แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครู

สุปราณี พิศมัย

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครู

สุปราณี พิศมัย

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครู "

ของ สุปราณี พิศมัย

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์)

อนุมัติ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครู

ผู้วิจัย สุปราณี พิศมัย

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร

กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ กศ.ด. วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564

คำสำคัญ แนวทางจัดการเรียนรู้, แนวคิดฟิสิกส์, พลังสมรรถนะแห่งตน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน 2) เพื่อพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ 3) เพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ผู้ร่วมวิจัยเป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 1 สถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 18 คน โดยเลือกแบบเจาะจง ในการพัฒนาวิชาชีพครูใช้ 3 กลวิธี ได้แก่ 1) กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร 2) กลวิธีเนื้อหารายวิชา และ 3) กลวิธีการสืบสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา แบบบันทึกหลังสอน แบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู แบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างสำหรับวัดพลังสมรรถนะแห่งตน วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์เนื้อหา ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูที่พัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครู ผู้สอนออกแบบกิจกรรมให้มีการศึกษามาตรฐานตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน แนวคิดที่คลาดเคลื่อน ใช้สถานการณ์ตรวจสอบความรู้เดิม เน้นให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรง เปิดโอกาสระดมความคิดและอภิปรายผล เปิดโอกาสให้นักศึกษามีการฝึกปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน มอบหมายให้นักศึกษาทำงานเป็นกลุ่ม และการใช้คำพูดเสริมแรงทางบวก 2) นักศึกษามีแนวคิดที่สมบูรณ์สูงขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ 3) พลังสมรรถนะแห่งตนหลังสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากงานวิจัยนี้พบว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้นสามารถพัฒนาแนวคิดฟิสิกส์และพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูสูงขึ้น

Title GUIDELINE OF TEACHING PHYSICS FOR TEACHERS COURSE TO DEVELOP PRE-SERVICE TEACHERS' CONCEPTION AND SELF-EFFICACY

Author SUPRANEE PITSAMAI

Advisor Assistant Professor Thitiya Bongkotphet, Ph.D.

Co-Advisor Assistant Professor Sirinuch Chindaruksa, Ph.D.

Academic Paper Ed.D. Dissertation in Science Education - (Type 2.1), Naresuan University, 2021

Keywords learning management, concept of physics, self-efficacy

ABSTRACT

This research aimed to 1) develop a learning Physics guideline for teacher who promote their own concepts and self-efficacy.; 2) develop the concept of pre-service science teacher.; 3) develop the self-efficacy of pre-service science teacher. The research participants were 18 1st year students of a teacher production institute in the lower northern region in general science program, chosen by purposive sampling. As professional development for teachers used 3 strategies: 1) curriculum topic study, 2) content course and 3) immersion in inquiry in science. Research tools were a student learning reflection and practice, record form after class, open-ended physics concept test, self-efficacy questionnaire and a semi-structured interview. Data were analyzed by content analysis, frequency, percentage, mean, standard deviation and t-test. As the consequences 1) The guideline of teaching physics for teacher course to develop pre-service teachers' conception and self- efficacy. Instructors design activities to study the basic education core curriculum indicators, study of misconceptions, used the situation to verify prior knowledge, emphasis on giving students direct experience, opportunities for brainstorming and discussion, the opportunity to practice teaching in the classroom, assign students to work in group and used of positive reinforcement. 2) The students had higher complete concepts when receiving the learning management. 3) The self-efficacy was higher than before the learning management as significantly at 0.05. As in this research, the

aforementioned learning management approach could be improved for the physics concept and the self-efficacy of pre-service teachers.

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ และติดตามความก้าวหน้าตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่านที่คอยอบรมบ่มเพาะให้ความรู้ทางด้านวิชาการทำให้ผู้วิจัยมีพื้นฐานในการต่อยอดการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อ พร้อมทั้งยังให้ทุนการศึกษาเพื่อสนับสนุนการเรียนในครั้งนี้

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มาดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

สุปราณี พิศมัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

ประกาศคุณูปการ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามวิจัย 8

จุดมุ่งหมายของการวิจัย 8

ขอบเขตของงานวิจัย 9

นิยามศัพท์เฉพาะ 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

ข้อมูลหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562 13

การผลิตครูวิทยาศาสตร์ 18

ทฤษฎีเกี่ยวกับแนวคิด 27

แนวคิดเกี่ยวกับพลังสมรรถนะแห่งตน 37

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพครู 48

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....82
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....90
ระเบียบวิธีวิจัย....90
ผู้เข้าร่วมวิจัย....90
บริบท....91
แนวทางการจัดการเรียนรู้ ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2....92
เครื่องมือวิจัย....94
การพัฒนาเครื่องมือวิจัย....104
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล....113
การวิเคราะห์ข้อมูล....115
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล....118
บทที่ 4 ผลการวิจัย....121
ตอนที่ 1 แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน....121
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูก่อนและหลังการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้เรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน....146
ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูก่อนและหลังการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน....251
บทที่ 5 บทสรุป....260
สรุปผลการวิจัย....260
อภิปรายผล....268

ข้อเสนอแนะ 272

บรรณานุกรม 273

ภาคผนวก 284

ประวัติผู้วิจัย 320

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงรูปแบบพฤติกรรมจากพลังสมรรถนะแห่งตน 45

ตาราง 2 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการพัฒนาวิชาชีพครู 53

ตาราง 3 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ 95

ตาราง 4 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา 116

ตาราง 5 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหาข้อมูลจากแบบบันทึกหลังสอน 117

ตาราง 6 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหาคำตอบจากการสัมภาษณ์พลังสมรรถนะแห่งตน 118

ตาราง 7 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการวัดแนวคิด เรื่อง พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ 148

ตาราง 8 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ 155

ตาราง 9 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ แนวคิดเรื่อง การนำความร้อน 157

ตาราง 10 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการนำความร้อน 165

ตาราง 11 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิดเรื่อง การพาความร้อน 168

ตาราง 12 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการพาความร้อน 177

ตาราง 13 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน 182

ตาราง 14 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการแผ่รังสีความร้อน 189

ตาราง 15 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง สมดุลความร้อน 192

ตาราง 16 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลความร้อน 199

ตาราง 17 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง แสงเดินทางเป็นเส้นตรง 201

ตาราง 18 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรง 209

ตาราง 19 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การเกิดเงา 212

ตาราง 20 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการเกิดเงา 219

ตาราง 21 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การสะท้อนแสง 222

ตาราง 22 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการสะท้อนแสง 229

ตาราง 23 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การหักเหแสง 232

ตาราง 24 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการหักเหแสง 239

ตาราง 25 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ 242

ตาราง 26 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์..... 248

ตาราง 27 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดฟิสิกส์ในภาพรวม..... 250

ตาราง 28 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นพลังสมรรถนะแห่งตน ภาพรวม 4 ด้าน 252

ตาราง 29 แสดงการเปรียบเทียบพลังสมรรถนะแห่งตนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 253

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 ความแตกต่างระหว่าง พลังสมรรถนะแห่งตนและความคาดหวังในผลที่เกิดขึ้น...39

ภาพ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังสมรรถนะแห่งตน และความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้นต่อการตัดสินใจกระทำพฤติกรรมของบุคคล.....39

ภาพ 3 กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาครู.....52

ภาพ 4 กรอบแนวคิดแนวทางการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู.....93

ภาพ 5 ตัวอย่างการการวิเคราะห์ตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางเรื่อง ความร้อน..... 123

ภาพ 6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางเรื่อง ความร้อน..... 123

ภาพ 7 ตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางเรื่อง แสง..... 124

ภาพ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักศึกษาที่ตอบคำถามทั้ง 3 ข้อ..... 126

ภาพ 9 การสะท้อนแสง..... 128

ภาพ 10 การหักเหแสงผ่านน้ำ 1..... 128

ภาพ 11 การหักเหผ่านน้ำ 2..... 128

ภาพ 12 กิจกรรมการสาธิตการหักเหแสง..... 129

ภาพ 13 กราฟการเปลี่ยนสถานะของสสาร..... 130

ภาพ 14 การนำความร้อน..... 131

ภาพ 15 การพาความร้อน..... 131

ภาพ 16 การแผ่รังสีความร้อน..... 131

ภาพ 17 ตัวอย่างภาพกิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลความร้อน..... 132

ภาพ 18 ตัวอย่างชิ้นงานนักศึกษาเรื่องสมดุลความร้อน..... 133

ภาพ 19 กิจกรรมการทดลองเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ..... 134
ภาพ 20 กิจกรรมการถ่ายโอนความร้อน..... 134
ภาพ 21 กิจกรรมการทดลองเรื่องสมบัติของแสง 136
ภาพ 22 กิจกรรมการสะท้อนและการหักเห..... 137
ภาพ 23 ตัวอย่างชิ้นงาน infinity mirror ของนักศึกษา..... 138
ภาพ 24 ตัวอย่างกิจกรรมเรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์..... 139
ภาพ 25 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของสสารจากชิ้นงานนักศึกษากลุ่มที่ 1 140
ภาพ 26 ตัวอย่างแสดงสิ่งที่นักศึกษาได้เรียนรู้ในวันนี้..... 141
ภาพ 27 บทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม..... 144

