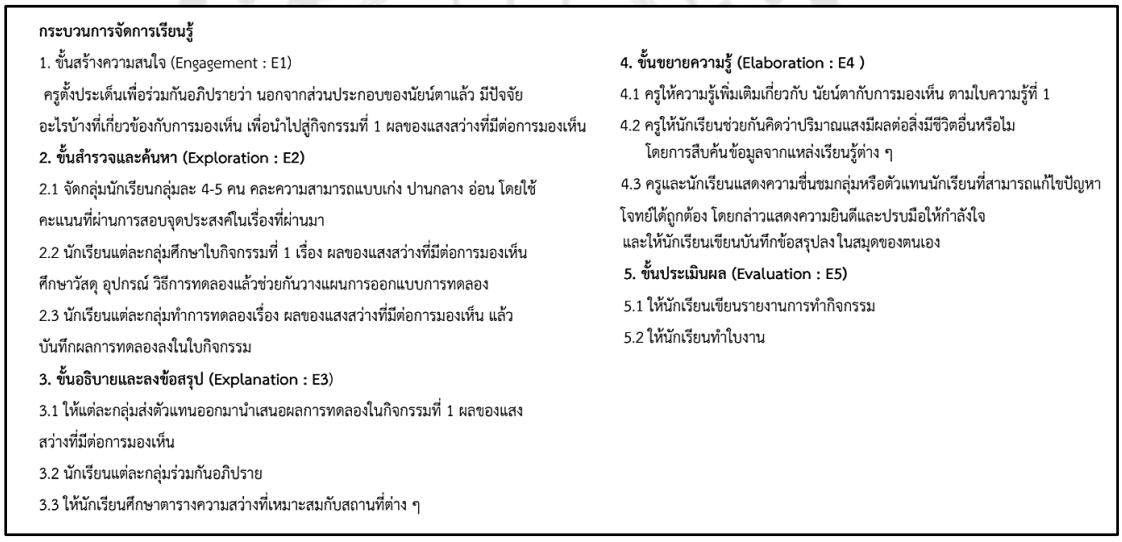
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration : E2)

2.1 จัดกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน คละความสามารถแบบเก่ง ปานกลาง อ่อน โดยใช้คะแนนที่ผ่านการสอบจุดประสงค์ในเรื่องที่ผ่านมา

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น ศึกษาวัสดุ อุปกรณ์ วิธีการทดลองแล้วช่วยกันวางแผนการออกแบบการทดลอง

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเรื่อง ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น แล้วบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม

ภาพประกอบ 31 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 4


กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement : E1)

ครูตั้งประเด็นเพื่อร่วมกันอภิปรายว่า นอกจากส่วนประกอบของนัยน์ตาแล้ว มีปัจจัยอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น เพื่อนำไปสู่กิจกรรมที่ 1 ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration : E2)

2.1 จัดกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน คละความสามารถแบบเก่ง ปานกลาง อ่อน โดยใช้คะแนนที่ผ่านการสอบจุดประสงค์ในเรื่องที่ผ่านมา

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น ศึกษาวัสดุ อุปกรณ์ วิธีการทดลองแล้วช่วยกันวางแผนการออกแบบการทดลอง

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเรื่อง ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น แล้วบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation : E3)

3.1 ให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทดลองในกิจกรรมที่ 1 ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย

3.3 ให้นักเรียนศึกษาตารางความสว่างที่เหมาะสมกับสถานที่ต่าง ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration : E4)

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ นัยน์ตากับการมองเห็น ตามใบความรู้ที่ 1

4.2 ครูให้นักเรียนช่วยกันคิดว่าปริมาณแสงมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่นหรือไม่ โดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

4.3 ครูและนักเรียนแสดงความชื่นชมกลุ่มหรือตัวแทนนักเรียนที่สามารถแก้ไขปัญหาโจทย์ได้ถูกต้อง โดยกล่าวแสดงความยินดีและปรบมือให้กำลังใจ และให้นักเรียนเขียนบันทึกข้อสรุปลงในสมุดของตนเอง

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation : E5)

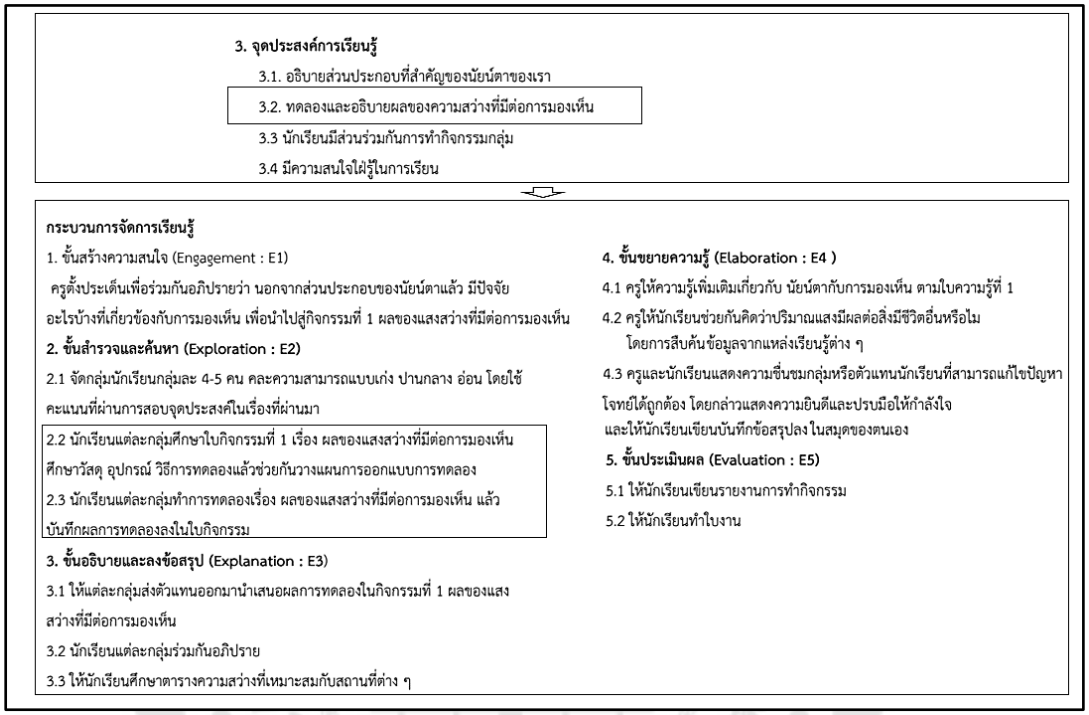
5.1 ให้นักเรียนเขียนรายงานการทำกิจกรรม

5.2 ให้นักเรียนทำใบงาน

ภาพประกอบ 32 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 4

ส่วนองค์ประกอบที่ 1 และ 5 ได้คะแนนน้อยที่สุดโดยได้ 2 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 1 พบว่า นักศึกษาครูกำหนดจุดประสงค์ครอบคลุมด้าน KPA แต่ยังไม่สะท้อนให้เห็นองค์ประกอบ CER ได้อย่างชัดเจน แต่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เพียงบางส่วน เช่น ในขั้นสำรวจและค้นหา นักศึกษาครูได้กำหนดการทดลอง เรื่อง *“ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น”* ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์ข้อที่ 2 *“ทดลองและอธิบายความสว่างที่มีต่อการมองเห็น”* แต่ระบุกิจกรรมการทดลองในใบกิจกรรมที่ 1 นักศึกษาครูยังไม่แสดงให้เห็นว่าทำกิจกรรมอย่างไร ทำให้

ไม่แน่ใจว่ากิจกรรมดังกล่าวสอดคล้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ข้อที่ 2 ทั้งหมดหรือไม่ ดังภาพประกอบ 35 และในองค์ประกอบที่ 5 นักศึกษาครูมีการใช้วิธีการวัด ฯ สอดคล้องกับจุดประสงค์ ฯ ครอบคลุมพฤติกรรม KPA แต่ไม่ครอบคลุมองค์ประกอบ CER ดังภาพประกอบ 36



3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1. อธิบายส่วนประกอบที่สำคัญของนัยน์ตาของเรา

3.2. ทดลองและอธิบายผลของความสว่างที่มีต่อการมองเห็น

3.3 นักเรียนมีส่วนร่วมกันการทำกิจกรรมกลุ่ม

3.4 มีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement : E1)

ครูตั้งประเด็นเพื่อร่วมกันอภิปรายว่า นอกจากส่วนประกอบของนัยน์ตาแล้ว มีปัจจัยอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น เพื่อนำไปสู่กิจกรรมที่ 1 ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration : E2)

2.1 จัดกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน คละความสามารถแบบเก่ง ปานกลาง อ่อน โดยใช้คะแนนที่ผ่านการสอบจุดประสงค์ในเรื่องที่ผ่านมา

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น ศึกษาวัสดุ อุปกรณ์ วิธีการทดลองแล้วช่วยกันวางแผนการออกแบบการทดลอง

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเรื่อง ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น แล้วบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation : E3)

3.1 ให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทดลองในกิจกรรมที่ 1 ผลของแสงสว่างที่มีต่อการมองเห็น

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย

3.3 ให้นักเรียนศึกษาตารางความสว่างที่เหมาะสมกับสถานที่ต่าง ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration : E4)

4.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ นัยน์ตากับการมองเห็น ตามใบความรู้ที่ 1

4.2 ครูให้นักเรียนช่วยกันคิดว่าปริมาณแสงมีผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่นหรือไม่ โดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

4.3 ครูและนักเรียนแสดงความชื่นชมกลุ่มหรือตัวแทนนักเรียนที่สามารถแก้ไขปัญหาโจทย์ได้ถูกต้อง โดยกล่าวแสดงความยินดีและปรบมือให้กำลังใจ และให้นักเรียนเขียนบันทึกข้อสรุปลง ในสมุดของตนเอง

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation : E5)

5.1 ให้นักเรียนเขียนรายงานการทำกิจกรรม

5.2 ให้นักเรียนทำใบงาน

ภาพประกอบ 33 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 4

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล และประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
อธิบายส่วนประกอบที่สำคัญของนัยน์ตาของเรา	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	แบบบันทึกการตรวจผลงาน ใบกิจกรรมที่ 1	ร้อยละ 80 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ (18 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20)
นักเรียนมีส่วนร่วมกันการทำกิจกรรมกลุ่ม	การสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วมการทำกิจกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วมการทำกิจกรรม	ระดับ ดี ขึ้นไป
มีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน	การสังเกตพฤติกรรมการมีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมการมีความสนใจใฝ่รู้ในการเรียน	ระดับ ดี ขึ้นไป

ภาพประกอบ 34 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 4

จากแบบบันทึกอนุทินของตัวแทนกลุ่ม 4 ยังให้ความเห็นเกี่ยวกับแผนว่า “สิ่งที่ได้เรียนรู้คือการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E เหมาะที่จะนำมาจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ ”

กลุ่มที่ 5 เรื่อง น้ำและแหล่งน้ำผิวดินบนโลก พบว่า องค์ประกอบที่ 2 และ 3 มีคะแนนสูงสุด โดยได้ 4 คะแนนเท่ากันเมื่อพิจารณา โดยนักศึกษาครูมีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง ที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างชัดเจน ดังภาพประกอบ 37 และองค์ประกอบที่ 3 นักศึกษาครูมีการใช้คำถามนำเข้าสู่บทเรียน การกระตุ้นความสนใจด้วยภาพ มีการทบทวนความรู้จากหนังสือและมีการอภิปรายคำตอบร่วมกัน ดังภาพประกอบ 38

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

ว 3.2 ม.2/9 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการใช้น้ำ และนำเสนอแนวทางการใช้น้ำอย่างยั่งยืนในท้องถิ่นของตนเอง

ภาพประกอบ 35 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 5

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. กระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยให้นักเรียนดูภาพแม่น้ำเจ้าพระยา แล้วถามนักเรียนว่าแม่น้ำเจ้าพระยาเกิดจากการรวมของแม่น้ำใดบ้าง มาบรรจบกันที่จังหวัดใด

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ให้นักเรียนทำทบทวนความรู้ก่อนเรียนในหนังสือหน้า 163 พร้อมเฉลย (แนวคำตอบดังภาพ)

2. นักเรียนศึกษาความรู้เรื่องน้ำและแหล่งน้ำผิวดินบนโลกในหนังสือเรียน และครูคอยอธิบายเพิ่มเติม ให้นักเรียนฟัง โดยใช้สื่อการสอน PowerPoint

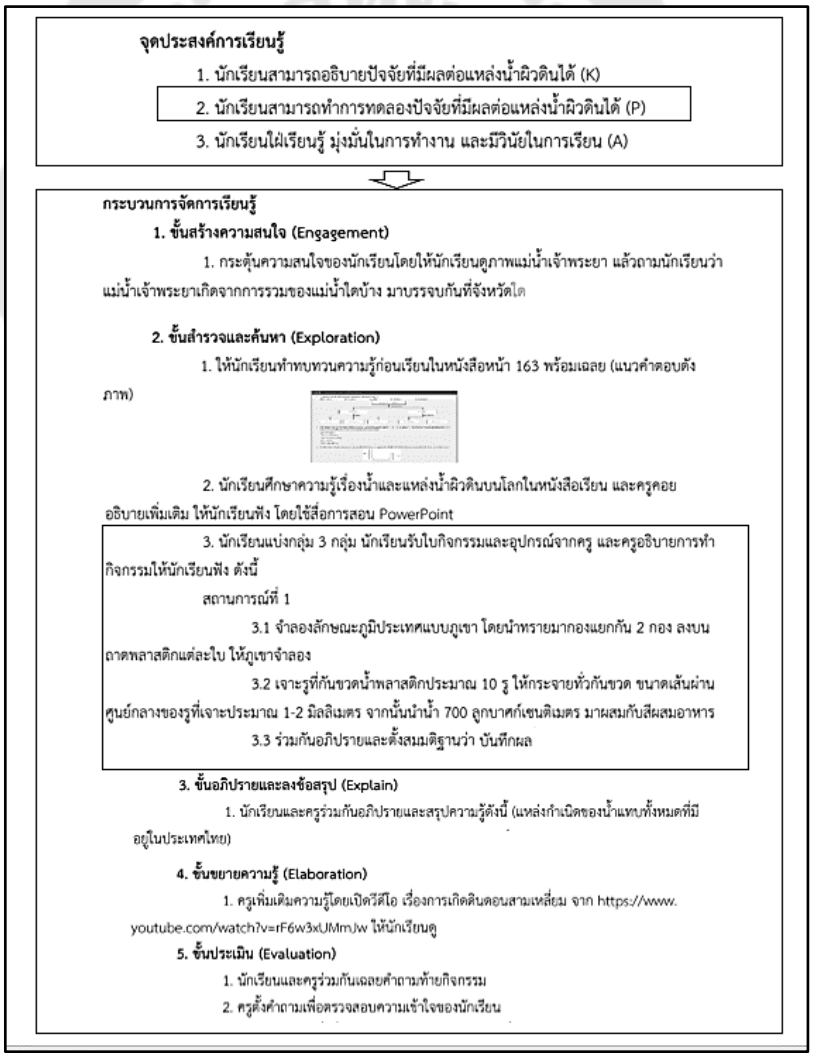
3. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 3 กลุ่ม นักเรียนรับใบกิจกรรมและอุปกรณ์จากครู และครูอธิบายการทำกิจกรรมให้นักเรียนฟัง ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1