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญสำหรับกระบวนการเรียนการสอน ถ้าผู้เรียนปราศจากความรู้พื้นฐานที่ดีก็จะไม่สามารถเข้าใจแนวคิดและข้อเท็จจริงใหม่ได้ สำหรับครู ครูผู้สอนระดับประถมศึกษาจำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญในการสอนหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั้งหมด ตลอดจนแนวคิดทางชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ ในระดับชั้นต่าง ๆ ครูจะต้องมีทั้งความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิธีการสอนแนวคิดอย่างดีเพื่อถ่ายทอดให้กับนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ (Trundle, 1999) การที่ครูผู้สอนไม่รู้ว่าตัวเองมีความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อนนั้นจะส่งผลต่อการถ่ายทอดข้อมูลด้านเนื้อหาที่ไม่ถูกต้องให้กับนักเรียน หรือครูที่รู้สึกไม่มั่นใจในความรู้เกี่ยวกับแนวคิดนั้นจะเน้นการมอบหมายงานผู้เรียนโดยอาศัยตำรามากกว่าการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ (Bulunuz, & Jarrett, 2009) จากการศึกษางานวิจัยพบว่าครูที่ขาดความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอนนั้นจะไม่สามารถออกแบบหรือปรับกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมได้ (Jong, Van Driel, & Verloop, 2005) ดังนั้นจะเห็นว่าการที่ครูผู้สอนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนก็จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน การออกแบบกิจกรรม และการเรียนรู้ของผู้เรียน

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูในบทบาทครูผู้สอนมีความเข้าใจที่ถูกต้องถือว่าเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก และยังพบว่านักศึกษาครูส่วนใหญ่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้องคล้ายกันกับนักเรียนที่พวกเขาสอน ซึ่งการที่นักศึกษาครูจะรับรู้ถึงความไม่เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองถือว่าเป็นเรื่องที่ยาก (Liston, 2013; Murphy, & Smith, 2012) นอกจากนี้บางครั้งยังพบว่านักศึกษาครูวิทยาศาสตร์นั้นมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์และไม่มีความมั่นใจในการสอน ซึ่งสองส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการสอนเช่นกัน (Tekkaya, Cakiroglu, & Ozkan, 2004) และจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ของไอร์แลนด์ พบว่าการขาดความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูเป็นสิ่งที่ควรพัฒนาในหลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์ของชาวไอริช (Murphy & Smith, 2012) จะเห็นว่าปัญหาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนนั้นมีความสำคัญเพราะส่งผลต่อการประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาในอนาคต

รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานมักจะถูกบรรจุให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในชั้นปีที่ 1 ของการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากรายวิชาเหล่านี้เป็นรายวิชาที่เน้นการเรียนรู้เนื้อหาวิชาทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ประกอบด้วย เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา เพื่อนักศึกษาครูจะสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานนี้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนในระดับที่สูงขึ้น และประเด็นสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือนักศึกษาครูจะต้องนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปออกแบบการจัดการเรียนการสอนในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในสถานศึกษา

ในวิชาฟิสิกส์มีงานวิจัยที่นำเสนอแนวคิดคลาดเคลื่อนไว้มากมายหลาย ๆ หัวข้อ เช่น งานวิจัยที่ศึกษาสำรวจความเข้าใจในแนวคิดหลักของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์ชั้นปีที่ 1-4 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้ข้อสอบ Force and motion conceptual evaluation พบว่านักศึกษาครูฟิสิกส์ส่วนใหญ่ยังมีความเข้าที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดหลักเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เช่น นักศึกษาครูเชื่อว่าสำหรับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำเสมอ แรงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วขณะใด ๆ วัตถุที่ถูกโยนขึ้นในแนวดิ่งที่ตำแหน่งสูงสุด แรงลัพธ์ที่กระทำวัตถุและความเร่งมีค่าเป็นศูนย์ เป็นต้น (สิงหา ประสิทธิ์พงศ์, 2556) และยังพบว่าจากการวัดความรู้ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์จำนวน 33 คน จากสถาบันการผลิตครู 7 แห่งทั่วประเทศ โดยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ใน 6 เรื่องหลัก ได้แก่ กลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่น แม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์อะตอม พบว่าในแต่ละเรื่องหลักนั้นนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์มีแนวคิดที่หลากหลายตั้งแต่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จนถึงแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดที่ไม่ถูกต้องของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ได้แสดงให้เห็นถึงสภาพปัญหาในการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ของสถาบันการผลิตครู (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคณะ, 2548) ขณะเดียวกันจากการทดสอบเพื่อสอบเข้าเรียนในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป พบว่านักศึกษาทำข้อสอบวิชาฟิสิกส์ ได้เพียง 30-60% ดังนั้นถ้านักศึกษาครูได้รับการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน และได้รับการชี้แนะให้ปรับเปลี่ยนแนวคิดวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องจะสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และการถ่ายทอดความรู้ฟิสิกส์ที่ถูกต้องต่อไปได้

รายวิชาฟิสิกส์ของสถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่างสำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ทั่วไป ในภาคทฤษฎีมีการจัดการเรียนการสอนโดยอาจารย์คณะครุศาสตร์ จะเน้นการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยาย และในภาคปฏิบัติจะเป็นอาจารย์ผู้สอนจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งจะเน้นการลงมือปฏิบัติการทดลองเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาภาคทฤษฎีและปฏิบัติเข้าด้วยกันทำให้นักศึกษาไม่เข้าใจหลักการหรือแนวคิดฟิสิกส์ จากการนิเทศการสอนนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 พบว่านักศึกษามีความเข้าใจแนวคิดฟิสิกส์ที่คลาดเคลื่อน และจากการ

สัมภาษณ์นักศึกษาพบว่านักศึกษามีความกังวลในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เพราะไม่เข้าใจในแนวคิดฟิสิกส์ จึงส่งผลต่อความไม่มั่นใจในการจัดการเรียนการสอน ทำให้การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่มีประสิทธิภาพ สาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้นักศึกษาครูมีความเข้าใจแนวคิดฟิสิกส์ที่คลาดเคลื่อน เพราะการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมาไม่สามารถสนับสนุนหรือส่งเสริมให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิดฟิสิกส์ได้อย่างเต็มที่ ปัจจุบันวิชาฟิสิกส์สำหรับครูของมหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือได้มีการปรับปรุงใหม่โดยผนวกภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติและการสอนวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน ดังนั้นผู้วิจัยคาดหวังว่าการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู นักศึกษาครูจะสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปจัดการเรียนรู้ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ ผู้วิจัยศึกษาพบว่าการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมีความสัมพันธ์กับพลังสมรรถนะแห่งตนมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นนอกจากศึกษาการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้วผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนไปพร้อม ๆ กัน โดยคาดหวังว่าจะเป็นการเสริมแรงทางบวกให้นักศึกษาครูประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครูมากขึ้น การที่ผู้เรียนจะประสบความสำเร็จทางการเรียน กล้าคิด กล้าทำ กล้าแสดงออกและแก้ปัญหาเป็นนั้น ส่วนหนึ่งเกิดจากความมั่นใจในตนเองของผู้เรียน ความมั่นใจนั้นมาจากการที่เรารับรู้พลังสมรรถนะแห่งตน (อัมพร เบญจพลพิทักษ์, 2546, น. 251)

แบนดูรา (Bandura, 1986, p. 391) ได้กล่าวว่าพลังสมรรถนะแห่งตนสามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นได้หากมีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม ซึ่งพลังสมรรถนะแห่งตนเป็นคุณลักษณะส่วนตัวอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อมั่นในตนเองต่อการตัดสินใจเกี่ยวกับพฤติกรรมที่แสดงออก โดยสามารถประเมินได้ว่าตนเองจะประสบผลสำเร็จเพียงใดในแต่ละสถานการณ์ นอกจากนี้ความเชื่อในพลังสมรรถนะแห่งตนมีบทบาทสำคัญในการกำหนดแนวทางการสอน ได้แก่ การเลือกกิจกรรมการเรียนการสอนการจัดบทเรียนและการเตรียมการจัดการกับสถานการณ์ที่ท้าทาย (Bandura, 1977) ถ้าผู้เรียนมีพลังสมรรถนะแห่งตนจะทำให้ผู้เรียนรู้ว่าตนเองสามารถทำอะไรได้มากหรือน้อยเพียงใด มีความมั่นใจกล้าที่จะแสดงความสามารถนั้น ๆ ออกมาได้อย่างเต็มที่และเต็มความสามารถ หากผู้เรียนมีพลังสมรรถนะแห่งตนแต่ไม่มีการรับรู้ว่ามีอยู่ หรือมีพลังสมรรถนะแห่งตนแต่การรับรู้ว่ามีพลังสมรรถนะแห่งตนน้อยก็จะส่งผลทำให้ไม่มีความเชื่อมั่นหรือไม่กล้าที่จะแสดงความสามารถออกมา ซึ่งจะเป็นการเสียโอกาสในหลาย ๆ ด้าน และอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังนั้นถ้าผู้เรียนรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนจะทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าในตนเอง และเกิดแรงจูงใจภายในทำให้เกิดความพยายาม ความมุมานะในการเรียน การทำงาน ให้เป็นผลสำเร็จ ซึ่งพลังสมรรถนะแห่งตนสามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นได้หากมีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม แบนดูรา (Bandura, 1986, pp. 399-401) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน มี 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3) การชักจูงด้วยคำพูด 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ ดังนั้นในการพัฒนาพลัง

สมรรถนะแห่งตนครั้งนี้ผู้วิจัยจะยึด 4 แนวทางที่เป็นปัจจัยสู่ความสำเร็จในการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครู Rice, & Roychoudhury (2003) ได้ค้นพบว่าการเตรียมความพร้อมของนักศึกษาครูในเนื้อหาแนวคิดวิทยาศาสตร์ส่งผลกระทบต่อความเชื่อในพลังสมรรถนะแห่งตน ขณะที่ Appleton, & Kindt (2002) ได้ทำการศึกษาการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูเช่นกันพบว่านักศึกษาครูมีความมั่นใจต่ำซึ่งแสดงถึงพลังสมรรถนะแห่งตนต่ำ ซึ่งนักศึกษาครูมักจะสอนตามเอกสารมากกว่าการสอนแบบลงมือปฏิบัติ สอดคล้องกับ Kazempour, & Sadler (2015) ได้สำรวจเกี่ยวกับความเชื่อในพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูส่งผลโดยตรงต่อการจัดการเรียนการสอนในอนาคต ดังนั้นสามารถยืนยันได้ว่าถ้านักศึกษาครูมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ต่ำก็จะมีความมั่นใจในการจัดการเรียนการสอนต่ำเช่นกัน จะกล่าวได้ว่าตัวแปรทั้งสองตัวนี้มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

แนวทางในการพัฒนาแนวคิดฟิสิกส์ของนักศึกษาครู จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) กล่าวว่าครูวิทยาศาสตร์ควรได้รับการพัฒนาเพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับแนวคิดหลักของวิทยาศาสตร์และสามารถถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนได้อย่างถูกต้องด้วยวิธีการที่หลากหลายเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา โดยเฉพาะการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ โดย วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) ได้ให้ความเห็นว่าการสอนวิทยาศาสตร์จะประสบความสำเร็จ ถ้าสอนให้มีความสัมพันธ์กับกระบวนการสืบสอบหาความรู้ ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญในห้องเรียนและการรู้วิทยาศาสตร์ โดย Schmidt (2001, อ้างถึงใน Susan Loucks-Horsley, Stiles, Mundry, Love, & Hewson, 2010) กล่าวถึงกลวิธีการฝังตัวการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ครูต้องฝังตัวอยู่กับประสบการณ์ที่มุ่งเน้นไปที่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างเข้มข้นและสามารถเข้าถึงเนื้อหาวิทยาศาสตร์เชิงลึกได้ ครูต้องมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ในคำถาม เพื่อสำรวจ วางแผน และดำเนินการตรวจสอบ โดยผ่านกิจกรรมการสืบสอบรวบรวม และจัดระเบียบข้อมูล ทำให้เกิดมุมมองที่กว้างขวางเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่พวกเขากำลังสืบสอบ เป้าหมายหลักของกลวิธีคือการเรียนรู้ว่านักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างไร อีกเป้าหมายหนึ่งของประสบการณ์เหล่านี้คือการมีส่วนร่วมของครูในการเรียนรู้โดยตรงจากสิ่งที่พวกเขาคาดหวังไว้ การฝึกปฏิบัติในห้องเรียน การแนะนำผู้เรียนผ่านการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ผลที่เกิดขึ้นคือการเปลี่ยนแปลงความคิดของครู ดังนั้นความเข้าใจแนวคิดในเนื้อหาวิชาของครูจึงเป็นประเด็นสำคัญที่กำหนดคุณภาพของครู Deepika (Menon, & Sadler, 2016) ได้ใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบในรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อช่วยให้นักศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า วัตถุประสงค์ของบทเรียนคือการช่วยให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิดของวงจรที่สมบูรณ์ เริ่มแรกนักศึกษาจะถูกกระตุ้นให้คิดและอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่จำเป็นในการทำให้หลอดไฟสว่าง (โมเดล 5E) นักศึกษา

ต้องคิดว่ามีวัสดุชนิดใดที่นอกเหนือจากหลอดไฟที่จะนำมาต่อวงจรไฟฟ้า นักศึกษาจะต้องวาดภาพวงจรบนกระดานสีขาว หลังจากนั้นก็อภิปรายกัน นักศึกษาต้องแสดงเหตุผลของตนเองกับเพื่อน หลังจากนั้นจะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบวงจรไฟฟ้า และทำการบันทึกข้อสังเกตลงบนใบบันทึกผลการทดลอง หลังจากนั้นก็จะแชร์ข้อมูลของตนเองกับเพื่อนพร้อมอภิปรายว่าสมมติฐานของตนเองถูกต้องหรือไม่ และครูก็จะขยายความและท้าทายให้นักศึกษาต่อวงจรใหม่โดยการเพิ่มหลอดไฟให้มากขึ้น และสุดท้ายของการเรียนการสอนคือทุกกลุ่มจะต้องอภิปรายว่าจะต่อวงจรไฟฟ้าอย่างไรเพื่อให้หลอดไฟสว่าง หลังจากจบกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแล้วพบว่าแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน ดังนั้นแนวทางการพัฒนาแนวคิดต้องมีลักษณะที่สำคัญตามกระบวนการการสอนแบบสืบสอบ ได้แก่ การใช้คำถาม การอภิปราย การสำรวจค้นหา การฝึกปฏิบัติ การขยายความรู้ และการประเมินผล เป็นต้น

แนวทางการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนสำหรับนักศึกษาครู จากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีปัจจัยเกี่ยวข้องสำหรับการพัฒนาประกอบไปด้วยรายวิชาการปฏิบัติและรายวิชาด้านเนื้อหา ความแตกต่างระหว่างรายวิชาปฏิบัติและรายวิชาด้านเนื้อหาคือเป้าหมายของรายวิชา รายวิชาปฏิบัติจะมีเป้าหมายเน้นที่การสอนและทักษะที่ต้องใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ กลวิธีการสอน การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน การจัดการชั้นเรียน ขณะที่รายวิชาด้านเนื้อหามีเป้าหมายในการสอนเนื้อหาแนวคิดวิทยาศาสตร์ การพัฒนาในรายวิชาด้านเนื้อหานั้นมีงานวิจัยที่กล่าวถึงการปฏิบัติว่า จะต้องมีกิจกรรมการสาธิต การลงมือปฏิบัติ (Hands – on) และการอภิปรายซึ่งการอภิปรายเพื่อขยายความถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน (Bleicher, & Lindgren, 2005; Schoon, & Boone, 1998) และโปรแกรมการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนในรายวิชาด้านเนื้อหา คือ รายวิชาด้านเนื้อหา มีการสอน 3 อย่างรวมกัน ได้แก่ การทำงานร่วมกัน การปฏิบัติการสอนที่ชัดเจน และการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Zundans-Fraser, & Lancaster, 2012) จะพบว่าการออกแบบโปรแกรมในการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนควรจะให้มีวิธีการที่เน้นให้นักศึกษาครูได้ลงมือปฏิบัติและทำงานร่วมกัน ตลอดจนมีการอภิปรายร่วมกัน

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูจะช่วยส่งเสริมพลังสมรรถนะแห่งตน โดย Menon, & Sadler (2016) มีการศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูระดับประถมหลักสูตรนี้มุ่งเน้นการเตรียมความพร้อมครูสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสอนรายวิชาฟิสิกส์ สำหรับประถม 6 มีหัวข้อดังนี้ 1) ไฟฟ้าและแม่เหล็ก 2) แรงและการเคลื่อนที่ เป้าหมายอื่น ๆ ของโปรแกรมนี้คือการฝึกการสืบสอบของนักศึกษาครู โดยใช้กลวิธีการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน ทักษะการแก้ปัญหาเป็นฐานและความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกซึ่งเมื่อนักศึกษาครูมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้นส่งผลต่อการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนมากขึ้นด้วยเช่นกัน