3.1 จำลองลักษณะภูมิประเทศแบบภูเขา โดยนำทรายมากองแยกกัน 2 กอง ลงบนถาดพลาสติกแต่ละใบ ให้ภูเขาจำลอง

ภาพประกอบ 36 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 5

เมื่อพิจารณาคะแนนรองลงมาคือ องค์ประกอบที่ 1 และ 4 โดยได้ 3 คะแนนเท่ากัน โดยพบว่า นักศึกษาครูกำหนดจุดประสงค์ ฯ ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้าน KPA และสะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ รวมถึงเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้สอดคล้องกันบางส่วน เนื่องจากนักศึกษาครูกำหนดจุดประสงค์ ฯ ข้อที่ 2 คือ *“นักเรียนทดลองปัจจัยที่มีผลต่อแหล่งน้ำผิวดินได้ “* สอดคล้องกับกิจกรรมสถานการณ์จำลองในขั้น สำรวจและค้นหา แต่กิจกรรมยังไม่สะท้อนถึงการระบุ CER อย่างชัดเจนมากนัก ดังภาพประกอบ 39 และ องค์ประกอบที่ 4 มีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5E และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มาใช้จัดการเรียนรู้ แต่ไม่แสดงขั้นตอนที่สะท้อนถึง CER ได้อย่างชัดเจน มีเพียงกิจกรรมสถานการณ์จำลองในขั้น สำรวจและค้นหา ที่สะท้อนการใช้หลักฐานเท่านั้น ดังภาพประกอบ 39



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อแหล่งน้ำผิวดินได้ (K)
2. นักเรียนสามารถทำการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อแหล่งน้ำผิวดินได้ (P)
3. นักเรียนใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน และมีวินัยในการเรียน (A)

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. กระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยให้นักเรียนดูภาพแม่น้ำเจ้าพระยา แล้วถามนักเรียนว่า แม่น้ำเจ้าพระยาเกิดจากการรวมของแม่น้ำใดบ้าง มาบรรจบกันที่จังหวัดใด

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ให้นักเรียนทำทบทวนความรู้ก่อนเรียนในหนังสือหน้า 163 พร้อมเฉลย (แนวคำตอบดังภาพ)

2. นักเรียนศึกษาความรู้เรื่องน้ำและแหล่งน้ำผิวดินบนโลกในหนังสือเรียน และครูคอยอธิบายเพิ่มเติม ให้นักเรียนฟัง โดยใช้สื่อการสอน PowerPoint

3. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 3 กลุ่ม นักเรียนรับใบกิจกรรมและอุปกรณ์จากครู และครูอธิบายการทำกิจกรรมให้นักเรียนฟัง ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1

3.1 จำลองลักษณะภูมิประเทศแบบภูเขา โดยนำทรายมากองแยกกัน 2 กอง ลงบนถาดพลาสติกแต่ละใบ ให้ภูเขาจำลอง

3.2 เจาะรูที่ก้นขวดน้ำพลาสติกประมาณ 10 รู ให้กระจายทั่วก้นขวด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่เจาะประมาณ 1-2 มิลลิเมตร จากนั้นนำน้ำ 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาผสมกับสีผสมอาหาร

3.3 ร่วมกันอภิปรายและตั้งสมมติฐานว่า บันทึกผล

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (Explain)

1. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ดังนี้ (แหล่งกำเนิดของน้ำแทบทั้งหมดที่มีอยู่ในประเทศไทย)

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูเพิ่มเติมความรู้โดยเปิดวีดีโอ เรื่องการเกิดหินตอนสามเหลี่ยม จาก https://www.youtube.com/watch?v=rF6w3xUMmJw ให้นักเรียนดู

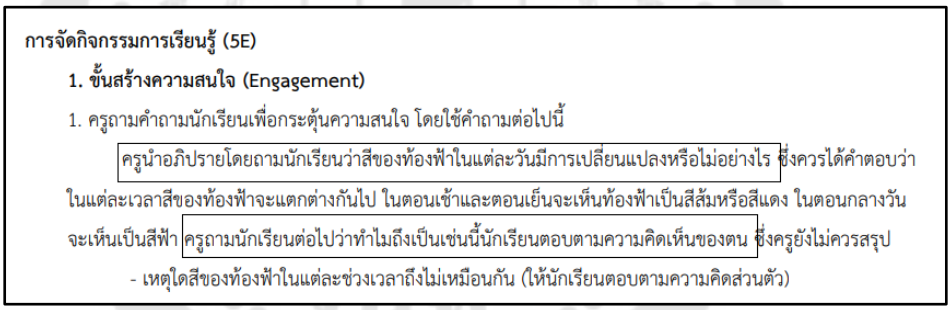
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. นักเรียนและครูร่วมกันเฉลยคำถามท้ายกิจกรรม
2. ครูตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

ภาพประกอบ 37 แสดงองค์ประกอบที่ 1 และ 4 ของกลุ่มที่ 5

ส่วนแบบบันทึกอนุทินของตัวแทนกลุ่ม 5 ยังให้ความเห็นเกี่ยวกับแผนว่า “สิ่งที่ได้เรียนรู้คือการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E เป็นการเรียนรู้บนพื้นฐานของการสืบเสาะ เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จึงเหมาะที่จะนำมาเขียนแผนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์”

กลุ่มที่ 6 เรื่อง แสงเชิงฟิสิกส์ พบว่า มีคะแนนที่มีคะแนนสูงสุด คือองค์ประกอบที่ 3 และ 4 โดยได้ 3 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 3 พบว่า นักศึกษาครูมีการใช้คำถามสำรวจแนวคิดของนักเรียน แต่ไม่พบการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจที่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 38 และ องค์ประกอบที่ 4 มีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ ซึ่งแสดงขั้นตอนที่สะท้อนถึง การระบุ CER ได้บางส่วน เช่น ในขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป นักศึกษาครูได้กำหนดกิจกรรมเพื่อระบุหลักฐานและกระตุ้นให้นักเรียนให้เหตุผลโดยใช้ข้อมูลจากผลการทดลอง ดังภาพประกอบ 40



การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (5E)

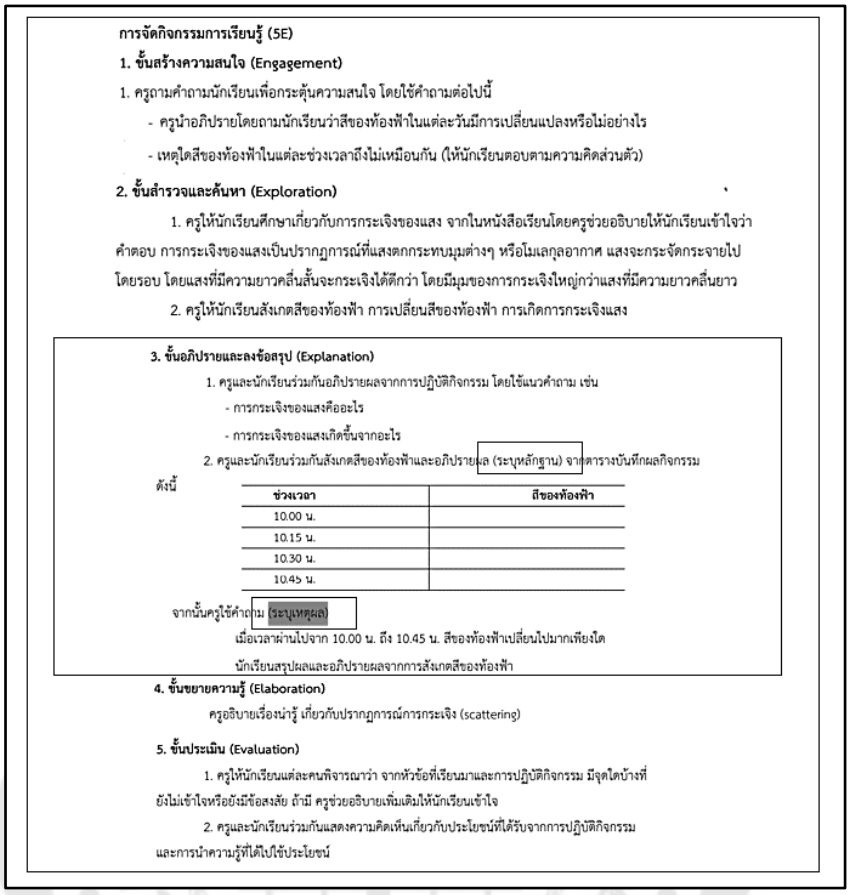
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูถามคำถามนักเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ โดยใช้คำถามต่อไปนี้

ครูนำอภิปรายโดยถามนักเรียนว่าสีของท้องฟ้าในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร ซึ่งควรได้คำตอบว่าในแต่ละเวลาสีของท้องฟ้าจะแตกต่างกันไป ในตอนเช้าและตอนเย็นจะเห็นท้องฟ้าเป็นสีส้มหรือสีแดง ในตอนกลางวันจะเห็นเป็นสีฟ้า ครูถามนักเรียนต่อไปว่าทำไมถึงเป็นเช่นนี้นักเรียนตอบตามความคิดเห็นของตน ซึ่งครูยังไม่ควรสรุป

- เหตุใดสีของท้องฟ้าในแต่ละช่วงเวลาถึงไม่เหมือนกัน (ให้นักเรียนตอบตามความคิดส่วนตัว)

ภาพประกอบ 38 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 6



การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (5E)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูถามคำถามนักเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ โดยใช้คำถามต่อไปนี้
   - ครูนำอภิปรายโดยถามนักเรียนว่าสีของท้องฟ้าในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร
   - เหตุใดสีของท้องฟ้าในแต่ละช่วงเวลาถึงไม่เหมือนกัน (ให้นักเรียนตอบตามความคิดส่วนตัว)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการกระเจิงของแสง จากในหนังสือเรียนโดยครูช่วยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่าคำตอบ การกระเจิงของแสงเป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบมุมต่างๆ หรือโมเลกุลอากาศ แสงจะกระจัดกระจายไปโดยรอบ โดยแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะกระเจิงได้ดีกว่า โดยมีมุมของการกระเจิงใหญ่กว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาว
2. ครูให้นักเรียนสังเกตสีของท้องฟ้า การเปลี่ยนสีของท้องฟ้า การเกิดการกระเจิงแสง

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากการปฏิบัติกิจกรรม โดยใช้แนวคำถาม เช่น
   - การกระเจิงของแสงคืออะไร
   - การกระเจิงของแสงเกิดขึ้นจากอะไร
2. ครูและนักเรียนร่วมกันสังเกตสีของท้องฟ้าและอภิปรายผล (ระบุหลักฐาน) จากตารางบันทึกผลกิจกรรมดังนี้

ช่วงเวลา	สีของท้องฟ้า
10.00 น.	
10.15 น.	
10.30 น.	
10.45 น.	

จากนั้นครูใช้คำถาม (ระบุเหตุผล)
เมื่อเวลาผ่านไปจาก 10.00 น. ถึง 10.45 น. สีของท้องฟ้าเปลี่ยนไปมากเพียงใด
นักเรียนสรุปผลและอภิปรายผลจากการสังเกตสีของท้องฟ้า

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

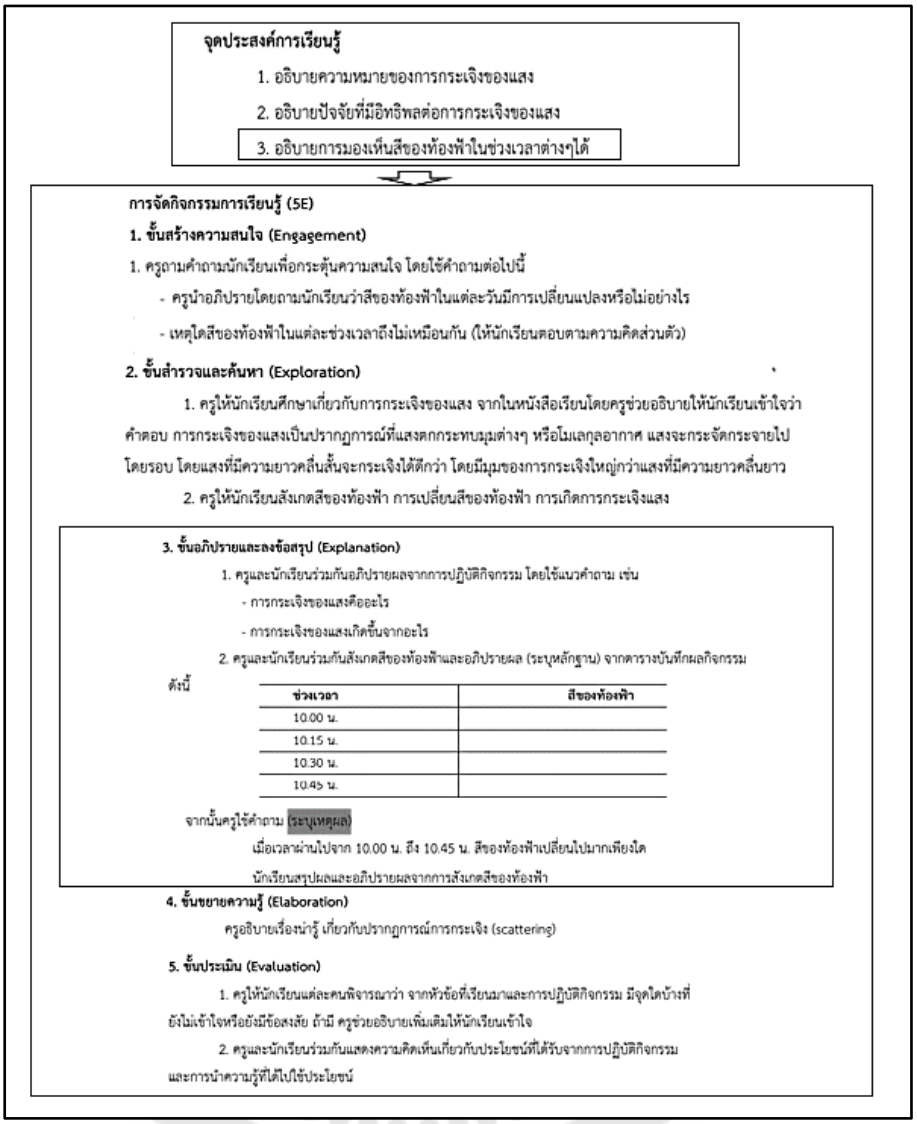
ครูอธิบายเรื่องน่ารู้ เกี่ยวกับปรากฏการณ์การกระเจิง (scattering)