และ Gray (2017) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพลังสมรรถนะแห่งตนของครูวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โลกแบบสืบสอบของนักศึกษาครูประถมศึกษาช่วยปรับปรุงความเชื่อในพลังสมรรถนะแห่งตนโดยใช้เครื่องมือ Science Teaching Efficacy Belief Instrument (STEBI-B) พบว่าหลังจากเสร็จสิ้นการสอนแบบสืบสอบในรายวิชาด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์โลก ความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลต่อพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูเพิ่มขึ้นด้วย ขณะเดียวกันจากการศึกษาของ Posnanski (2007) ยังค้นพบว่าพลังสมรรถนะแห่งตนจะไม่ถูกปรับปรุงแก้ไขถ้าผู้สอนยังใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย ดังนั้นจากงานวิจัยข้างต้นในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ควรที่จะพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนไปพร้อม ๆ กัน เพราะทั้งสองอย่างทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

ดังนั้นแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดและและพลังสมรรถนะแห่งตนนั้นควรเน้นให้นักศึกษาครูได้ลงมือปฏิบัติและทำงานร่วมกัน ตลอดจนมีการอภิปรายร่วมกัน และการพัฒนาตามแนวทางการสอนแบบสืบสอบ ได้แก่ การใช้คำถาม การอภิปราย การสำรวจค้นหา การฝึกปฏิบัติการขยายความรู้ และการประเมินผล เป็นต้น ดังนั้นในการพัฒนาวิชาชีพครูในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พบว่ามีกลวิธีที่สามารถทำให้เกิดกระบวนการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน 3 กลวิธี ได้แก่ กลวิธีเนื้อหารายวิชา (Content course) กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร (Curriculum topic study) และกลวิธีการสืบสอบ (Immersion in inquiry in science)

กลวิธีเนื้อหารายวิชาเป็นกลวิธีที่ใช้ในการพัฒนาเนื้อหารายวิชา โดย Susan Loucks-Horsley et.al (2010) ได้อธิบายลักษณะของเนื้อหารายวิชาที่ดีนั้นต้องมีลักษณะสำคัญ 3 อย่าง คือ 1) เนื้อหารายวิชามีการสอนหรืออำนวยความสะดวกโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกมากขึ้น 2) เนื้อหารายวิชาสอดคล้องกับเนื้อหาที่ครูสอน มีความเหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐาน 3) ผู้เรียนสามารถทราบรายละเอียดหลักสูตรได้ตั้งแต่ก่อนการลงทะเบียนสามารถนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมในเนื้อหารายวิชาได้ Kazempour and Amirshokoohi (2020, pp. 379-385) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักศึกษาครูผ่านกลวิธีด้านเนื้อหารายวิชา โดยมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังนี้ 1) การจัดการเรียนการสอนมี 2 ส่วน คือ ส่วนบรรยาย และส่วนการปฏิบัติการทดลอง 2) ผู้สอนยังคงเป็นผู้บรรยายและคอยชี้แนะกิจกรรมในแต่ละครั้งที่เรียน 3) กิจกรรมที่ใช้ในชั้นเรียนเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง 4) เน้นการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การตั้งข้อสังเกต การถามคำถาม การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 5) ฝึกให้ผู้เรียนทำงานเป็นทีมและส่งเสริมให้ช่วยกันทำกิจกรรมและค้นหาแนวคิดใหม่ ๆ จากการวิจัยพบว่าการปฏิสัมพันธ์และการสนทนาร่วมกันเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาและมีความจำเป็นสำหรับเนื้อหารายวิชาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพราะจะเปิดโอกาสให้นักศึกษาครูได้รับประสบการณ์ตรงและการสอนที่ชัดเจนเกี่ยวกับวิธีการโต้ตอบและวาทกรรมที่มีประสิทธิผล

Cakiroglu, Capa-Aydin, & Hoy (2011, p. 458) ได้กล่าวถึงการออกแบบหลักสูตรเนื้อหาวิชาสำหรับนักศึกษาครูคือ รายวิชาควรมีโครงสร้างแบบการสืบสอบเป็นฐาน สรุปว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยกลวิธีเนื้อหารายวิชานั้นสามารถพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนได้ และควรมีกิจกรรมสำคัญดังนี้ จัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ การจัดกิจกรรมให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติ การจัดสภาพแวดล้อมในชั้นเรียน ตลอดจนการสร้างการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้กระบวนการกลุ่ม

กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตรวิทยาศาสตร์นั้นได้ถูกศึกษาวิจัยโดย มันดราย์ คีย์เลห์ และแลนเดิล (Mundry, Keeley, & Landel, 2010) ร่วมกับครูผู้นำด้านหลักสูตรวิทยาศาสตร์หัวข้อการศึกษา: การออกแบบเครื่องมือและทรัพยากรเพื่อการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ เพื่อทำให้ครูได้ได้เชื่อมช่องว่างระหว่างมาตรฐานหลักสูตรและการปฏิบัติ โดยการสร้างความตระหนักในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้หลัก ยังให้โอกาสในการกำหนดเป้าหมายในการเพิ่มพูนความรู้ด้านเนื้อหาในเรื่องที่ไม่ชำนาญ โดยการศึกษาหัวข้อหลักสูตรมีความสำคัญดังนี้ 1) ปรับปรุงความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่สอน 2) ระบุความหมายของแนวคิดหลัก เพื่อส่งเสริมการสอนที่มีประสิทธิผล การปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ 3) ชี้แจงแนวคิดและทักษะเฉพาะตามเป้าหมายการเรียนรู้จากมาตรฐานหลักสูตร 4) ระบุกลุ่มเป้าหมายการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบกันเป็นหัวข้อหลักสูตร 5) ปรับปรุงความสอดคล้องกันของการพัฒนาหัวข้อในระดับการศึกษานั้น 6) ระบุปัญหาในการเรียนรู้ที่อาจเกิดขึ้น การพิจารณาพัฒนาความเข้าใจผิดที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ 7) ตรวจสอบและใช้กลวิธีที่มีประสิทธิผลสำหรับแนวคิดและทักษะการสอนที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ 8) ปรับปรุงความสามารถในการระบุความเชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องระหว่างแนวคิดและทักษะภายใน 9) เพิ่มโอกาสสำหรับนักเรียนทุกระดับและภูมิหลังในการบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจนในมาตรฐานระดับเขตรัฐและระดับชาติ และกลวิธีนี้ยังเป็นกลวิธีที่เหมาะสำหรับ นักศึกษาครู ครูใหม่ ครูปฏิบัติการ ครูผู้นำ ผู้ให้คำปรึกษาและโค้ช นักพัฒนาวิชาชีพ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับบัณฑิตศึกษา นักพัฒนาหลักสูตร นักการศึกษาตามอัธยาศัย ผู้สอนเรื่องหลักสูตร จากการศึกษาข้างต้น สรุปว่ากลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตรสามารถพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนเพราะเป็นกลวิธีที่มุ่งหวังในการปรับปรุงความเข้าใจในเนื้อหาของผู้เรียนและหวังที่จะสร้างความตระหนักในการเรียน

กลวิธีการสืบสอบ เป็นอีกหนึ่งกลวิธีสำหรับพัฒนาความรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ โดย Deboer (2006) กล่าวว่า การสอนตามแนวสืบสอบหาความรู้ (Inquiry Approach) เป็นการสะท้อนถึงการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเน้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม สำรวจตรวจสอบและแก้ปัญหา เหมือนกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สืบสอบหาความรู้และการสำรวจตรวจสอบไปใช้ในห้องปฏิบัติการ ห้องทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ในห้องสมุดและในการอภิปรายกับเพื่อนร่วมงานส่วนนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่คล้ายกันในห้องเรียนที่มีการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบหาความรู้ และ Wikipedia (2007) เสนอว่า การเรียนรู้ที่เน้นการสืบสอบหาความรู้ (Inquiry-based learning)

เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่ประเมินความก้าวหน้าของการเรียนโดยพิจารณาจากการพัฒนาทักษะเชิงทดลองและเชิงวิเคราะห์มากกว่าความรู้ที่นักเรียนมี ศาสตราจารย์ Arthur L. Costa จาก California State University แห่งเมืองซาคราเมนโตประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้สัมภาษณ์กับ Thirteen Ed Online Team (2004) ถึงความหมายของการเรียนรู้ที่เน้นการสืบสอบหาความรู้ไว้ว่า หมายถึงการที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสะท้อนความคิด ถามคำถาม ระบุและเผชิญปัญหา โดยที่ผู้เรียนสร้างทฤษฎีของตนเองและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาและการสะท้อนความคิดต่อกระบวนการแก้ปัญหามากกว่าการมีครูคอยบอกนักเรียนว่านักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้อะไร Menon, & Sadler (2016) ศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนโดยการจัดการเรียนการสอนด้วยกลวิธีการสืบสอบ พบว่าทั้งสองตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกเมื่อนักศึกษาครูมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้นส่งผลต่อการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นว่ากลวิธีการสืบสอบเป็นกลวิธีที่สามารถพัฒนาแนวคิดและพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนได้เหมาะสำหรับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพราะเป็นกระบวนการที่เน้นให้ผู้เรียนได้หาคำตอบทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้นแนวทางการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และพลังสมรรถนะแห่งตนในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ผู้วิจัยจะใช้การจัดการเรียนรู้ด้วย กลวิธีเนื้อหารายวิชา กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตรและกลวิธีแบบสืบสอบ

คำถามวิจัย

1. การพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนเป็นอย่างไร
2. การพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเป็นอย่างไร
3. การพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเป็นอย่างไร

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
2. เพื่อพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู
3. เพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

ขอบเขตของงานวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ วิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เรื่องความร้อนและแสง ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป หลักสูตรปรับปรุง 2562 (4 ปี) คณะครุศาสตร์ สถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง โดยเนื้อหาออกเป็น 10 แนวคิด ดังนี้ 1) พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ 2) การนำความร้อน 3) การพาความร้อน 4) การแผ่รังสีความร้อน 5) สมดุลความร้อน 6) แสงเดินทางเป็นเส้นตรง 7) การเกิดเงา 8) การสะท้อนแสง 9) การหักเหแสง 10) ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

นิยามศัพท์เฉพาะ

แนวคิดฟิสิกส์ หมายถึง แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงความรู้ของนักศึกษาครูเกี่ยวกับความคิดหลักของเนื้อหาฟิสิกส์ เรื่อง ความร้อนและแสง รวมถึงการนำแนวคิดนั้นไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งวัดได้จากแบบวัดแนวคิดรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบวัดแบบข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 10 แนวคิด คือ พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน สมดุลความร้อน แสงเดินทางเป็นเส้นตรง การเกิดเงา การสะท้อนแสง การหักเหแสง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific conception: SC) หมายถึง คำตอบที่เขียนอธิบายถูกต้อง ครบถ้วน สอดคล้องกับคำอธิบายซึ่งเป็นที่ยอมรับของประชาคมทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันทั้งหมด

2. กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial conception: PC) หมายถึง คำตอบที่เขียนอธิบายสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน และไม่พบคำอธิบายที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3. กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial conception & Complete misconception: PC&CM) หมายถึง คำตอบที่เขียนอธิบายบางส่วนสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีคำตอบที่เขียนอธิบายบางส่วนไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4. กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete misconception: CM) หมายถึง คำตอบที่เขียนอธิบายทั้งหมดไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้องกับคำอธิบายซึ่งเป็นที่ยอมรับของประชาคมทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันทั้งหมด

5. กลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (No response: NR) หมายถึง ไม่ได้ตอบคำถาม ตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม ตอบว่าไม่รู้ตอบทวนคำถามหรือไม่ได้อธิบายเหตุผล

พลังสมรรถนะแห่งตน (Self-Efficacy) หมายถึง การที่นักศึกษาครูประเมินตนเองว่ามีพลังสมรรถนะแห่งตนอย่างไร ที่ส่งผลต่อความสามารถที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนและการปฏิบัติสอนในอนาคต โดยผู้วิจัยสร้างแบบสำรวจในรูปแบบสอบถาม 5 ระดับ และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยมีประเด็นตามทฤษฎีพลังสมรรถนะแห่งตน 4 ประเด็น ได้แก่

1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment, PA) คือ ประสบการณ์ของบุคคลในการประสบความสำเร็จในอดีตซึ่งไม่เพียงเพิ่มความมั่นใจในตนเองของบุคคลเพื่อให้ประสบความสำเร็จในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน แต่ยังเพิ่มการรับมือและความพยายามเมื่อเจอสถานการณ์ที่ท้าทาย

2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) คือ การได้เห็นประสบการณ์ของผู้อื่นกระทำพฤติกรรมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันแล้วประสบความสำเร็จก็จะทำให้บุคคลเชื่อมั่นในตนเองและเกิดการรับรู้เกี่ยวกับพลังสมรรถนะแห่งตนว่าตนเองจะต้องประสบความสำเร็จได้

3. การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) คือ ข้อเสนอแนะเชิงบวกจากผู้อื่นเกี่ยวกับการปฏิบัติตัวของตัวเอง

4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA) คือ การปรับสภาวะทางร่างกายและอารมณ์ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมไม่แปรปรวน เพื่อให้นักศึกษารับรู้ถึงพลังสมรรถนะแห่งตน

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู คือ กิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยวางแผนและจัดทำขึ้นสำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 มีทั้งหมด 2 หัวข้อ ได้แก่ ความร้อนและแสง โดยการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจะใช้กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร (Curriculum topic study) กลวิธีเนื้อหารายวิชา (Content course) และกลวิธีการสืบสอบ (Immersion in inquiry in science) และบูรณาการกับทฤษฎีพลังสมรรถนะแห่งตน รายละเอียดดังนี้

1. กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร เป็นการจัดกิจกรรมให้นักศึกษาครูมีส่วนร่วมในการศึกษาหัวข้อหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานหลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตำราเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เพื่อนักศึกษาครูตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งที่เรียนและสามารถเชื่อมโยงสู่การปฏิบัติของตนเอง

2. กลวิธีเนื้อหารายวิชา เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยผู้สอนที่มีประสบการณ์ มีการสอนหรืออำนวยความสะดวกโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกมากขึ้น เนื้อหามีความเหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐาน ผู้เรียนสามารถทราบรายละเอียดหลักสูตรได้

ตั้งแต่ก่อนการลงทะเบียน ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจการสืบสวนการแก้ปัญหาและการอภิปราย เพื่อสร้างความหมายของเนื้อหาและมีโอกาสไตร่ตรองถึงการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้การเรียนรู้นั้น

3. กลวิธีการสืบสอบ เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ที่จะช่วยให้นักศึกษาครูได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ โดยอาศัยการสังเกต การตั้งคำถาม การรวบรวมหลักฐาน การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง การวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล การทบทวนสิ่งที่ได้ค้นพบ ตลอดจนการนำเสนอข้อมูลและการสื่อสารผลที่ได้โดยการอธิบายที่มีหลักฐานประกอบการอธิบายนั้น เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน เพื่อพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์และพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ผู้วิจัยได้ศึกษา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ข้อมูลหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4 ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562
    - 1.1 ข้อมูลเบื้องต้น
    - 1.2 โครงสร้างหลักสูตร
    - 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถโดยรวม สมรรถนะหลักและรายวิชา
    - 1.4 ข้อมูลรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู
2. การผลิตครูวิทยาศาสตร์
    - 2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการผลิตครูวิทยาศาสตร์ประเทศไทยในอดีต
    - 2.2 อนาคตภาพของการผลิตครูวิทยาศาสตร์ในทศวรรษหน้า (พ.ศ. 2560-2569)
    - 2.3 มาตรฐานการผลิตครูตามแนวคิดสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
    - 2.4 การผลิตครูวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยกับการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
3. ทฤษฎีเกี่ยวกับแนวคิด
    - 3.1 ความหมายของแนวคิด
    - 3.2 การจัดกลุ่มแนวคิด
    - 3.3 แนวคิดคลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์
    - 3.4 การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิด
    - 3.5 เครื่องมือประเมินแนวคิด
4. แนวคิดเกี่ยวกับการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตน
    - 4.1 ทฤษฎีการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตน
    - 4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตน

4.4 ผลของการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตน

4.5 การวัดการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตน

4.6 แนวทางปฏิบัติตามทฤษฎีพลังสมรรถนะแห่งตน

5. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพครู

5.1 หลักการสำหรับการพัฒนาวิชาชีพครู

5.2 กระบวนการขั้นตอนการพัฒนาวิชาชีพ

5.3 ความรู้และความเชื่อที่สนับสนุนการพัฒนาวิชาชีพครูให้มีประสิทธิภาพ

5.4 กลวิธีสำหรับการเรียนรู้วิชาชีพ

5.5 แนวทางการพัฒนาแนวคิด

5.6 แนวทางการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ข้อมูลหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562

1. ข้อมูลเบื้องต้น

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4 ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562 สถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง มีปรัชญาว่า ผลิตครูวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพสูงมีความรู้คู่คุณธรรมสามารถบูรณาการความรู้ทักษะเจตคติคุณธรรมและจริยธรรมแห่งวิชาชีพไปสู่การจัดการศึกษาและพัฒนาครู ให้เป็นคนดี มีสติปัญญาความสามารถและอยู่ร่วมกับบุคคลอื่นได้อย่างมีความสุขรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง และสามารถเผชิญปัญหาหรือวิกฤติได้ด้วยสติปัญญา

จากความสำคัญที่ว่าปัจจุบันอาชีพครูถือว่าสำคัญยิ่งเพราะครูมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศให้เจริญมั่นคงให้ก้าวทันต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของโลกในยุคปัจจุบันแต่ก่อนที่จะพัฒนาบ้านเมืองให้เจริญได้นั้นจะต้องพัฒนาคนซึ่งได้แก่เยาวชนของชาติเสียก่อน เพื่อให้เยาวชนเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่ดีมีคุณภาพและมีความสมบูรณ์ครบทุกด้านจึงสามารถช่วยกันสร้างความเจริญให้แก่ชาติต่อไปได้และหน้าที่ที่มีความสำคัญยิ่งของครูก็คือการปลูกฝังความรู้ความคิดและจิตใจแก่เยาวชนเพื่อให้เติบโตขึ้นเป็นพลเมืองที่ดีและมีประสิทธิภาพของประเทศชาติในกาลข้างหน้าผู้เป็นครูจึงจัดได้ว่าเป็นผู้ที่มีบทบาทอย่างสำคัญในการสร้างสรรค์อนาคตของชาติบ้านเมือง

ดังนั้นสาขาวิชามีวัตถุประสงค์ว่าผู้เข้ารับการศึกษามีคุณลักษณะ ดังนี้

1.1 เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถในด้านการสอน สามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในการปฏิบัติงานได้อย่างสอดคล้องกับสภาพสังคม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจของประเทศ

1.2 เป็นผู้มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาหลักสูตรทางด้านการเรียนการสอนการสอนที่จะส่งผลให้ครู มีความรู้ความสามารถสมรรถนะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของการศึกษาของชาติ

1.3 เป็นผู้ที่มีคุณธรรมจริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพครูมีความรับผิดชอบสูงต่อวิชาการและวิชาชีพมีความอดทนใจกว้างและมีความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้พร้อมที่จะประกอบวิชาชีพครูอย่างมีคุณภาพและเป็นไปตามสมรรถนะและมาตรฐานวิชาชีพครู

1.4 ความรอบรู้ด้านการจัดการเรียนการสอนสามารถประยุกต์ความเข้าใจอันถ่องแท้ในทฤษฎีและระเบียบวิธีการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างความรู้ใหม่สำหรับการประกอบวิชาชีพหรือการศึกษาในระดับสูงขึ้นในอนาคต

1.5 มีศักยภาพที่จะพัฒนางานในหน้าที่และเส้นทางวิชาชีพให้มีความก้าวหน้าเป็นผู้นำทางวิชาการสามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการปฏิบัติงานหน้าที่ครูได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2. โครงสร้างหลักสูตร

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4 ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562 สถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง มีโครงสร้างหลักสูตรดังนี้ มีจำนวนหน่วยกิจรวมตลอดหลักสูตร 141 หน่วยกิต โครงสร้างหลักสูตรของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ประกอบด้วย หมวดวิชาศึกษาทั่วไป จำนวน 30 หน่วยกิต จำนวน 10 รายวิชา หมวดวิชาเฉพาะด้าน จำนวน 105 หน่วยกิต (วิชาชีพครูจำนวน 42 หน่วยกิต จำนวน 14 รายวิชา และวิชาเอก จำนวน 63 หน่วยกิต จำนวน 14 รายวิชา) และหมวดวิชาเลือกเสรี จำนวน 6 หน่วยกิต จำนวน 2 รายวิชา โดยมีแผนการจัดการเรียนระดับชั้นปี ดังนี้

ปีที่ 1 / ภาคการศึกษาที่ 1

EDLA101 ภาษาเพื่อการสื่อสาร 3(2-2-5)

EDTE105 คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณ และจิตวิญญาณความเป็นครู 3(2-2-5)

EDPS201 จิตวิทยาสำหรับครู 3(2-2-5)

EDSC101 เคมีสำหรับครู 1 3(2-2-5)

EDSC102 ชีววิทยาสำหรับครู 1 3(2-2-5)

EDSC103 ฟิสิกส์สำหรับครู 1 3(2-2-5)

EDSC201 คณิตศาสตร์สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ 3(2-2-5)

ปีที่ 1 / ภาคการศึกษาที่ 2

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

EDCI101 การพัฒนาหลักสูตร 3(2-2-5)

EDET102 นวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสารการศึกษาและการเรียนรู้ 3(2-2-5)

EDSC104 เคมีสำหรับครู 2 3(2-2-5)

EDSC105 ชีววิทยาสำหรับครู 2 3(2-2-5)

EDSC106 ฟิสิกส์สำหรับครู 2 3(2-2-5)

ปีที่ 2 / ภาคการศึกษาที่ 1

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

EDCI202 วิทยาการจัดการเรียนรู้ 3(2-2-5)

EDPT103 การฝึกปฏิบัติวิชาชีพครูระหว่างเรียน 1 1(90)

EDSC109 วิทยาศาสตร์ชีวภาพสำหรับครู 3(2-2-5)

EDSCxxx วิชาเอกเลือก 3(2-2-5)

xxxxxxx วิชาเลือกเสรี 3(2-2-5)

xxxxxxx วิชาเลือกเสรี 3(2-2-5)

ปีที่ 2 / ภาคการศึกษาที่ 2

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

EDAD104 การบริหารการศึกษาและการประกันคุณภาพการศึกษา 3(2-2-5)

EDRE101 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ 3(2-2-5)

EDSC110 วิทยาศาสตร์กายภาพสำหรับครู 3(2-2-5)

EDSC108 ดาราศาสตร์และอวกาศ 3(2-2-5)

EDSCxxx วิชาเอกเลือก 3(2-2-5)

ปีที่ 3 / ภาคการศึกษาที่ 1

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

EDRE402 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ 3(2-2-5)

EDPT104 การฝึกปฏิบัติวิชาชีพครูระหว่างเรียน 2 1(90)

EDSC304 ธรรมชาติและการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 3(2-2-5)

EDSC112 วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม 3(2-2-5)

EDSC107 วิทยาศาสตร์โลกทั้งระบบ 3(2-2-5)

EDSCxxx วิชาเอกเลือก 3(2-2-5)

ปีที่ 3 / ภาคการศึกษาที่ 2

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

GExxxxx วิชาศึกษาทั่วไป 3(2-2-5)

EDSC111 ไฟฟ้าและพลังงาน 3(2-2-5)

EDSCxxx วิชาเอกเลือก 3(2-2-5)

EDSCxxx วิชาเอกเลือก 3(2-2-5)

EDSCxxx วิชาเอกเลือก 3(2-2-5)

EDSCxxx วิชาเอกเลือก 3(2-2-5)

ปีที่ 4 / ภาคการศึกษาที่ 1

EDPT201 การปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา 1 6(540)

ปีที่ 4 / ภาคการศึกษาที่ 2

EDPT202 การปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา 2 6(540)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถโดยรวมสมรรถนะหลักและรายวิชาของแต่ละชั้นปี

นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จะต้องมีความสามารถโดยรวม ได้แก่ รอบรู้ด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และมีจิตวิทยาศาสตร์ และจะต้องมีสมรรถนะดังนี้ 1) รู้เนื้อหาและปฏิบัติการวิทยาศาสตร์พื้นฐานทั้งระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานและระดับอุดมศึกษา 2) เข้าใจการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) นำความรู้และทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

นักศึกษาชั้นปีที่ 2 จะต้องมีความสามารถโดยรวม ได้แก่ เป็นผู้ช่วยจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานภายใต้ระบบการชี้แนะและการเป็นพี่เลี้ยง และจะต้องมีสมรรถนะดังนี้ 1) รู้เนื้อหาและปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เชิงบูรณาการ 2) อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชิงบูรณาการ 3) รู้หลักการและมีทักษะทางสะเต็มศึกษาและทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อการเป็นครูวิทยาศาสตร์

นักศึกษาชั้นปีที่ 3 จะต้องมีความสามารถโดยรวม ได้แก่ เป็นผู้สอนร่วมจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานภายใต้ระบบการชี้แนะและการเป็นพี่เลี้ยง และจะต้องมีสมรรถนะชั้นปีดังนี้ 1) ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อการดำรงชีวิตและจัดการสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นโดยบูรณาการสู่โครงงานและกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ 2) มีทักษะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และพัฒนากระบวนการเรียนรู้ด้วยวิจัย 3) มีทักษะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามหลักปฏิบัติสากล

นักศึกษาชั้นปีที่ 4 จะต้องมีความสามารถโดยรวม ได้แก่ เป็นครูผู้จัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานได้อย่างครูมืออาชีพ และจะต้องมีสมรรถนะชั้นปีดังนี้ 1) สามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบมืออาชีพอย่างมีนวัตกรรม 2) สามารถทำวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 3) เขียนบทความวิจัยเพื่อการสัมมนาวิชาการและนำเสนอผลงานในรูปแบบการประชุมวิชาการ