5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า จากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามี ครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมและการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์

ภาพประกอบ 39 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 6

องค์ประกอบที่ได้คะแนนรองลงมาและมีคะแนนต่ำที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 1, 2 และ 5 โดยได้ 1 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณา องค์ประกอบที่ 1 พบว่า มีการกำหนดจุดประสงค์ ฯ ไม่ครอบคลุมพฤติกรรมด้าน KPA แต่สะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้บางส่วน เช่น จุดประสงค์ ฯ ข้อที่ 3 *“อธิบายการมองเห็นสีของท้องฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้”* สอดคล้องกับ ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป ซึ่งนักศึกษาครูได้กำหนดกิจกรรมการสังเกตท้องฟ้าเพื่อระบุการใช้หลักฐาน และกระตุ้นให้นักเรียนให้เหตุผลโดยใช้ข้อมูลจากตารางบันทึกผลการทดลอง ดังภาพประกอบ 42 ส่วนองค์ประกอบที่ 2 พบว่านักศึกษาครูไม่มีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง ฯ และไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรโดยเน้นการอธิบายปรากฏการณ์ได้ ดังภาพประกอบ 43 องค์ประกอบที่ 5 พบว่า นักศึกษาครูมีการระบุวิธีการวัดผล ฯ ได้ครอบคลุมพฤติกรรมด้าน KPA แต่ไม่ครอบคลุมองค์ประกอบ CER ดังภาพประกอบ 43 ส่วนคะแนนต่ำสุด คือ องค์ประกอบที่ 2 พบว่า นักศึกษาครูไม่มีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง ฯ ดังภาพประกอบ 44



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของการกระเจิงของแสง
2. อธิบายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระเจิงของแสง
3. อธิบายการมองเห็นสีของท้องฟ้าในช่วงเวลาต่างๆได้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (5E)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูถามคำถามนักเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ โดยใช้คำถามต่อไปนี้
   - ครูนำอภิปรายโดยถามนักเรียนว่าสีของท้องฟ้าในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร
   - เหตุใดสีของท้องฟ้าในแต่ละช่วงเวลาถึงไม่เหมือนกัน (ให้นักเรียนตอบตามความคิดส่วนตัว)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1. ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับการกระเจิงของแสง จากในหนังสือเรียนโดยครูช่วยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่าคำตอบ การกระเจิงของแสงเป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบมุมต่างๆ หรือโมเลกุลอากาศ แสงจะกระจัดกระจายไปโดยรอบ โดยแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นจะกระเจิงได้ดีกว่า โดยมีมุมของการกระเจิงใหญ่กว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาว
2. ครูให้นักเรียนสังเกตสีของท้องฟ้า การเปลี่ยนสีของท้องฟ้า การเกิดการกระเจิงแสง

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (Explanation)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากการปฏิบัติกิจกรรม โดยใช้แนวคำถาม เช่น
   - การกระเจิงของแสงคืออะไร
   - การกระเจิงของแสงเกิดขึ้นจากอะไร
2. ครูและนักเรียนร่วมกันสังเกตสีของท้องฟ้าและอภิปรายผล (ระบุหลักฐาน) จากตารางบันทึกผลกิจกรรมดังนี้

ช่วงเวลา	สีของท้องฟ้า
10.00 น.	
10.15 น.	
10.30 น.	
10.45 น.	

จากนั้นครูใช้คำถาม (ระบุเหตุผล)

เมื่อเวลาผ่านไปจาก 10.00 น. ถึง 10.45 น. สีของท้องฟ้าเปลี่ยนไปมากเพียงใด

นักเรียนสรุปผลและอภิปรายผลจากการสังเกตสีของท้องฟ้า

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

ครูอธิบายเรื่องน่ารู้ เกี่ยวกับปรากฏการณ์การกระเจิง (scattering)

5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า จากหัวข้อที่เรียนมาและการปฏิบัติกิจกรรม มีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามี ครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมและการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์

ภาพประกอบ 40 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 6

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์
1. ด้านความรู้ (K)	- ตรวจการสังเกตสีของท้องฟ้า - ตรวจกิจกรรมการทดลอง	- คำถามในใบกิจกรรม - แบบประเมิน	- ร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์ - ร้อยละ 70 ผ่าน เกณฑ์ - ร้อยละ 70 ผ่าน เกณฑ์
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)	- สังเกตขณะปฏิบัติกิจกรรมการสังเกตสีของท้องฟ้า	- แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการ	- ระดับคุณภาพปานกลาง ผ่านเกณฑ์
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)	- สังเกตขณะปฏิบัติกิจกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

ภาพประกอบ 41 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 6

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ภาพประกอบ 42 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 6

นอกจากนี้จากแบบบันทึกอนุทินของตัวแทนกลุ่ม 6 ยังให้ความเห็นเกี่ยวกับแผนว่า “สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของการสืบเสาะหาความรู้ เขียนแผนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จึงควรใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้”

กลุ่มที่ 7 เรื่อง การแยกสารเนื้อผสม พบว่า คะแนนคะแนนสูงสุด คือองค์ประกอบที่ 2 โดยได้ 4 คะแนน ซึ่งนักศึกษาครูมีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง ฯ ที่เกี่ยวกับการอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างชัดเจน คือ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด ว 2.1 ม.6/1 ดังภาพประกอบ 45

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบขอสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

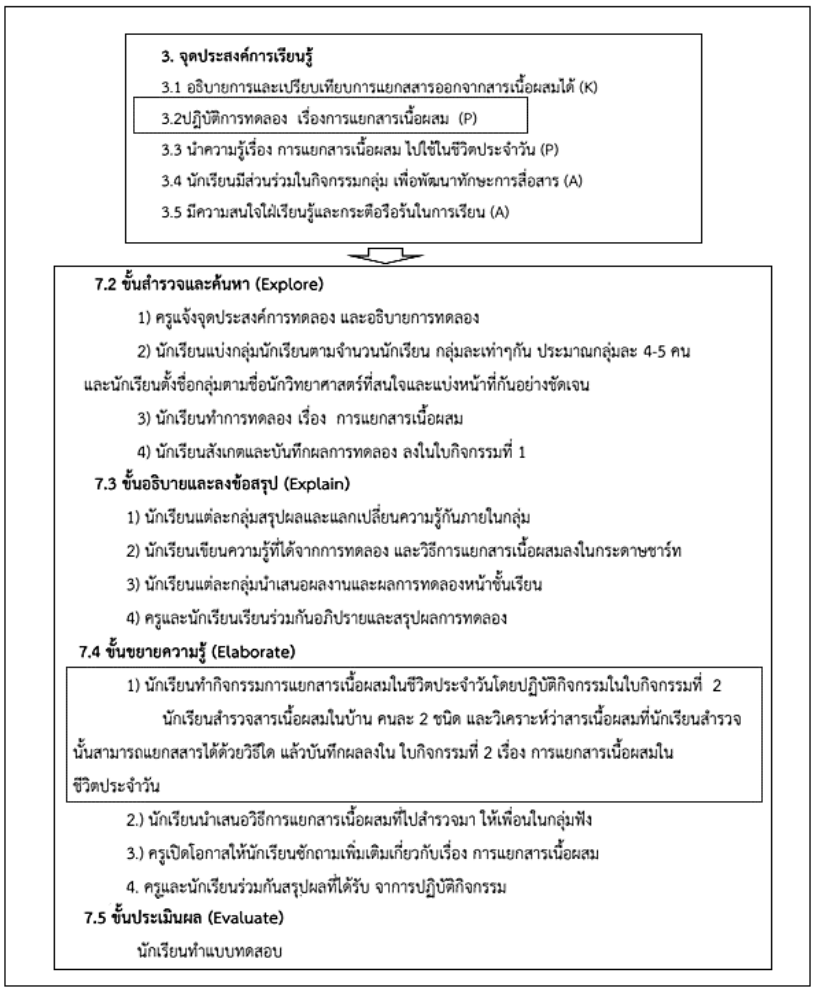
ตัวชี้วัด

ว 1.2 ป.6/1 อธิบายและเปรียบเทียบการแยกสารผสม โดยการหยิบออก การร่อน การใช้แม่เหล็กดึงดูด การรินออก การกรอง และการตกตะกอน โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งระบุวิธี แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการแยกสาร

ภาพประกอบ 43 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 7

คะแนนรองลงมา คือ องค์ประกอบที่ 1, 3, 4 และ 5 โดยได้ 3 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 1 พบว่า นักศึกษาครูกำหนดจุดประสงค์ ฯ ครอบคลุมพฤติกรรมด้าน KPA โดยจุดประสงค์ ฯ ข้อที่ 2 “ปฏิบัติการทดลองเรื่องการแยกสารเนื้อผสม” สอดคล้องกับกิจกรรมในขั้นขยายความรู้ แต่กิจกรรมยังไม่สะท้อนถึงการระบุ CER อย่างชัดเจน จึงยังแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน ดัง

ภาพประกอบ 46 องค์ประกอบที่ 3 นักศึกษาครูมีการใช้คำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมในขั้นสร้างความสนใจ แต่ไม่พบกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจที่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 47 องค์ประกอบที่ 4 พบว่า นักศึกษาครูมีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มาใช้จัดการเรียนรู้ แต่ขั้นตอนยังไม่สะท้อนถึงการระบุ CER ที่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 47 และองค์ประกอบที่ 5 มีการระบุวิธีการวัดผล ฯ ได้ครอบคลุมพฤติกรรมด้าน KPA แต่ไม่ระบุวิธีการวัดที่ครอบคลุมองค์ประกอบ CER ดังภาพประกอบ 48



ภาพประกอบ 44 แสดงองค์ประกอบที่ 1 และ 4 ของกลุ่มที่ 7

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนการสอนใช้ทักษะกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E

7.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)

1) ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวน เกี่ยวกับเรื่องสารเนื้อผสม โดยการถามคำถาม เช่น

- สารคืออะไร (แนวคำตอบ : สสารที่ทราบสมบัติหรือสสารที่จะศึกษา เป็นสสารที่เฉพาะเจาะจง)

- **สสารคือไร** (แนวคำตอบ : สิ่งที่มีมวล ต้องการที่อยู่และสามารถสัมผัสได้ เช่น ดิน น้ำ อากาศ)

-**สสารมีกี่สถานะ** (แนวคำตอบ : 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส)

ภาพประกอบ 45 แสดงองค์ประกอบที่ 3 ของกลุ่มที่ 7

9. การวัดและประเมินผล

รายการประเมิน/ จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายการและเปรียบเทียบการแยกสสารออกจากสารเนื้อผสมได้ (K)	การทดสอบ	แบบทดสอบ ปรนัย10	ร้อยละ 80 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ (8คะแนนจากคะแนนเต็ม10)
2. ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง การแยกสารเนื้อผสม (P)	1. การประเมินทักษกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. ตรวจผลงาน (ใบกิจกรรมที่ 1)	1. แบบประเมินทักษกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. แบบบันทึกการตรวจผลงาน (ใบกิจกรรมที่ 1)	1. ระดับดีขึ้นไป 2. ร้อยละ 80 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ (16 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20)
3.นำความรู้เรื่อง การแยกสารเนื้อผสม ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (P)	1.ตรวจผลงาน (ใบกิจกรรมที่ 2)	1.แบบบันทึกการตรวจผลงาน (ใบกิจกรรมที่ 2)	1. ร้อยละ 80 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ (16 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20)
4. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม เพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสาร (A)	การสังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรมมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม	ระดับดีขึ้นไป
5. มีความสนใจใฝ่เรียนรู้และกระตือรือร้นในการเรียน (A)	การสังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจใฝ่เรียนรู้และกระตือรือร้นในการเรียน	ระดับดีขึ้นไป

ภาพประกอบ 46 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 7

และจากแบบบันทึกอนุทินของตัวแทนกลุ่ม 7 ยังให้ความเห็นเกี่ยวกับแผนว่า “สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MBI ซึ่งทุกรูปแบบเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้”

กลุ่มที่ 8 เรื่อง แรงโน้มถ่วง พบว่า คะแนนสูงสุด คือองค์ประกอบที่ 2 โดยได้ 4 คะแนน พบว่า นักศึกษาครูมีการระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง ฯ ที่เกี่ยวกับการนำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ได้ชัดเจน คือ มาตรฐาน/ตัวชี้วัด ว 2.2 ม.4/1 ดังภาพประกอบ 49

1. มาตราฐานการเรียนรู้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวันผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่ แบบต่าง ๆของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