4. ข้อมูลรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู แบ่งได้ 2 รายวิชา ได้แก่ รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 1 และรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4 ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2562 สถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง เป็นรายวิชาหมวดวิชาเอกบังคับ ซึ่งเป็นวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักศึกษาที่เข้ามาศึกษาในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปทุกคนจะต้องได้เรียนวิชานี้ในชั้นปีที่ 1 งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูใน รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 (Physics for Teacher 2) รหัสวิชา EDSC104 มีหน่วยกิต 3(2-2-5)โดยมีคำอธิบายรายวิชาดังนี้

ศึกษาและปฏิบัติการให้รอบรู้ ความร้อนและเทอร์มอไดนามิกส์ แสงและทัศนศาสตร์ ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ฟิสิกส์ยุคใหม่ นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามหลักปฏิบัติสากล ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านฟิสิกส์เพื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เหมาะสมกับสภาพและบริบทของท้องถิ่น

การผลิตครูวิทยาศาสตร์

1. แนวคิดการผลิตครูวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในอดีต

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยได้มีการจัดทำโครงการเพื่อผลิตครูวิทยาศาสตร์มากมายหลายโครงการ (ศักดิ์ชาย เพชรช่วย, 2558) ผสรุปโดยสังเขป ดังนี้

1.1 โครงการฝึกหัดครูชนบท เป็นโครงการที่มีเป้าหมายเพื่อฝึกครูชนบทให้มีคุณลักษณะ เป็นครู เป็นนักการศึกษา ที่มีความรู้ความสามารถเชี่ยวชาญในการสอน มีบุคลิกภาพและทัศนคติที่ดีต่อความเป็นครู มีทักษะในการวัดผล การใช้ สร้างอุปกรณ์การสอน การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตร มีคุณธรรม จรรยาบรรณของครู สามารถเป็นผู้นำของชุมชนในการยกฐานะเศรษฐสังคมของชุมชนนั้นให้ดีขึ้น เป็น ที่พึ่งทางปัญญาของชุมชน เป็นผู้ให้บริการที่ดีแก่ชุมชน โดยภาพรวมมีขอบข่ายงาน 3 ส่วน คือ 1) งานด้านสถาบันฝึกหัดครู 2) งานด้านโรงเรียนปฏิบัติการ และ 3) งานด้านหมู่บ้านปฏิบัติการ ส่วนการดำเนินโครงการมีหลักการปฏิบัติดังนี้ คือ ยึดหลักการโรงเรียนแห่งชุมชน และหลักพัฒนา ท้องถิ่น มีสถาบันฝึกหัดครูช่วยเหลือทางด้านวิชาการ ทำงานร่วมกับจังหวัดละอำเภอ นำทรัพยากรในชุมชนมาใช้ปรับปรุงโรงเรียนและชุมชน

1.2 โครงการเพชรในตม เป็นโครงการร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒกับกองอำนวยการรักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร (กอ.รมน.) และกระทรวงศึกษาธิการจนถึงปัจจุบันนี้ เพื่อพัฒนาเยาวชนยากจนในหมู่บ้านอาสาพัฒนาและป้องกันตนเอง (อพป.) ให้ได้รับการศึกษาในระดับอุดมศึกษาโดยมีจุดมุ่งหมายที่ที่จะสร้างผู้นำท้องถิ่น ที่ประพฤติปฏิบัติในสิ่งที่ดีงามและเหมาะสมให้มีความรักชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ รักสถาบัน รักหมู่บ้าน และประชาชนร่วมชาติเดียวกัน

1.3 โครงการคุรุทายาทระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เป็นโครงการหนึ่งซึ่งเป็นแนวทางแก้ปัญหาเกี่ยวกับการฝึกหัดครูซึ่งเน้น การคัดเลือกคนเก่ง-คนดีเข้ามาเรียนครู เน้นกระบวนการผลิตที่ทุกฝ่ายร่วมมือกันอย่างจริงจังและใกล้ชิด โดยใช้การปฏิบัติจริงในโรงเรียนประถมศึกษามากกว่าการเรียนการสอนในห้องเรียนทั่วไป มุ่งเน้นสร้างคุณลักษณะและพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพครู พร้อมทั้งมุ่งเน้นแก้ปัญหาการคัดเลือกคนดี ที่มีความรู้ความสามารถและเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพครูเข้ามาเป็นข้าราชการครู นับได้ว่าระบบการผลิต คุรุทายาท เป็นนวัตกรรมหนึ่งของการฝึกหัดครูไทย

1.4 โครงการคุรุทายาทระดับอุดมศึกษาสำหรับสอนในสถาบันราชภัฏ เป็นโครงการที่คัดเลือกบุคคลที่มีสติปัญญาดี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและมีเจตคติ ที่ดีต่อวิชาชีพครูเข้าศึกษาในสถาบันที่ผลิตครู นักศึกษาผู้ที่ร่วมโครงการฯ จะได้รับการดูแลอย่าง ใกล้ชิดจากสถาบันการศึกษานั้น ๆ ระหว่างเรียนจะได้รับทุนการศึกษาจากสำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ และก่อนเข้าศึกษาทุกคนต้องทำสัญญาว่าเมื่อจบการศึกษาแล้วและมีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่กำหนด จะได้รับการคัดเลือกเพื่อบรรจุเข้าเป็นข้าราชการครูสังกัดสำนักงานสภาสถาบันราชภัฏโดยไม่ต้องสอบแข่งขัน และสอนในสถาบันราชภัฏไม่น้อยกว่าสองเท่าของระยะเวลาที่เป็นนักศึกษาของโครงการ

1.5 โครงการคุรุทายาทชายแดนใต้ เป็นโครงการเร่งด่วนเฉพาะกิจ 3 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2539 เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูและการโยกย้ายครูระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาใน 5 จังหวัดชายแดนใต้ ได้แก่ จังหวัด ยะลา ปัตตานี นราธิวาส สตูล และสงขลา โดยร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษา แห่งชาติ กรมสามัญศึกษา และคณะกรรมการการศึกษาเอกชน

1.6 โครงการเร่งรัดและพัฒนาบัณฑิตระดับปริญญาตรีสาขาวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศ (รพค.) เป็นโครงการที่ทบวงมหาวิทยาลัยได้จัดโครงการเร่งรัดการผลิตและพัฒนาบัณฑิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศ (รพค.) ขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณครู-อาจารย์ผู้สอนคณิตศาสตร์

1.7 โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) เป็นโครงการส่งเสริมการ ผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ขึ้น เพื่อผลิตครูวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการแก้ปัญหาการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยหา วิธีการจูงใจให้ผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สนใจมาเรียนเป็นครู วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้มากขึ้น อาทิ การให้ทุนการศึกษา การบรรจุเข้ารับราชการทันทีที่จบการศึกษา และมีเงินเพิ่มค่าวิชาชีพที่ขาดแคลน รวมทั้งการให้สวัสดิการต่าง ๆ เพื่อให้อาชีพครูมีเกียรติและมีศักดิ์ศรี โดยหวังว่าครูที่เป็นผลผลิตของโครงการนี้จะกระจายไปอยู่ทั่วประเทศเป็นครูตัวอย่างที่จะทำให้มีผู้สนใจเรียนเป็นครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น และเป็นกำลังสำคัญในการแก้ปัญหาการเรียนการสอนและการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อไป

1.8 โครงการคุรุทายาทตำรวจตระเวนชายแดน เป็นโครงการเฉพาะกิจ 5 ปี เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541-25451 เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครู โดยตั้งเป้าผลิตไว้ปีละ 80 คน รวม 400 คน มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อสนองโครงการพระราชดาริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี 2) เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่ทำหน้าที่ครูในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน 3) เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนเนื่องจากได้คนที่สมัคร ใจมาเป็น

ครู 4) เพื่อจัดหาอาชีพรองรับในท้องถิ่นสร้างความเข้มแข็งให้ครอบครัว เป็นโครงการผลิตครูเพื่อท้องถิ่น จึงรับสมัครเฉพาะคนที่เป็นศิษย์เก่าโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน มีคุณวุฒิระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 หรือเทียบเท่าหลักสูตรการเรียนเป็นหลักสูตรตำรวจร่วมกับหลักสูตรวิชาชีพครู สอนในระดับชั้นประถมศึกษา ผู้เรียนต้องผ่านการฝึกหลักสูตรตำรวจที่กรมตำรวจ 3 เดือน ผ่านหลักสูตรวิชาชีพครู 6 เดือน โดยเรียนที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ผ่านหลักสูตรตำรวจตระเวนชายแดนระดับพื้นฐาน 4 เดือน ที่ค่ายพระราม 6 และค่ายพระยาสุรสีห์ จังหวัดฉะเชิงเทรา นอกจากนั้นยังมีหลักสูตรเสริม คือ อบรม หลักสูตร ผู้กำกับลูกเสือ อบรมหลักสูตรผู้นำนันทนาการ อบรมหลักสูตรลูกเสือชาวบ้าน เมื่อสำเร็จการศึกษาต้องบรรจุทำงานเป็นครูในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนอย่างน้อย 5 ปี จึงจะมีสิทธิ์โยกย้ายได้