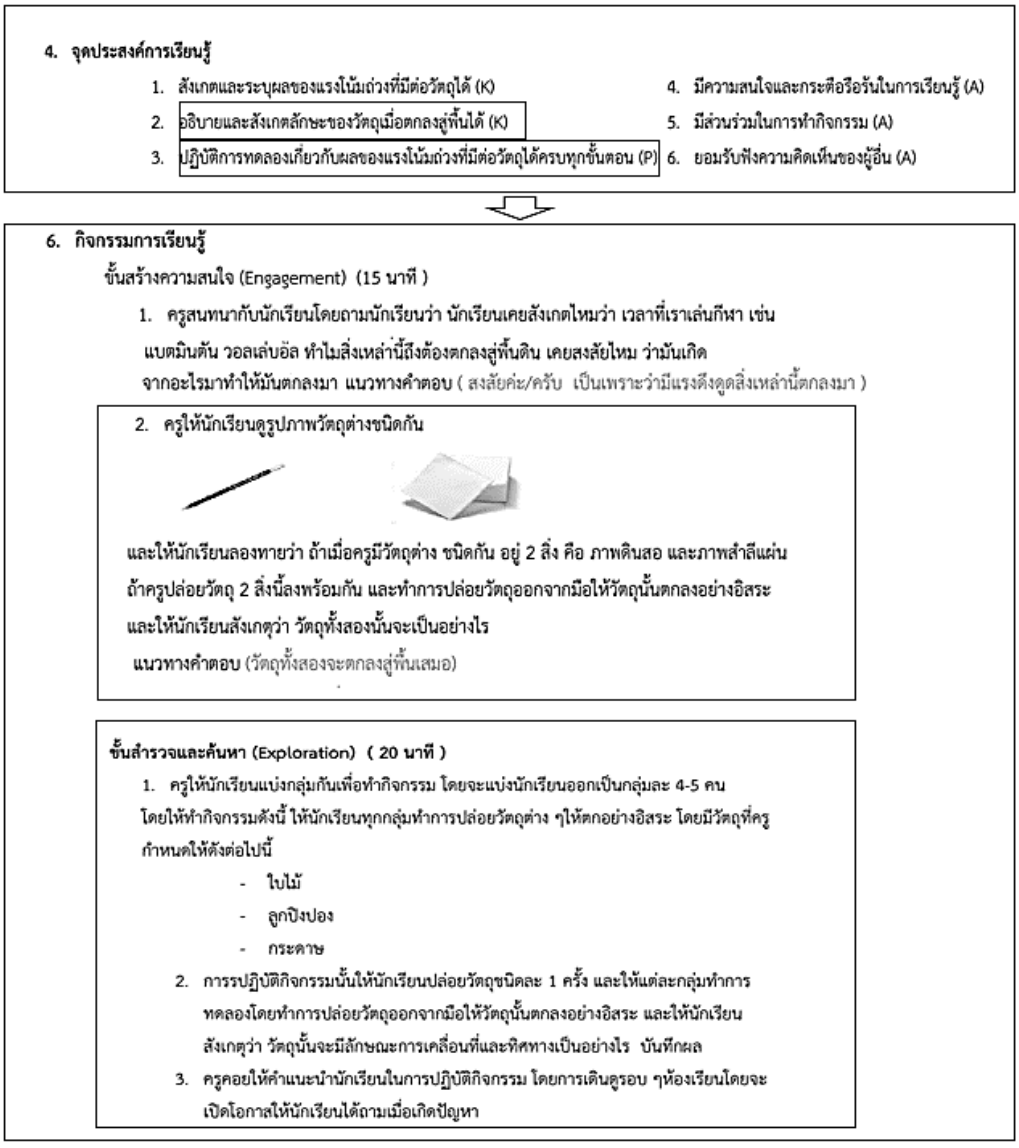
2. ตัวชี้วัดชั้นปี

ตัวชี้วัด ว 2.2 ป.4/1 ระบุผลของแรงโน้มถ่วงที่มีต่อวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ภาพประกอบ 47 แสดงองค์ประกอบที่ 2 ของกลุ่มที่ 8

องค์ประกอบที่มีคะแนนคะแนนรองลงมาคือ องค์ประกอบที่ 1, 4 และ 5 โดยได้ 3 คะแนนเท่ากัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบที่ 1 พบว่า นักศึกษาครูกำหนดจุดประสงค์ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้าน KPA และจุดประสงค์ที่สะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกันบางส่วน เนื่องจากนักศึกษาครูกำหนดจุดประสงค์ ฯ ข้อที่ 2 คือ “อธิบายและสังเกตลักษณะของวัตถุเมื่อตกลงสู่พื้นได้” สอดคล้องกับกิจกรรมในขั้นสร้างความสนใจ จุดประสงค์ ฯ ข้อที่ 3 คือ “ปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับผลของแรงโน้มถ่วงที่มีต่อวัตถุได้ครบทุกขั้นตอน ” สอดคล้องกับกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา แต่อย่างไรก็ตามกิจกรรมยังไม่สะท้อนถึงการระบุ CER อย่างชัดเจน จึงยังแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 50 องค์ประกอบที่ 4 พบว่า นักศึกษาครูมีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ มาใช้จัดการเรียนรู้ และแสดงขั้นตอนที่สะท้อนถึง การระบุ CER ได้บางส่วน เช่น ในขั้นสร้างความสนใจ นักศึกษาครูได้กำหนดกิจกรรมที่ส่งเสริมการใช้ข้อกล่าวอ้าง จากกิจกรรมการปล่อยวัตถุให้ตกลงสู่พื้น และในขั้นสำรวจและค้นหา มีการใช้กิจกรรมการทดลองโดยให้นักเรียนทุกกลุ่มทำการปล่อยวัตถุต่าง ๆ ให้ตกอย่างอิสระ และบันทึกผล เพื่อระบุหลักฐาน ดังภาพประกอบ 51 นอกจากนั้นในองค์ประกอบที่ 5 พบว่า

นักศึกษาครูมีการระบุวิธีการวัดผล ฯ ได้ครอบคลุมพฤติกรรมด้าน KPA แต่ไม่ครอบคลุมองค์ประกอบ CER ดังภาพประกอบ 52



ภาพประกอบ 48 แสดงองค์ประกอบที่ 1 ของกลุ่มที่ 8

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (15 นาที)

1. ครูสนทนากับนักเรียนโดยถามนักเรียนว่า นักเรียนเคยสังเกตไหมว่า เวลาที่เราเล่นกีฬา เช่น แบดมินตัน วอลเล่บอล ทำไมสิ่งเหล่านี้มีต้องตกลงสู่พื้นดิน

2. ครูให้นักเรียนดูรูปภาพวัตถุต่างชนิดกัน

และให้นักเรียนลองทายว่า ถ้าเมื่อครูมีวัตถุต่าง ชนิดกัน อยู่ 2 สิ่ง คือ ภาพดินสอ และภาพสำลีแผ่น ถ้าครูปล่อยวัตถุ 2 สิ่งนี้ลงพร้อมกัน และทำการปล่อยวัตถุออกจากมือให้วัตถุนั้นตกลงอย่างอิสระ และให้นักเรียนสังเกตุว่า วัตถุทั้งสองนั้นจะเป็นอย่างไร แนวทางคำตอบ (วัตถุทั้งสองจะตกลงสู่พื้นเสมอ)

3. ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลก

https://youtu.be/Mr2lliFkLec

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (20 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันเพื่อทำกิจกรรม โดยจะแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 4-5 คน โดยให้ทำกิจกรรมดังนี้ ให้นักเรียนทุกกลุ่มทำการปล่อยวัตถุต่าง ๆให้ตกอย่างอิสระ โดยมีวัตถุที่ครูกำหนดให้ดังต่อไปนี้
   - ใบไม้ - ลูกปิงปอง - กระดาษ
2. การรปฏิบัติกิจกรรมนั้นให้นักเรียนปล่อยวัตถุชนิดละ 1 ครั้ง และให้แต่ละกลุ่มทำการทดลองโดยทำการปล่อยวัตถุออกจากมือให้วัตถุนั้นตกลงอย่างอิสระ และให้นักเรียนสังเกตุว่า วัตถุนั้นจะมีลักษณะการเคลื่อนที่และทิศทางเป็นอย่างไร บันทึกผล

ขั้นอธิบายลงข้อสรุป (Explanation) (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ส่งตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมหน้าห้องเรียน
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุป โดยจะมีการใช้คำถามดังนี้
   - วัตถุแต่ละชนิดมีลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร
   - การที่วัตถุเคลื่อนที่ตกลงสู่พื้นเกิดจากอะไร

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (10 นาที)

1. ครูจะเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลกว่ามีประโยชน์อะไรบ้างและทำให้เกิดข้อจำกัดต่าง ๆ มากน้อยขนาดไหน โดยจะเน้นประโยชน์ของผลที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกในชีวิตประจำวันของนักเรียนเอง โดยจะให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ครูจะเป็นผู้คอยชี้แนะแนวทางคำตอบที่อยู่ในขอบเขตที่ถูกต้องให้

ขั้นประเมินผล (Evaluation) (10 นาที)

1. ครูทดสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 1 เรื่องผลของแรงโน้มถ่วงของโลก

ภาพประกอบ 49 แสดงองค์ประกอบที่ 4 ของกลุ่มที่ 8

8. การวัดและประเมินผล

วัตถุประสงค์	เครื่องมือที่ใช้วัด	วิธีการวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ K			**ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70**
- สังเกตและระบุผลของแรงโน้มถ่วงที่มีต่อวัตถุได้ - อธิบายและสังเกตลักษะของวัตถุเมื่อตกลงสู่พื้นได้	กิจกรรมที่การทดลอง	- สังเกต - การทำใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ด้านทักษะและกระบวนการ P			
- ปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับผลของแรงโน้มถ่วงที่มีต่อวัตถุได้ครบทุกขั้นตอน	กิจกรรมที่การทดลอง	- สังเกต - การนำเสนอสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ A			
-มีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนรู้ -ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น -มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลและรายกลุ่ม	สังเกตพฤติกรรมการในการร่วมกันอภิปรายลงข้อสรุป	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

ภาพประกอบ 50 แสดงองค์ประกอบที่ 5 ของกลุ่มที่ 8

นอกจากนี้จากการตรวจแบบบันทึกอนุทินของตัวแทนกลุ่ม 8 ยังให้ความเห็นเกี่ยวกับแผนว่า “สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ แผนการจัดการเรียนรู้คือแนวทางในการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA ซึ่งรูปแบบเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้”

ตอนที่ 3 ผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏหลังเรียนด้วยหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ฯ

ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลคะแนนของนักศึกษาครูจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยให้นักศึกษาครูทำแบบวัดผล ฯ กลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน คิดเป็นคะแนนเต็ม 50 คะแนน นำคะแนนเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม พบว่า โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) ผลดังตาราง 16

ตาราง 17 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์กลางภาคเรียนและปลายภาคเรียนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ (n = 48)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	จำนวนนักศึกษาครู (ร้อยละ) ที่ได้คะแนน		$\overline{X}$	*S.D.*	*t*	*p*
		$\leq$ ร้อยละ 80	> ร้อยละ 80				
กลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน	50	13 (27.08)	35 (79.21)	41.67	2.51	4.59*	.000

* ระดับนัยสำคัญ .05

จากตาราง 23 พบว่า จำนวนนักศึกษาครูส่วนใหญ่จำนวน 35 คน (ร้อยละ 79.21) ได้คะแนนมากกว่าคะแนนเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม มีนักศึกษาครูจำนวน 13 คน (ร้อยละ 27.08) ได้คะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนนเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม โดยคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยหลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 4.59, p = .000)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏ สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏ สามารถสรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยใช้วิธีการพัฒนา PCK มาใช้ในแผน คือ 1) การสาธิตการสอน 2) การแสดงบทบาทสมมติ และ 3) วิธีการใช้กรณีตัวอย่าง ร่วมกับ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E 3) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MBI 4) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI 5) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA 6) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ CBL รวมถึงการบรรยายเนื้อหา และใช้กลยุทธ์ที่ใช้สอดแทรกร่วมกับการจัดกิจกรรม ได้แก่ กลยุทธ์ CER กลยุทธ์แบบจำลอง และกลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ

2. ผลการใช้หลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยของ PCK ในภาพรวมเท่ากับ 3.00 ซึ่งอยู่ในระดับดี และเมื่อวิเคราะห์ผลคะแนนของ PCK รายองค์ประกอบ พบว่า ด้านความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.50 อยู่ในระดับดี และเมื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์เป็นรายกลุ่ม พบว่า มีจำนวน 6 กลุ่ม ที่ได้คะแนนอยู่ในระดับดีมาก มีจำนวน 1 กลุ่มอยู่ในระดับดี และ ระดับกำลังพัฒนาจำนวน 1 กลุ่ม ลำดับรองลงมา คือ ด้านความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 อยู่ในระดับดี โดยมีจำนวน 5 กลุ่ม มีคะแนนอยู่ในระดับดีมาก จำนวน 2 กลุ่มอยู่ในระดับดี และ ระดับกำลังพัฒนาจำนวน 1 กลุ่ม ด้านความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 ในระดับดี โดยมีกลุ่มที่ได้คะแนนอยู่ในระดับดีมาก จำนวน 3 กลุ่ม อยู่ในระดับดี จำนวน 4 กลุ่ม และอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 1 กลุ่ม องค์ประกอบด้านความรู้

เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 อยู่ในระดับกำลังพัฒนา โดยมีกลุ่มที่มีคะแนนอยู่ในระดับดี จำนวน 5 กลุ่ม ระดับกำลังพัฒนา จำนวน 2 กลุ่ม และระดับกำลังพัฒนา จำนวน 1 กลุ่ม และ องค์ประกอบด้านความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.38 อยู่ในระดับกำลังพัฒนา โดยมีกลุ่มที่มีคะแนนอยู่ในระดับดี จำนวน 4 กลุ่ม ระดับกำลังพัฒนา จำนวน 3 กลุ่ม และระดับกำลังพัฒนาจำนวน 1 กลุ่ม ตามลำดับ

3. ผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ พบว่า นักศึกษาครูมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตร ฯ ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏ แบ่งการอภิปรายผลออกเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. **ผลการพัฒนาหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ**

หลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้นมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบ ตามขั้นตอนคือ 1) ศึกษาสภาพและปัญหาเกี่ยวกับ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ หลักสูตร ฯ ฉบับเดิม ศึกษาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความต้องการ และช่วยให้มีความรู้เกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาหลักสูตร ฯ ที่ถูกต้องและตรงกับความต้องการของผู้ใช้หลักสูตร สอดคล้องกับแนวคิดของ ชรินรัตน์ สีเสมอ (2555, หน้า 33) ที่กล่าวว่า การศึกษาสภาพและปัญหาเกี่ยวกับหลักสูตร จะช่วยให้ผู้สอนได้พบปัญหาและอุปสรรคในการใช้หลักสูตร และปรับปรุงหลักสูตรต่อไป 2) การพัฒนาหลักสูตรฯ มีการดำเนินการตามกรบวนการวิจัยและพัฒนาที่ชัดเจนโดยผู้วิจัยศึกษาจาก 2 แนวคิด คือ แนวคิด PCK สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ และแนวคิดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเลือกใช้วิธีการพัฒนา PCK ผนวกกับการเขียนแผน และแบบบันทึกอนุทิน โดยมีแนวคิดองค์ประกอบของ PCK ตามแนวคิดของ Magnusson et al. (1999, p.2) นอกจากนี้ยังจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทาง/รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกับกลยุทธ์ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้ได้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่ส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู

วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ ระดับชั้นปีที่ 1 จำนวน 15 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวม 45 ชั่วโมง โดยหลักสูตรฯ และเครื่องมือต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นได้รับการตรวจสอบคุณภาพอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้หลักสูตรฯ เพื่อพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรก่อนนำไปใช้จริง เพื่อพิจารณาปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อบกพร่องที่พบนั้นมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น ก่อนนำหลักสูตร ฯ ไปใช้จริง สอดคล้องกับแนวคิดของ รุ่งทิพย์ สารนอก (2558, หน้า 128) ที่กล่าวว่า การทดลองใช้หลักสูตร เป็นการนำเอาแผนมาใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ในสถานการณ์จริง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรและเอกสารประกอบหลักสูตรที่สร้างขึ้นว่าสามารถทำให้นักศึกษาครูมีความรู้ความสามารถทางด้านทฤษฎี ทักษะปฏิบัติ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ และหลังจากนำหลักสูตรฯ ไปใช้ และพิจารณาปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ทำการปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งจนได้หลักสูตรฉบับสมบูรณ์

หลักสูตรฯ ที่พัฒนาขึ้น มีจุดเด่น คือ เป็นหลักสูตรเพื่อส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ เป็นหลักสูตรรายวิชาที่มีการบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 และความรู้ด้านการสอนเชื่อมโยงกัน โดยใช้วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK ผนวกกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Sperandeo-Mineo et al. (2006, p.259) และ Schneider and Plasman (2011, p.551) ที่กล่าวว่าการที่ครูมี PCK จะช่วยให้ครูได้เห็นการแสดงความเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการอธิบายปรากฏการณ์ และแสดงให้เห็นปัญหาเกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียน อีกทั้งยังช่วยให้ครูได้มีแนวทางในการพัฒนาส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบว่ามีงานวิจัยใดที่ส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างชัดเจน การนำหลักสูตร ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จึงเป็นหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ซึ่งไม่เพียงแต่พัฒนาองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งของ PCK แต่เป็นการพัฒนาทั้ง 5 องค์ประกอบของ PCK ที่ผนวกกับองค์ประกอบของ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีหลักการของหลักสูตรคือ 1) เป็นหลักสูตรที่จัดการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวทางหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการ สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กลยุทธ์ตามกรอบแนวคิด CER และกลยุทธ์ต่าง ๆ ร่วมกับวิธีการพัฒนา PCK 2) เป็นหลักสูตรที่นำเนื้อหาสาระฟิสิกส์มาผนวกกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และการเขียนแผนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) เป็นหลักสูตรส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏ

2. ผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

หลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ อยู่ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 เนื่องจาก หลักสูตรรายวิชาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีโครงสร้างของหลักสูตรที่ชัดเจนและมีลักษณะเฉพาะ คือ มีจุดมุ่งหมายของหลักสูตรส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้ที่วิธีการที่ใช้พัฒนา PCK ผนวกกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เน้นการออกแบบกิจกรรมที่คำนึงถึงลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาสาระของรายวิชา และบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหาสาระของรายวิชาและความรู้ด้านการสอนเชื่อมโยงกันอย่างเป็นขั้นตอน ทำให้มีแนวทางหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้เฉพาะและแตกต่างกันในแต่ละแผน และสามารถสะท้อนองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนการเรียนรู้ รวมถึงการอภิปรายผลการสาธิตการจัดการเรียนรู้ในท้ายชั่วโมงทุกครั้ง เพื่อช่วยสะท้อน PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Taba (1962, p.10-12) ที่กล่าวถึงการพัฒนาหลักสูตรว่าหลักสูตรเป็นแผนสำหรับการเรียนรู้ที่จะเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนานักเรียน ซึ่งการออกแบบหลักสูตรจะต้องพิจารณาขอบเขตเนื้อหาสาระและประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมกับ จัดเรียงลำเนื้อหาสาระและประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความต่อเนื่องและเป็นระบบ และการบูรณาการเนื้อหาสาระกับประสบการณ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของผู้เรียน ดังนั้นหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้น จึงมีโครงสร้างของหลักสูตรเฉพาะ เนื่องจากมี กระบวนการพัฒนาหลักสูตรโดยการนำเนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 ผนวกกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับขอบเขตของเนื้อหารายวิชา และจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนให้เห็นถึงองค์ประกอบของความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้หลักสูตรรายวิชาที่ส่งเสริมคุณภาพของนักศึกษาครูได้ตรงตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและเป็นต้นแบบในการพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ และสามารถพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูในระดับดีขึ้นไปได้

หลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาองค์ประกอบ ด้านความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากที่สุด ซึ่งจากการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้เกี่ยวกับ

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยส่วนใหญ่พบว่า นักศึกษาครูสามารถระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้ได้ โดยนักศึกษาครูส่วนใหญ่เลือกตัวชี้วัดในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ และเลือกจากคำที่แสดงออกถึง “การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์/การสร้างแบบจำลอง” และเมื่อพิจารณาเนื้อหาตามมาตรฐาน/ตัวชี้วัด พบว่า นักศึกษาครูส่วนใหญ่สามารถนำเนื้อหาตามมาตรฐาน/ตัวชี้วัด มากำหนดเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้สอนได้มีการนำเสนอตัวอย่างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และชี้แจงเกี่ยวกับหลักสูตรฯ อย่างละเอียดในแผนที่ 1 ประกอบกับการสาธิตการสอนตามแผนที่ 2-4 ที่มีการอภิปรายผลการสาธิตการจัดการเรียนรู้หลังแผนทุกครั้ง รวมถึงการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 15 ที่มีการแสดงบทบาทสมมติเกี่ยวกับการวางแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้ส่งเสริมให้นักศึกษาครูได้วิเคราะห์บทบาทสมมติเพื่อกำหนดมาตรฐาน/ตัวชี้วัด สอดคล้องกับการอภิปรายในชั้นเรียน ที่พบว่านักศึกษาครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ หลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากหลักสูตรแกนกลางฯ มีรายละเอียดที่ชัดเจน และสามารถสืบค้นเพิ่มเติมด้วยตนเองได้จากแหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ต และจากการแนะนำของรุ่นพี่ ดังนั้นจึงทำให้นักศึกษาครูมีคะแนนภาพรวมในองค์ประกอบดังกล่าวอยู่ในระดับดีมาก ส่วนองค์ประกอบด้านความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยภาพรวมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา โดยส่วนใหญ่พบว่า นักศึกษาครูมีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ครอบคลุมพฤติกรรม 3 ด้าน คือ KPA มีการกำหนดสาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด และสามารถกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้บางส่วน ทั้งนี้ปัญหาส่วนใหญ่เนื่องจากนักศึกษาครูยังแสดงให้เห็นความเชื่อมโยง

ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายกับกิจกรรมการเรียนรู้ได้ไม่ชัดเจนหรือไม่สอดคล้องกัน อีกทั้งองค์ประกอบดังกล่าวมีการประเมินความสอดคล้องกันหลายส่วน เช่น จุดประสงค์การเรียนรู้กับกิจกรรมการเรียนรู้ และนอกจากนั้นผลการประเมินท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ที่มีการนำเสนอผังมโนมติ พบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายและจำแนกองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ และบอกลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้บางส่วน และจากการอภิปรายในชั้นเรียน พบว่านักศึกษาครูสามารถระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่บ่งบอกถึงพฤติกรรมด้าน KPA ได้ตลอดจนอภิปรายได้ว่าสาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ฯ ได้ แต่ก็ยังมีบางส่วนกำหนดจุดประสงค์ ฯ ที่ครอบคลุมองค์ประกอบ CER ไม่ชัดเจน ซึ่งส่งผลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับองค์ประกอบดังกล่าวไม่ชัดเจนตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาผู้สอนได้เน้นเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนที่ 1 เพียงแผนเดียว จึงส่งผลให้นักศึกษาครูบางส่วนไม่สามารถเชื่อมโยงจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในองค์ประกอบด้านความรู้เกี่ยววิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักศึกษาครูทุกกลุ่มนำแนวทางหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้มาใช้เขียนแผนโดยระบุขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับการตรวจแบบบันทึกอนุทินของนักศึกษาครู ที่ให้ความเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้ โดยนักศึกษาครูส่วนใหญ่ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E มาใช้ในการเขียนแผน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสาธิตการสอนส่วนใหญ่ผู้สอนได้เน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าว จึงช่วยให้นักศึกษาครูเกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถนำมาเขียนแผน และสะท้อนองค์ประกอบ CER ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริพรรณ ศรัทธาผล (2560, p. 48) ที่ได้ศึกษา เรื่อง แนวทางการส่งเสริมความสามารถในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชา การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยจากงานวิจัยพบว่าเนื่องจากนักศึกษาครูมีความรู้เดิมและประสบการณ์ไม่เพียงพอ แนวทางในการจัดการเรียนรู้ของงานวิจัยจึงเน้นการเป็นแม่แบบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และเน้นส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะเพื่อให้นักศึกษาครูเล็งเห็นความสัมพันธ์กับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้

ดังนั้น ผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อ PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ จึงมีจุดเด่นคือ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยสามารถนำแนวทางหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหามาเขียนแผน ตลอดจนสามารถสะท้อน CER ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้

3. ผลการใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจาก 2 ประการ ประการแรก ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนมีการสอดแทรกองค์ประกอบ CER เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร่วมด้วย ซึ่งนักศึกษาครูได้เรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนและแสดงข้อค้นพบต่าง ๆ ด้วยตนเอง มีการเก็บรวมรวบข้อมูล เช่น การสร้างแบบจำลอง การเขียนตารางบันทึกผลการทดลอง การเขียนกราฟ เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้นักศึกษาครูใช้เป็นหลักฐานร่วมกับการวิเคราะห์แนวคิดหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายคำตอบของตนเองได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งจากแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้มีการส่งเสริมองค์ประกอบของ CER ช่วยส่งเสริมแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจการได้มาซึ่งความรู้จึงควบคู่กับการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน (McNeill, & Krajcik, 2006, p.159) ประการที่สอง เนื่องจากหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA และ รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ เช่นเดียวกันกับการศึกษางานวิจัยของ ของ วันวิสาข์ รักงาม (2562, น. 53) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐาน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานโดยมีผลต่างของ

คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.95 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีคะแนน เฉลี่ยสูงขึ้นแสดงให้ เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานนั้น สามารถ พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ เนื่องจากเป็นการจัดกิจกรรมที่นำเอาสิ่งรอบตัวหรือที่พบเห็นในบริบทประจำวันมาเป็นประเด็นเรียนรู้ ทำให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และลงมือแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ สามารถคิดเชื่อมโยงหรือถ่ายโอน ความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้น Amelia et al. (2020, pp. 36) ได้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานผนวกการเรียนรู้แบบอีเลิร์นนิ่ง มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุ ความเร็วและอัตราเร็ว ในรายวิชา ฟิสิกส์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 4 พบว่า นักศึกษาครูมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาครูได้สืบค้นข้อมูลและการเข้าถึงสื่อแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเองจะช่วยให้นักศึกษาครูเข้าใจหลักการแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น จึงส่งผลให้คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ดังนั้น จะเห็นได้ว่าหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีแนวทางหรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานการสืบเสาะหาความรู้ที่มีส่วนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูมีประสิทธิผลสูงขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดแทรกองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หรือ กลยุทธ์ CER ทั้งสามองค์ประกอบ ในองค์ประกอบแรกคือการระบุข้อกล่าวอ้าง นักศึกษาครูอาจจะยังไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ตรงประเด็นมากนัก ดังนั้นผู้สอนควรมีเทคนิคในการใช้คำถามเพื่อส่งเสริมให้ได้สะท้อนความรู้เดิมออกมา ตลอดจนเป็นคำถามที่สามารถนำไปสู่การสืบค้นหาหลักฐาน เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้เดิมร่วมกับการพิจารณาหาแนวทางการสืบค้นหาหลักฐานเพื่อนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหลักสูตร ฯ ได้ผนวกทั้งวิธีการสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเนื้อหาในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 โดยผู้สอนควรมีการเน้นย้ำในตอนต้นชั่วโมงทุกครั้งว่าเป็นการสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ใด และในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเน้นกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาในรายวิชา และมีการสรุปเนื้อหาทุกครั้ง จากนั้นจึงอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้อีกครั้ง เพื่อให้ผู้เรียนได้ตะหนักถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสามารถสรุปองค์ความรู้ในเนื้อหารายวิชาได้ขณะเดียวกัน

1.3 จากงานวิจัย ค้นพบว่า หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ อยู่ในระดับดีขึ้นไป แต่หากพิจารณาคะแนนรายองค์ประกอบของแต่ละกลุ่มยังพบว่า มีทั้งระดับ ดี กำลังพัฒนา และ ต้องปรับปรุง ทั้งนี้บางกลุ่มอาจจะยังไม่มีความเข้าใจในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ต้น แม้จะผ่านการอภิปรายการสาธิตการสอนมาแล้ว แต่ยังมองไม่เห็นภาพ ดังนั้น ผู้สอนควรให้ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตั้งแต่คาบแรก และร่วมกันอภิปรายในแต่ละองค์ประกอบของแผน ซึ่งจะเป็นแนวทางที่ช่วยให้นักศึกษาได้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 หลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้น นอกจากจะส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีการออกแบบการประเมิน PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากแผนการจัดการเรียนรู้รายกลุ่ม ซึ่งอาจทำให้ไม่สะท้อน PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ รายบุคคลได้อย่างชัดเจนมากนัก ดังนั้น ควรมีการพัฒนาเครื่องมือเพื่อประเมินรายบุคคล เพื่อสะท้อน PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคลได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

2.2 หลักสูตร ฯ ที่พัฒนาขึ้น นอกจากจะส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แล้ว ควรมีการต่อยอดงานวิจัย โดยการบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับการสอน เช่น เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นประเด็นทางสังคม เพื่อแสดงให้เห็นแนวคิดของนักเรียนในการอธิบายปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกับประเด็นทางสังคมในปัจจุบันและเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ของครูต่อไป

บรรณานุกรม

Agbo-Egwu, A. O., Abah, J. A., & Abakpa, B. O. (2018). Perceptions of Tech-Augmented Learning in Basic Mathematics among University Students: A Case of Matrix Algebra Tools. *International Refereed Indexed Journal,* 6(1), 121-131.

Amelia, R., Rofiki, I., Tortop, H., & Abah, J. (2020). Pre-service Teachers' Scientific Explanation with e-scaffolding in Blended Learning. *Journal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi,* 9(1), 33-40.

Anderson, L. W., & R., K. D. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.

Armstrong, D. G. (1989). *Developing and Documening the Curriculum*. Needham Heights: Allyn and Bacon.

Aydın, S., Demirdogen, B., Akin, F. N., Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Tarkin, A. (2015). The Nature and Development of Interaction Among Components of Pedagogical Content Knowledge in Practicum. *Teaching and Teacher Education,* 46, 37-50.

Barendsen, E., & Henze, I. (2019). Relating Teacher PCK and Teacher Practice Using Classroom Observation. *Research in Science Education,* 49, 1141-1175.

Becker, E. R. (2014). *Explicit Instruction of Scientific Explanation and Argument in an Undergraduate Introductory Biology Laboratory Course Using the Claim, Evidence and Reasoning Framework.* Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Louisiana. https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_dissertations/3152.

Berland, L. K. (2008). *Understanding the Composite Practice that Forms when Classrooms Take Up The Practice of Scientific Argumentation.* Northwestern University, Evanston.

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2008). *Making Sense of Argumentation and Explanation*. USA: School of Education and Social Policy Northwestern University.

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2008). Making Sense of Argumentation and Explanation. *Science Education,* 93(1), 26– 55.

Bertram, A., & Loughran, J. (2014). *Planting the Seed: Scaffolding the PCK Development of Pre-Service Science Teachers. Windows into Mathematics and Science Teachers' Knowledge*. UK: Routledge.

Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2011). Learning to Critique and Adapt Science Curriculum Materials: Examining the Development of Preservice Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Science Education,* 96(1), 130–157.

Bloom, B. J., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David McKay.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Education Objective Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David Mac Kay.

Bobbitt, J. K. (1918). *The Curriculum.* Boston: Mifflin.

Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working Toward a Stronger Conceptualization of Scientific Explanation for Science Education. *Science Education,* 95(4), 639-669.

Bybee, R. W., & al., e. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.

Content Knowledge. (PCK). PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals Research in Science Education. 38, 261-284.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Los Angele: SAGE Publications.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika,* 16(3), 297-334.

Fernández-Balboa, J. M., & Stiehl, J. (1995). The Generic Nature of Pedagogical Content Knowledge Among College Professors. *Teaching and Teacher Education,* 11(3), 293-306.

Fernandez, C. (2014). Knowledge Base for Teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): Some Useful Models and Implications for Teachers' Training. *Problems of Education in the 21st Century,* 60, 79-100.

Forbes, C. T. (2009). Curriculum Design for Inquiry: Preservice Elementary Teachers'

Mobilizationand Adaptation of Science Curriculum Materials. *Journal of research in science Teaching,* 47(7), 820 – 839.

Gagnon, M. J., & Abell, S. K. (2008). Perspectives: Explaining Science. *Science and Children,* 45(5), 60-61.

Geddis, A. N. (1993). Transformingsubject-Matter Knowledge: The Role of Pedagogical Content Knowledge in Learning to Reflect on Teaching. *International Journal of Science Education,* 15(6), 673-683.

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International journal of science education,* 28(9), 957-976.

Goh, D. (2016). Expanded Understandings of the Connective Approach in Helping Students Construct Scientific Explanations. Retrieved from https://us.sagepub.com/en-us/nam/open-access-at-sage

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

Gotwals, A. W., & Songer, N. B. (2012). Assessing Students' Progressing Abilities To Construct Scientific Explanations. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/290096018.

Grossman, P. L. (1990). *The Making of a Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education*. New York: Teachers College Press.

Hashweh, M. (2013). Pedagogical Content Knowledge: Twenty-Five Years Later. *Teacher Thinking to Teachers and Teaching,* 19, 115-140.

Hindman, J. L. (2003). Science Strategies Considerations Packet. Williamsburg: Training & echnical Assistance Center. http://education.wm.edu/centers/ttac/index.php.

Jin, H., Shin, H., Michele, E. J.,JinHo, K.,Charles, W. A., (2015). Developing Learning Progression-Based Teacher Knowledge Measures. https://www.researchgate.net/publication/275258368.

Jing-Jing, H. (2014). A Critical Review of Pedagogical Content Knowledge Components: Nature, Principle and Trend. *International Journal of Education and Research,* 2(4), 411-424.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1987). Research Shows the Benefits of Adult

Cooperation. *The Educational Leadership,* 45, 27-30.

Kang, H., Thompson, J., & Windschitl, M. (2014). Creating opportunities for students to show what they know: The role of scaffolding in assessment tasks. *Science Education,* 98(4), 674–704.

Kuhn, L., & Reiser, B. (2005). Students constructing and defending evidence-based scientific explanations. http://p2061.org/documents/Students _Evidence_Based_ScientificExplanations.pdf.

Lavatelli, & et al. (1972). *Elementary School Curriculum*. New York: Holt, Rineha & Winston.

Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R., & Mulhall, P. (2001). Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through PaP-eRs. *Research in Science Education,* 31(2), 289-307.

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge inscience: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching,* 41(4), 370-391.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). *Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In Gess-Newsome, J. and Lederman, N.G. (Eds), Examining Pedagogical Content knowledge: The Construct and Its Implications for Science Teaching*. Boston: Kluwer.

Mark, R. (1990). Pedagogical Content Knowledge: From a Mathematical Case to a Modified Conception. *Journal of Teacher Education,* 41, 3–11.

McNeill, K. L. (2007). *The Role of the Teacher in Supporting Students in Writing Scientific Explanations*. Paper presented at the Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research inScience Teaching, New Orleans, LA.

McNeill, K. L. (2009). *Science Writing: Supporting Students in Justifying Claims with Evidence and Reasoning.* Paper presented at the Boston Public Schools Leadership Conference: Building Schools of Excellence, University of Massachusetts Boston, Boston, MA.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2006). *Supporting Students' Construction of Scientific Explanation Through Generic Versus Context-Specific Written Scaffolds*. Paper

presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching,* 45(1), 53-78.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2012). *Supporting Grade* 5-8 *Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence and Reasoning Framework for Talk and Writing*. New York: Pearson Allyn & Bacon.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., & Krajcik, J. (2005). *Identifying Teacher Practices that Support Students' Explanations in Science*. Paper presented at the The annual meeting of the American Educational Research Association, Montreal, Canada.

McNeill, K. L., & Martin, D. (2011). Claims, Evidence, and Reasoning: Demystifying Data during a Unit on Simple Machines. *Science and Children,* 48, 52-56.

Mesci, G. (2016). *Preservice Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry: A Successful Case Study.* (Ph.D. (Science Education)). Western Michigan University, Michigan.

Molefe, P., & Khwanda, M. N. (2019). An evaluation of the impact of scientific explanation model on pre-service teachers' understanding of basic concepts in electricity. *The South African Institute of Physics,* 64, 221-226.

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: The National Academy Press.

National Research Council. (2000). *National Science Education Standards*. Washington DC: The National Academy Press.

Ndlovu, B. P. (2017, Retrieved August 2, 2019, from). Examining the Development of Topic Specific Pedagogical Content Knowledge in Stoichiometry in Pre-Service Teachers.

Neagley, R. L., & Evans, D. N. (1964). *Handbook for Effective Supervision of Instruction. Englewood Cliffs*. New Jersey: Prentice-Hall.

Nilsson, P., & Loughran, J. (2012). Exploring the Development of Pre-Service Science

Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education,* 23(7), 699–721.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. (2006). *Assessing Scientific Reading and Mathematics Literacy: A Framework For PISA* 2006. Paris: OECD publications.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. (2013). *Education at a Glance* 2013. OECD Indicators: OECD Publishing.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical

Reiser, B. J., Berland, L. K., & Kenyon, L. (2012). Engaging Students in the Scientific Practices of Explanation and Argumentation. *The Science Teacher*.

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion-Referenced Test Item Validity. *Dutch Journal of Educational Research,* 2, 49-60.

Ruiz-Primo, M. A., & al, e. (2008). *Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: A Study That Examines Students' Scientific Explanations*. Los Angeles: The National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing. University of California.

Sampson, V., & Clark, D. (2009). The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation. *Science Education,* 93(3), 448–484.

Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction,* 23(1), 49-50.

Saxton, E., & Hoffenberg, R. (2015). Scientific Explanations: A Comparative Case Study of Teacher Practice and Student Performance. *Electronic Journal of Science Education,* 19(5), 1-39.

Saylor, J. G., & Alexander, W. M. (1974). *Planning Curriculum For Schools*. New York: Holt. Rinehart and Winston.

Schneider, R. M., & Plasman, K. (2011). Science Teacher Learning Progressions: A Review of Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Development. *Review of Educational Research,* 81(4), 451–452.

Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preaervice K-8 Science Teaching. *Science Education,* 91, 158-186.

Shaver, J., & Berlak, H. (1968). *Democracy, Pluralism and the Social Studies*. Boston: Houghton Miffin.

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher,* 15(2), 4-14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Training: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review,* 57(1), 1-22.

Slavin, R. E. (1994). *Educational Psycho logy* (t. ed Ed.). New York: Allyn and Bacon.

Sperandeo-Mineo, R. M., Fazio, C., & Tarantino, G. (2006). Pedagogical Content Knowledge Development and Pre-Service Physics Teacher Education: A Case Study. *Science Education,* 36(3), 235-268.

Taba, H. (1962). *Curriculum Development: Theory and Practice*. New York: Harcourt Brace.

Tamir, P. (1988). Subject Matter and Related Pedagogical Knowledge in Teacher Education. *Teaching and Teacher Education,* 4(2), 99-110.

Tang, K. S. (2015). The PRO Instructional Strategy in the Construction of Scientific Explanations. *Teaching Science,* 61(4), 14-21.

Tang, K. S. (2016). Constructing Scientific Explanations Through Premise–Reasoning–Outcome (PRO): An Exploratory Study to Scaffold Students in Structuring Written Explanations. *International Journal of Science Education,* 38(9), 1415-1440.

Tang, K. S., & Putra, G. B. S. (2018). *Infusing literacy into an inquiry instructional model to support students' construction of scientific explanations.Global developments in literacy research for science education*. Springer: Cham.

Tien, T. L. (1998). *Fostering Expert Inquiry Skills and Beliefs About Chemistry Through the MORE Laboratory Experience. Dissertation, .* (Ph.D. (Science and Mathematics Education)). University of California, Berkeley, California. https://www.proquest.com/docview/304446116.

Toulmin, S. E. (1958). *The Uses of Argument*. London: Cambridge University Press.

Toulmin, S. E. (2003). *The Uses of Argument*. UK: Cambridge University Press.

Trump, J. L., & Miller, D. F. (1973). *Secondary School Curriculum Improvement*. Boston: Allyn & Bacon.

Tyler, R. W. (1949). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: The University of Chicago Press.

Walker, J. P., Sampson, V., Southerland, S., & Enderle, P. J. (2016). Using the Laboratory to Engage All Students in Science Practice. *Chem. Educ. Res. Pract.,* 17(4), 1098-1113.

Wheeler, D. K. (1974). *Curriculum Procees*. London: University of London Press Ltd.

Williams, J., Eames, C., Hume, A., & Lockley, J. (2012). Promoting Pedagogical Content Knowledge Development for Early Career Secondary Teachers in Science and Technology Using Content Representations. *Research in Science & Technological Education,* 30(3), 327-343.

Yao, J.-X., & al, e. (2016). "Towards a hypothetical learning progression of scientific explanation". *Asia-Pacific Science Education,* 2(4), 1-17.

Zangori, L., & Forbes, C. T. (2014). Scientific Practices in Elementary Classrooms: Third-Grade Students' Scientific Explanations for Seed Structure and Function. *Science Education,* 93, 614-639.

Zembal-Saul, C. (2009). Learning to Teach Elementary School Science as Argument. *Science Education,* 93, 687 – 719.

Zembal-Saul, C., McNeill, K. L., & Hershberger, K. (2013). What's Your Evidence? Engaging k-5 Students in Constructing Explanations in Science. *Workshop presented at the annual meeting of the National Science Teachers Association: Indianapolis*.

กรกนก เลิศเดชาภัทร และ ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์. (2561). ผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 46(2), 34.

กรมวิชาการ. (2540). แนวทางการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการ. กรุงเทพฯ โรงพิมพ์คุรุสภา

ลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กฤตกร สภาสันติกุล. (2558). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2550). การประเมินผลระหว่างเรียน: แนวคิดและวิธีการ. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 22(2), 29-39.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, เพ็ญจันทร์ ซิงห์ และ วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2548). การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป. วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 26(1), 52-63.

เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ. (2561, สิงหาคม). การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยรังสิต, 1741-1753.

คณะกรรมการอิสระเพื่อการปฏิรูปการศึกษา. (2562). รายงานพันธกิจของคณะกรรมการอิสระเพื่อการปฏิรูปการศึกษา.

จงกล บุญรอด. (2558, เมษายน - มิถุนายน). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างค าอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา (*OJED*), 10(2), 238-248.

ฉลองวุฒิ จันทร์หอม. (2553, มีนาคม). การสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 21, 644-654.

ฉันทนา นามวงษา. (2558). การศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการสอนแบบเอ็กซ์พลิซิท. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย

อุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ชนม์ชกรณ์ วรอินทร์. (2554). การวัดผลและประเมินผลการศึกษา (เอกสารประกอบคำสอน). พิษณุโลก: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2555). ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อสอนครูวิทยาศาสตร์: ประเด็นปัจจุบันที่ครูของครูวิทยาศาสตร์ควรทราบ. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาสงขลานครินทร์, 23(2), 1-19.

ชาตรี ฝ่ายคำตา, และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 29(3), 89-99.

ชาติชาย ม่วงปฐม. (2557). การพัฒนาหลักสูตร. (เอกสารประกอบคำสอน). อุดรธานี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ชุมศักดิ์ อินทร์รักษ์. (2551). การบริหารงานวิชาการและการนิเทศภายในสถานศึกษา. ปัตตานี: ฝ่ายเทคโนโลยีทางการศึกษา สำนักงานวิทยาบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจ อินเตอร์ โปรเกรสซิฟ.

ณัฐวรรณ ศิริธร. (2562). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร, 39(1), 15.

ดวงจันทร์ แก้วกงพาน. (2563). การพัฒนาทักษะการสื่อสารและทักษะด้านสารสนเทศสื่อและเทคโนโลยีของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กิจกรรมการสร้างเคลื่อนที่แบบหยุดและอินโฟกราฟิก. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 14(2), 29-44.

ดาหวัน นาคแดง, ศรัญญา สบาศรี และ อารมณ์ เอี่ยมทัด. (2551). การพัฒนาหลักสูตรการประดิษฐ์ดอกไม้จากผ้าทอศรีสัชนาลัย รายวิชาเพิ่มเติมกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ตีรณา ชุมแสง. (2560, มีนาคม). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิต ระดับชาติและนานาชาติ, 1178-1189.

ธำรง บัวศรี. (2542). ทฤษฎีหลักสูตร : การออกแบบหลักสูตรและพัฒนา. กรุงเทพฯ: ธนรัช.

ธีระศักดิ์ แสนท้วม. (2558). การพัฒนาหลักสูตร รายวิชาเพิ่มเติมเรื่อง ระบำชักพระ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนในสังกัดกรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

นฤมล ยุตาคม. (2553). กรณีศึกษา: การรับรู้เกี่ยวกับ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะและการปฏิบัติการสอนของครูชีววิทยา. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 29(4), 23-37.

นฤมล ยุตาคม. (2559). การพัฒนาโปรแกรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะด้านความรู้ความสามารถในการสอนเนื้อหาวิชาเฉพาะของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู. วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 37(3), 306-318.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2562). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 12(1), 40-54.

นันทวัน พัวพัน. (2562). รายงานการวิจัย การวิจัยและพัฒนารูปแบบการให้คำปรึกษาแนะนำเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการสอนและการทำวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์:

นิคม ชมภูหลง. (2542). การสร้างและพัฒนาหลักสูตรโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น กลุ่มการงานและพื้นฐานอาชีพ. มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.

นิจินันท์ สุริวงษ์. (2563). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลุ่มร่วมมือแบบ STAD. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 3(1), 97.

นิภาพร ช่วยธานี. (2554). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องจลศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถ ในการแก้ โจทย์ปัญหาโดยใช้เมตาคอกนิชันสำหรับนักศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การประมง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ตรัง.

เนตรชนก ฤกษ์หร่าย. (2552). ารพัฒนาหลักสูตรวิชาภาษาอังกฤษ 032101 สำหรับ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 61 (บ้านห้วยยะฮู) สำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษาตาก 2. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2546). การพัฒนาหลักสูตรและการวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตร. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2556). ทฤษฎีและการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์

เอส.พริ้นติ้ง ไทย แฟคตอรี่.

บุญศรี พรหมมาพันธุ์. (2557). การวิจัยทางสังคมศาสตร์: การประยุกต์ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ. นนทบุรี: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ประวิตร ชูศิลป์. (2524). หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ กรมการฝึกหัดครู.

ปานแข รุ่งศรีฟ้า. (2555). การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาภาษาไทยเพื่ออาชีพ 1 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพโรงเรียนตั้งตรงจิตรพณิชยการ. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, กรุงเทพฯ.

ปิยวรรณ ทองสุข. (2557). การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม เรื่อง การเตรียมความพร้อมในการเผชิญภัยพิบัติน้ำท่วม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

พจีลักษณ์ ขวัญใจ. (2555). ผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของอัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พฤกษ์ โปร่งสำโรง. (2559). เกณฑ์สำหรับการประเมินความเชื่อมั่นและการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนความรู้ในเนื้อหาผนวกศาสตร์การสอนด้วยการใช้เทคโนโลยีตามแนวคิดคอนสตรัคชันนิสซึมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์. วารสาวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 39(3), 860-867.

พัณนิดา มีลา. (2560, กรกฎาคม – กันยายน). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(3), 1-15.

พัดตาวัน นาใจแก้ว และ คนอื่นๆ. (2559). กระบวนการพัฒนาความรู้เชิงบูรณาการวิชาชีพครูกับวิชาเอกเพื่อพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้วิชาเอกของนักศึกษาครู. อุดรธานี: สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2548). การสอนคิดด้วยโครงงาน. กรุงเทพ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์. (2563, พฤษภาคม). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ

สืบเสาะหาความรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model based inquiry: MBI) ร่วมกับภาพเคลื่อนไหว (animation). 344-355.

พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนปแบบผสมผสานโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบสืบสอบเพื่อเสริมสร้างความคาดหวังวิชาฟิสิกส์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. (วิทยานิพนธ์ ปร.ด.). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2552). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทรมนัส ศรีตระกูล, (2563). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ของประเทศไทย. วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม, 15(2), 213-226.

มหาวิทยาลัยศิลปากร. ((มปป)). แนวทางการพัฒนาอีเลิร์นิงสำหรับสถาบันการศึกษาในประเทศไทย การนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานที่ใช้ ubiquitous-learning เป็นเครื่องมือการเรียนรู้. http://www4.educ.su.ac.th/images/research/57/04.pdf.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2558). สัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. (เอกสารประกอบคำสอน). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เมทินี จำปาแก้ว. (2550). การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่นรายวิชาดนตรีพื้นบ้าน เรื่อง การดีดซึง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, อุตรดิตถ์.

รัตนะ บัวสนธ์. (2551). การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

รุจิร์ ภู่สาระ. (2545). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: บุ๊คพอยท์.

ฤตินันท์ สมุทร์ทัย. (2019). การสร้างลักษณะเฉพาะของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 29(3), 174-189.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2541). เทคนิคการสร้างและสอบความถนัดทางการเรียน. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรัญญา จีระวิพูลวรรณ, (2563). การโต้แย้งและวิทยาศาสตร์ศึกษา. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 8(1), 1-23.

วันเพ็ญ คำเทศ. (2563). การประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านปัญหาที่เน้นบริบทของนักศึกษาครูชีววิทยา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 31(3), 45-59.

วันวิสาข์ รักงาม. (2562, พฤษภาคม-สิงหาคม). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ของไหล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 34(2), 54-65.

วิชัย วงษใหญ่. (2537). กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วิรัช วรรณรัตน์. (2558). หลักและวิธีการสอบวัด บทความพิเศษ วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์, 1(2), 1-12.

ศิรัญญา หิริโอ. (2563, มีนาคม). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การหมุนเวียนสารในร่างกาย ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านอุปกรณ์ไร้สายเคลื่อนที่.

ศิริพรรณ ศรัทธาผล. (2560). แนวทางการส่งเสริมความสามารถในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่าน กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชา การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 11(3), 140-151.

ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ. (2559). ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์เพื่อการจัดการเรียนรู้บูรณาการบริบทชุมชนท้องถิ่นและปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, 12(2), 118.

สงัด อุทรานันท์. (2532). พื้นฐานและหลักการพัฒนาหลักสูตร. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มิตรสหาย.

สงัด อุรานันท์. (2529). การนิเทศการศึกษา : หลักการ ทฤษฎี และปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาบริหารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน.

สมจิต สวธนไพบูลย์. (2535). การพัฒนาการสอนของครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สมเจตน์ พันธ์พรม. (2559). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการสอนอ่านแบบเมตาคอกนิชัน และการเสริมต่อการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการอ่านเชิงวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21(3), 6.

สมนึก ทองเพ็ชร. (2552). การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น เรื่อง การเลี้ยงโคพื้นเมือง สำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ

ร่วมกับกลวิธีโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สิรินภา กิจเกื้อกุล. (2553). การสังเคราะห์รูปแบบการพัฒนาครูตามแนวปฏิรูป : ประสบการณ์จากวิทยานิพนธ์ พุทธศักราช 2543 – 2551. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 12(2), 45-59.

สุกัญญา ทับทิม. (2558). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นโดยใช้ชุดกิจกรรม PDCA. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53, 383-388.

สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุพิศ ทองมณี. (2556). การพัฒนาความสามารถในการอ่านและการเขียนสะกดคำภาษาไทย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยวิธีสอนแบบเอ็กซ์พลิซิทร่วมกับเกม. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลา, สงขลา.

สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวันของนักเรียนขั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารบัณฑิตวิทยาลัย พิชญาทรรศน์, 13(2), 223-232.

สุรชัย มีชาญ. (2541). การศึกษาความเชื่อมั่นและความตรงในการจำแนกนักเรียนตามความรอบรู้และไม่รอบรู้ของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่ใช้วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดต่างกัน. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง. (2553). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน *EIMA* ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องบรรยากาศและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อรยา แจ่มใจ. (2557). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง. (วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2550). หลักการสอน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

เอื้ออารี กัลวทานนท์ และ สรัญญา ชมฉัยยา. (2558). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

เรื่องเสียงและการได้ยินของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยสยาม ที่ได้รับการสอนโดยใช้โสตทัศนวัสดุกับการสอนแบบปกติ: คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม	อาจารย์ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป	อาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูณิศรา ลิ้มนนทกุล	อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาควิชาฟิสิกส์
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง	อาจารย์ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง	อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ	อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข
ใบรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

MF-04-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและใบยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 449/2564E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาพิลิกส์สำหรับครูเพื่อส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์-ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นางสาว วิชชุดา อ้วนศรีเมือง

สังกัด: ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา

เอกสารที่รับรอง:
1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 21 ธันวาคม 2564
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 21 ธันวาคม 2564
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 21 ธันวาคม 2564
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 21 ธันวาคม 2564

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-449/2564
วันที่ให้การรับรอง : 21/12/2564
วันหมดอายุใบรับรอง : 21/12/2565

ภาคผนวก ค

ค่าความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ ค่าความสอดคล้อง ค่าความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

ตาราง 18 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ				
	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการบรรยาย และวิธีการพัฒนา PCK โดยใช้กรณีตัวอย่าง (Case Study) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการบรรยาย และวิธีการพัฒนา PCK โดยใช้กรณีตัวอย่าง (Case Study)สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและเทอร์โมไดนามิกส์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แสงและทัศนศาสตร์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) และวิธีการพัฒนา PCK โดยใช้กรณีตัวอย่าง (Case Study) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ				
	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) และวิธีการพัฒนา PCK โดยใช้กรณีตัวอย่าง (Case Study) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การเกิดภาพ					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 สนามไฟฟ้า					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ศักย์ไฟฟ้า					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ				
	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บริบทเป็นฐาน (CBL) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บริบทเป็นฐาน (CBL) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ				
	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ไฟฟ้ากระแสตรง					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model) และวิธีการพัฒนา PCK โดยใช้กรณีตัวอย่าง (Case Study) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ EIMA (EIMA Instruction Model) และวิธีการพัฒนา PCK โดยใช้กรณีตัวอย่าง (Case Study) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 สนามแม่เหล็ก					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry: ADI) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ				
	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry: ADI) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 ฟิวส์นิวเคลียร์ (1)					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 ฟิวส์นิวเคลียร์ (2)					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความสอดคล้องของความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ				
	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model)สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสาธิตการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Inquiry Model) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15 การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ใช้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3. สาระสำคัญสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
4. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการบรรยาย และวิธีการพัฒนา PCK โดยใช้การแสดงบทบาทสมมติ (Role-play method) สอดคล้องกับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
5. กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการบรรยาย และวิธีการพัฒนา PCK โดยใช้การแสดงบทบาทสมมติ (Role-play method) สอดคล้องกับการส่งเสริม PCK ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	0.33	สอดคล้อง
6. สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
7. การวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 19 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ				
	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ผลการประเมิน
	1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	4	5	4.33	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	4	5	4.33	เหมาะสมมาก
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	5	4.33	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	4.33	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ความร้อนและเทอร์โมไดนามิกส์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แสงและทัศนศาสตร์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	3	4.00	เหมาะสมมาก

ตาราง18 (ต่อ)

2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	5	3	4.00	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การเกิดภาพ					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 สนามไฟฟ้า					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ศักย์ไฟฟ้า					

ตาราง18 (ต่อ)

1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ตัวเก็บประจุและไดอิเล็กทริก					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	5	4	4.33	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก

ตาราง18 (ต่อ)

7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ไฟฟ้ากระแสตรง					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 สนามแม่เหล็ก					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก

ตาราง18 (ต่อ)

2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	4	4	4.00	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	4	3	3.67	เหมาะสมมาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (1)					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก

ตาราง18 (ต่อ)

6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (2)					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	3	4	3.67	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	3	3	3.33	เหมาะสมปานกลาง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15 การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ถูกต้องตามหลักการเขียนพฤติกรรมที่กำหนดสามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากมากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สอนจริง มีความเหมาะสมทั้งด้านเวลาและการนำไปใช้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากมากที่สุด
3. เนื้อหามีความถูกต้องทางวิชาการและเป็นไปตามธรรมชาติของวิชา	4	4	5	4.33	เหมาะสมมาก
4. เนื้อหามีความครบถ้วนสมบูรณ์	4	4	5	4.33	เหมาะสมมาก
5. ใบกิจกรรมมีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสม	4	4	5	4.33	เหมาะสมมาก
6. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	4.33	เหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีเกณฑ์ที่ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
8. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 20 ผลการประเมินค่าความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

ข้อที่	ผลการประเมินความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	การแปลผล
	1	2	3				
1	+1	+1	0	0.67	0.2000	0.0000	ใช้ไม่ได้
2	+1	+1	+1	1.00	0.5667	0.3333	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	1.00	0.4000	0.4000	ใช้ได้
4	+1	+1	-1	0.33	0.3333	0.5333	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	1.00	0.5333	0.4000	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	1.00	0.5000	0.6000	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	1.00	0.6667	0.4000	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	1.00	0.7500	0.3000	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	1.00	0.6000	0.2667	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	1.00	0.6750	0.3500	ใช้ได้
11	+1	+1	0	0.67	0.3500	0.3000	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	1.00	0.5333	0.2667	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	1.00	0.5250	0.2500	ใช้ได้
14	+1	+1	0	0.67	0.4333	0.3333	ใช้ได้
15	+1	0	+1	0.67	0.5000	0.2000	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	1.00	0.4333	0.6000	ใช้ได้
17	+1	+1	0	0.67	0.4000	0.4000	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	1.00	0.3000	0.2000	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	1.00	0.4500	0.3000	ใช้ได้
20	+1	-1	+1	0.67	0.4500	0.5000	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	1.00	0.7000	0.6000	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	1.00	0.7333	0.5333	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	1.00	0.5333	0.2667	ใช้ได้
24	+1	0	+1	0.67	0.7000	0.6000	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	1.00	0.6800	0.4800	ใช้ได้
26	+1	+1	-1	0.67	0.5667	0.3333	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	1.00	0.4000	0.4000	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	1.00	0.5667	0.2667	ใช้ได้
29	+1	+1	0	0.67	0.5750	0.2500	ใช้ได้
30	+1	+1	0	0.67	0.6000	0.2667	ใช้ได้

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

เรื่อง แสงและทัศนศาสตร์ **เวลา 3 ชั่วโมง**

---

1. จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของแสงได้
2. คำนวณการหักเหของแสงได้
3. วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้
4. มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. สาระสำคัญ

1. ธรรมชาติของแสง
2. สมบัติของแสงของแสง

3. กิจกรรมการเรียนรู้

คาบที่ 1-2

- ผู้สอนใช้วิธีการพัฒนา PCK โดยใช้วิธีการสาธิตการสอน (Demonstration)
- ผู้สอนชี้แจงเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยระบุว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการสาธิตการสอน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) ร่วมกับกลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ ด้วย e-Learning ประกอบด้วยขั้นการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยขั้นการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) จัดเตรียมลิงก์สำหรับผู้เรียน 2) เสริมต่อการเรียนรู้โดยการแนะนำช่วยเหลือ 3) ขั้นสืบค้นข้อมูล และ 4) ขั้นอภิปราย โดยจะทำการสาธิตการสอน 2 คาบ และให้ผู้เรียนเรียนรู้ทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องแสง พร้อมทั้งสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ของผู้สอน เพื่ออภิปรายร่วมกันในตอนท้าย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดเตรียมลิงก์สำหรับผู้เรียน (20 นาที)

1.1) ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ดังนี้

- การที่เรามองเห็นวัตถุต่าง ๆ ได้เพราะเหตุใด
- การเห็นภาพของรถที่ตามมาเมื่อเรามองจากกระจกมองหลัง นักศึกษาคิดว่าเกิดจากคุณสมบัติใดของแสง
- การใส่คอนแทคเลนส์ เป็นสมบัติข้อใดของแสงที่จะทำให้เราเห็นภาพชัดขึ้น
- จากภาพ เมื่อเราอยู่บนเครื่องบินบางครั้งเราอาจสังเกตเห็นเมฆรูปวงกลมกระจายอยู่รอบนอกของเครื่องบินนั่นเป็นผลมาจากการคุณสมบัติใดของแสง

ที่มา : https://www.onbnews.today/post/57473

1.2) ผู้สอนร่วมกับผู้เรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป โดยใช้คำถาม ดังนี้

1.3) จากนั้นผู้สอนตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้**ระบุข้อกล่าวอ้าง** โดยใช้คำถามว่า "หากแสงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงจะเป็นอย่างไร"

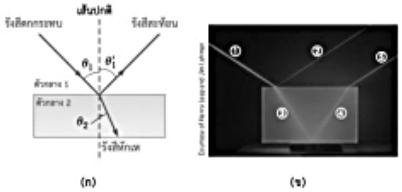
1.4) ผู้สอนจัดเตรียมลิงค์ และ QR Code เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้หลักฐาน ดังนี้

https://phet.colorado.edu/th/simulations/bending-light/teaching-resources

ขั้นตอนที่ 2 เสริมต่อการเรียนรู้โดยการแนะนำช่วยเหลือ (20 นาที)

2.1) ผู้สอนเสริมต่อการเรียนรู้ โดยผู้สอนอธิบายความรู้เพิ่มเติมเรื่อง การสะท้อนของแสง และการหักเหของแสง เพื่อเป็นใช้แนวทางในการบันทึกและสรุปผลการทดลอง พร้อมทั้งแสดงภาพประกอบและแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังนี้

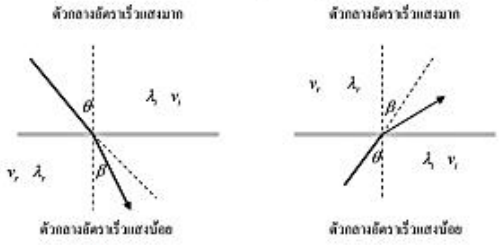
- เมื่อแสงเดินทางตกกระทบที่ผิวรอยต่อของตัวกลางสองชนิดแล้ว แสงสามารถสะท้อนกลับมายังตัวกลางเดิม และยังสามารถผ่านผิวรอยต่อไปยังตัวกลางที่ 2 ดังรูป



รูปที่ 1 การสะท้อนของแสง

- การหักเหของแสงทั้งสองกรณี จะเป็นไปตามกฎของสเนล์ คือ

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$



(ก) (ข)

รูปที่ 2 การหักเหของแสง

ขั้นตอนที่ 3 สืบค้นข้อมูล (40 นาที)

3.1) แบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มละ 5-6 คน คละความสามารถ

3.2) แต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การหักเหของแสง จากเว็บไซต์ที่กำหนดให้ รวมถึงการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากเว็บไซน์อื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 4 อภิปราย (30 นาที)

4.1) สุ่มตัวแทนกลุ่ม 2 กลุ่มเพื่อนำเสนอผลการทดลอง

4.2) หลังจากนั้นผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียน**ระบุข้อกล่าวอ้าง**อีกครั้ง โดยใช้**หลักฐาน**จากผลการทำกิจกรรมรวมถึง**การให้เหตุผล**ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้ย้ำคำถามว่า "หากแสงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงจะเป็นอย่างไร"

4.3) ผู้สอนขยายความรู้เพิ่มเติม โดยใช้คำถาม ดังนี้

- จากการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นของตัวกลางส่งผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของแสง ซึ่งความหนาแน่นนี้เองทำให้เราต้องได้รู้จักกับสมบัติของตัวกลางอีก 1 ตัวคือ ค่าดรรชนีหักเห หากเราเลือกให้แสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีค่าดรรชนีหักเหสูงไปยังตัวกลางที่มีค่าดรรชนีหักเหต่ำกว่ารังสีของแสงจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร และค่าดรรชีหักเหสัมพันธ์กับความหนาแน่นของตัวกลางอย่างไร

4.4) ผู้สอนสรุปเนื้อหาสำคัญเกี่ยวกับเรื่องแสง และชี้แจงผู้เรียนเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้นี้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) ร่วมกับกลยุทธ์การเสริมต่อการเรียนรู้ ด้วย e-Learning ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ 1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้ด้วย

ตนเอง และ 2) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสื่อสารคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในระหว่างการอภิปรายคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ผู้เรียนจะได้รับการกระตุ้นให้แสดงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) **ระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน ในขั้นจัดเตรียมลิงก์สำหรับผู้เรียน** จากใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องการหักเหของแสง และ 2) **ระบุข้อกล่าวอ้าง รวมถึงแสดงการใช้หลักฐานและการให้เหตุผล ในขั้นอภิปราย** จากการสรุปผลการทำกิจกรรม ในใบกิจกรรมที่ 1

คาบที่ 3

- ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยาย และใช้วิธีการพัฒนา PCK โดยใช้กรณีตัวอย่าง (Case Study) โดยนำเสนอบทความในขั้นสอน มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นนำ (5 นาที)

1.1) ผู้สอนทบทวนความรู้เดิม ใช้คำถาม ดังนี้

- อุปกรณ์ในชีวิตประจำวันที่นำสมบัติการหักเหและการสะท้อนของแสงมาใช้ประโยชน์

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสอน (40 นาที)

2.1) ผู้สอนใช้สื่อประกอบการสอน Power Point บรรยายเนื้อหา เรื่อง 1) ปริซึมและการกระเจิงของแสง และ 2) การการสะท้อนกลับหมด

2.2) ผู้สอนใช้วิธีการพัฒนา PCK โดยใช้กรณีตัวอย่าง (Case Study) โดยการนำเสนอ บทความเรื่อง การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและการมองเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบโดยใช้ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (ภัสสร สอนพิมพ์พอ, 2557) จาก http://www.esanpedia.oar.ubu.ac.th/e-research/?q=node/1694

2.3) ผู้สอนตั้งประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่การใช้กรณีตัวอย่าง (Case) เกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องแสง โดยใช้คำถามว่า "นักศึกษาคิดว่าจากการเรียนเรื่องแสงและทัศนศาสตร์ จะมีแนวคิดใดที่ส่งผลให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนบ้าง และเพราะเหตุใด"

2.4) แบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มละ 5-6 คน คละความสามารถ

2.5) แต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 2 บทความเรื่อง การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและการมองเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบโดยใช้ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (ภัสสร สอนพิมพ์พอ, 2557)

2.6) สุ่มตัวแทนกลุ่ม 2 กลุ่มเพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสรุป (15 นาที)

3.1) ผู้สอนให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทำใบกิจกรรมที่ 2

3.2) ผู้สอนใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายสรุป ดังนี้

- เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องแสง
- มีหัวข้อใดเนื้อหาในเรื่องแสงที่ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน
- การใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนได้อย่างไร

3.3) ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด และบันทึกอนุทินหลังการเรียนรู้ ในประเด็นสิ่งที่ได้เรียนรู้และสิ่งที่อยากเรียนรู้เพิ่มเติม โดยส่งให้ผู้สอนทาง google classroom

4. การวัดและการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมิน
1. อธิบายธรรมชาติของแสง	ประเมินจากการอภิปราย	แบบบันทึกการสอน	ผลการประเมินระดับดีขึ้นไป
2. เขียนแผนภาพและคำนวณการหักเหของแสง	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผลการประเมินระดับดีขึ้นไป
3. วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน	ประเมินจากการอภิปรายในใบกิจกรรมที่ 2	แบบประเมินจากการอภิปรายในใบกิจกรรมที่ 2	ผลการประเมินระดับดีขึ้นไป
4. มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ประเมินจากการอภิปราย	แบบบันทึกการสอน	ผลการประเมินระดับดีขึ้นไป

5. เกณฑ์การให้คะแนน

ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การหักเหของแสง

ใบกิจกรรมที่ 2 บทความเรื่อง แสงและการมองเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบโดยใช้ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (ภัสสร สอนพิมพ์พอ, 2557)

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง และสมบูรณ์	2
	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	1
	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ตอบคำถามไม่ถูกต้อง	0

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
การแสดงหลักฐาน	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	2
	ใช้หลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	1
	ไม่ใช้หลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่เหมาะสม (เช่น หลักฐานไม่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)	0
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอและเหมาะสม	2
	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยง กับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานรวมถึงการใช้หลักฐานซ้ำ และ/หรือ รวมถึงมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	1
	ไม่ให้เหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	0

เกณฑ์การประเมินคุณภาพ

คะแนน 5 - 6 หมายถึง อยู่ในระดับ ดีมาก

คะแนน 3 - 4 หมายถึง อยู่ในระดับ ดี

คะแนน 0 - 2 หมายถึง อยู่ในระดับ ต้องปรับปรุง

6. อุปกรณ์/สื่อ/แหล่งเรียนรู้

1. https://phet.colorado.edu/th/ simulations/bending-light/teaching-resources
2. บทความ http://www.esanpedia.oar.ubu.ac.th/e-research/?q=node/1694
3. ใบความรู้

แบบบันทึกการสอน

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

แบบประเมินแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ฯ ฉบับนี้ใช้สำหรับประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูฯ ที่ส่งเสริมความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ตาราง 21 ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การประเมิน
1. ความรู้เกี่ยวกับจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	4 คะแนน	กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้สอดคล้องกัน
	3 คะแนน	กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้บางส่วน และเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้สอดคล้องกันบางส่วน
	2 คะแนน	กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้บางส่วน และเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ไม่สอดคล้องกัน
	1 คะแนน	กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ไม่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ไม่สะท้อนถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และไม่เลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
2. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	4 คะแนน	ระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์
	3 คะแนน	ระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์บางส่วน

ตาราง 22 (ต่อ) ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การประเมิน
2. ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	2 คะแนน	ระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่ไม่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์บางส่วน
	1 คะแนน	ไม่ระบุมาตรฐาน/ตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตรที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์
3. ความรู้เกี่ยวกับผู้เรียนและแนวคิดผู้เรียน	4 คะแนน	มีการใช้คำถามทบทวนความรู้เดิม หรือสำรวจแนวคิดผู้เรียน และใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจ หรือมีการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อน
	3 คะแนน	มีการใช้คำถามทบทวนความรู้เดิม หรือสำรวจแนวคิดผู้เรียน และใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจ หรือมีการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อน บางส่วน
	2 คะแนน	มีการใช้คำถามทบทวนความรู้เดิม หรือสำรวจแนวคิดผู้เรียน แต่ไม่มีการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจ หรือมีการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อน
	1 คะแนน	ไม่มีการใช้คำถามทบทวนความรู้เดิม หรือสำรวจแนวคิดผู้เรียน และไม่มีการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจ หรือมีการใช้กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อน
4. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	4 คะแนน	มีการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI รวมถึง ใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น กลยุทธ์แบบจำลอง กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ เป็นต้น มาใช้จัดการเรียนรู้ และมีขั้นตอนที่สะท้อนถึง การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล
	3 คะแนน	มีการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI รวมถึง ใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น กลยุทธ์แบบจำลอง กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ เป็นต้น มาใช้จัดการเรียนรู้ และมีขั้นตอนที่สะท้อนถึง การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล บางส่วน
	2 คะแนน	มีการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA รูปแบบการจัดการ

ตาราง 23 (ต่อ) ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การประเมิน
4. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		เรียนรู้แบบ ADI รวมถึง ใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น กลยุทธ์แบบจำลอง กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ เป็นต้น มาใช้จัดการเรียนรู้ แต่ไม่มีขั้นตอนที่สะท้อนถึง การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล
	1 คะแนน	ไม่มีการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ EIMA รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ ADI รวมถึง ใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น กลยุทธ์แบบจำลอง กลยุทธ์แบบร่วมมือร่วมใจ เป็นต้น มาใช้จัดการเรียนรู้ และไม่มีขั้นตอนที่สะท้อนถึง การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล
5. ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลที่เน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	4 คะแนน	ระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) และ ระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุม การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล
	3 คะแนน	ระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) และ ระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุม การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผลได้บางส่วน
	2 คะแนน	ระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) หรือไม่ระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุม การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล
	1 คะแนน	ไม่มีการระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ (K) ด้านทักษะ (P) และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) และไม่ระบุวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุม การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และให้เหตุผล

ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์รายวิชา ฟิสิกส์สำหรับครู 2
สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 1

คำชี้แจง :

ให้นักศึกษาแสดงวิธีทำพร้อมทั้งอธิบายคำตอบลงในกระดาษคำตอบ

1. จากข้อมูลที่กำหนดให้ เมื่อผสมน้ำอุณหูมิห้องกับน้ำร้อนเข้าด้วยกัน ได้ผลดังตาราง โดยเมื่อเริ่มต้น น้ำอุณหภูมิห้องมีอุณหภูมิ $37^{0}C$ และ น้ำร้อนมีอุณหภูมิ $71^{0}C$

อุณหภูมิ	เริ่ม ต้น	5 นาที	10 นาที	15 นาที	25 นาที	30 นาที
น้ำอุณหภูมิห้องและน้ำร้อน	$69^{0}C$	$61^{0}C$	$55^{0}C$	$48^{0}C$	$48^{0}C$	$48^{0}C$

จากตารางผลการทดลองที่กำหนดให้ เมื่อผสมน้ำอุณหภูมิห้องกับน้ำร้อนเข้าด้วยกันแล้ว อุณหภูมิของน้ำที่ผสมกันจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

<u>คำตอบ</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วิชชุตา อ้วนศรีเมือง
วัน เดือน ปี เกิด	4 สิงหาคม 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
วุฒิการศึกษา	วท.บ.ฟิสิกส์
	กศ.ม.การสอนวิทยาศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	311 หมู่ 7 ต.บ้านเล่า อ. เมือง จังหวัดชัยภูมิ