1.9 โครงการครูพันธุ์ใหม่ เป็นโครงการผลิตครูการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับปริญญาตรี (หลักสูตร 5 ปี) ตามแผนยุทธศาสตร์การปฏิรูปครูและบุคลากรทางการ ศึกษา พ.ศ.2547-2556 และพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 เป็นโครงการที่คัดเลือกคนดี คนเก่ง และมีความศรัทธาต่อวิชาชีพครูเข้ามาเรียนครู เพื่อให้วิชาชีพครูเป็นวิชาชีพชั้นสูงโดยแท้จริง

1.10 โครงการครูสหกิจ เป็นโครงการตามนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนครูในโรงเรียนสังกัด สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) และวิทยาลัยในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการ การอาชีวศึกษา (สอศ.) ในระยะเร่งด่วน

1.11 โครงการครูมืออาชีพ เป็นโครงการผลิตครูในสาขาและพื้นที่ที่ขาดแคลนและจำเป็นต่อการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน และอาชีวศึกษา ของกระทรวงศึกษาธิการ และผลิตครูมืออาชีพ ที่มีความรู้ทางวิชาการ เชี่ยวชาญทางวิชาชีพ และมีอุดมการณ์ในวิชาชีพครู ด้วยหลักสูตรและกระบวนการที่เน้นการปฏิบัติและการฝึกอบรมที่เข้มข้น

1.12 โครงการผลิตครูเพื่อพัฒนาท้องถิ่น เป็นการรื้อโครงการคุรุทายาทมาปรับปรุงใหม่ ประกันการมีงานทำในท้องถิ่นตัวเองคัดเลือกจากนักศึกษาปีที่ 1 – 5 มีเกรดเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.00 ที่จะจบการศึกษาในปี 2559 - 2563 บรรจุเข้ารับราชการครู และคัดเลือกจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และ ระดับ ปวช. ให้ ทุนการศึกษาเด็กชายขอบตลอดหลักสูตร 5% ส่วนอีก 95% ให้กู้เงินของรัฐบาลในโครงการกู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) เมื่อจบการศึกษาระดับปริญญาตรีแล้วจะบรรจุเข้ารับราชการครูตามภูมิลำเนาของตนเอง

จากโครงการผลิตครูที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าประเด็นสำคัญในการจัดโครงการผลิตครูนั้น คือ แก้ปัญหาการขาดแคลนครูที่ปฏิบัติหน้าที่ในโรงเรียน เป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าในแต่ละโครงการ ส่วนใหญ่ทุกโครงการไม่มีความต่อเนื่อง มีบางโครงการที่ยังมีความต่อเนื่อง

2. อนาคตภาพของการผลิตครูวิทยาศาสตร์ในทศวรรษหน้า (พ.ศ. 2560-2569)

สุวิชา วันสุดล, รุ่งทิวา แย้มรุ่ง, วิลาวัลย์ ด่านสิริสุข, และวันเพ็ญ ประทุมทอง (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอนาคตภาพของการผลิตครูวิทยาศาสตร์ในทศวรรษหน้า พบว่า

2.1 ปัจจัยการผลิตครูวิทยาศาสตร์

2.1.1 การผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรมีหน่วยงานร่วมผลิตและร่วมกันจัดทำหลักสูตร

2.1.2 ควรมีมหาวิทยาลัยที่ผลิตโดยเฉพาะเพื่อส่งเสริมด้านการทำวิจัยและพัฒนา

2.1.3 ควรผลิตเป็นระบบปิดร้อยละ 50 และระบบเปิดร้อยละ 50

2.1.4 การผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรมีการให้ทุนการศึกษา

2.1.5 ควรมีการประกันการมีงานทำ

2.1.6 ผู้เข้าศึกษาต้องจบการศึกษาสายวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยรวม 2.50 และในรายวิชาวิทยาศาสตร์ไม่ต่ำกว่า 2.75 มีความต้องการเป็นครูและมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาชีพครู

2.1.7 ผู้เข้าศึกษาต้องการเป็นครูและมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาชีพครู

2.1.8 ผู้เข้าศึกษาต้องผ่านการวัดระดับความรู้ ความถนัดทางวิชาชีพครู ทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ และทัศนคติที่มีต่อวิชาชีพครู

2.1.9 ผู้เข้าศึกษาต้องผ่านการทดสอบทางจิตวิทยา การใช้ภาษาและบุคลิกภาพ

2.1.10 ผู้เข้าศึกษาต้องผ่านระบบสอบวัดผลการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาหรือการสอบโดยตรงของสถาบันผู้ผลิต

2.1.11 ผู้เข้าศึกษาต้องมีคะแนนสอบวัดผลการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.1.12 ควรมีหน่วยงานกลางในการทำงานวิเคราะห์ภาพรวมและความต้องการครูวิทยาศาสตร์เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการใช้บัณฑิตในปัจจุบันและอนาคต

2.2 กระบวนการผลิตครูวิทยาศาสตร์

2.2.1 กระบวนการผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรมีองค์ความรู้ที่เชื่อมโยงกันระหว่างหน่วยงานการผลิต สถาบันการผลิตและผู้ใช้บัณฑิต

2.2.2 ควรมีหลักสูตรแกนกลางในการผลิตที่สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและหลักสูตรเพื่ออนาคต

2.2.3 ควรมีการควบคุมและจำกัดจำนวนในการผลิต

2.2.4 หน่วยงานกลางของภาครัฐและสถาบันการผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรมีการวางแผนร่วมกันในการผลิตครูวิทยาศาสตร์

2.2.5 แนวทางการปฏิรูปหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ต้องกำหนดมาตรการให้ร่วมกันวางแผนและพัฒนาหลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์

2.2.6 มาตรฐานการผลิตครูวิทยาศาสตร์ต้องมีระบบการพัฒนานิสิต/นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์แบบมีส่วนร่วม

2.2.7 สถาบันผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรจัดอบรมและให้ความรู้เกี่ยวกับแนวทางในการเป็นหน่วยฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด และพัฒนาครูพี่เลี้ยงเพื่อสร้างครูวิทยาศาสตร์ต้นแบบ

2.2.8 หลักสูตรควรมีโครงสร้างหลักสูตร 3 หมวดวิชา คือ หมวดวิชาการศึกษาทั่วไป หมวดวิชาเฉพาะด้าน และหมวดวิชาเลือกเสรี

2.2.9 หมวดวิชาศึกษาทั่วไปควรเสริมสร้างความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีความรอบรู้ เข้าใจ และเห็นคุณค่าของตนเอง ผู้อื่นในสังคมศิลปวัฒนธรรมและธรรมชาติ สามารถพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ดำเนินชีวิตอย่างมีคุณธรรม

2.2.10 หมวดวิชาเฉพาะด้านควรครอบคลุมในส่วนของวิชาเอกเดี่ยวและวิชาเอกคู่ในเนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาจิตวิทยาสำหรับเด็ก จิตวิญญาณความเป็นครู และควรเน้นทั้งทฤษฎีและปฏิบัติคู่กัน

2.2.11 หมวดวิชาเลือกเสรีควรส่งเสริมนิสิต/นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ เปิดโอกาสให้เรียนรู้ตามความถนัดและความสนใจ

2.2.12 ควรมีกระบวนการในการหล่อหลอมความเป็นครู จิตวิญญาณความเป็นครู และส่งเสริมทัศนคติดีต่อครูวิทยาศาสตร์

2.2.13 หลักสูตรควรมีระยะเวลาในการฝึกประสบการณ์ต่อเนื่องกัน 1 ปี โดยฝึกประสบการณ์ ในชั้นปีที 4 ภาคเรียนที่ 2 และชั้นปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 จากนั้น ชั้นปี ที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 กลับมาศึกษา พัฒนาและทำวิจัย

2.2.14 หลักสูตรการผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรสังเกตการสอนตั้งแต่ในชั้นปีที่ 1 แต่ละชั้นปี ระยะเวลาต่างกัน โดยจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระดับชั้นปี

2.2.15 ในการผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การเป็นแบบอย่างที่ดีในวิชาชีพครู และการได้รับการสอนตรงตามวุฒิ

2.2.16 ควรมีการส่งเสริมศักยภาพนิสิต/นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และด้านการฝึกปฏิบัติ

2.2.17 สถาบันการผลิตครูวิทยาศาสตร์ควรจัดทดสอบวัดคุณสมบัติด้านวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษระหว่างศึกษาในหลักสูตร และจัดประเมินสมรรถนะของนิสิต/นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ก่อนออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

2.3 ผลการผลิตครูวิทยาศาสตร์

2.3.1 การผลิตครูวิทยาศาสตร์ในอนาคตควรตั้ง เป้าหมายการผลิตอย่างชัดเจน โดยผลิตตามความต้องการและตามจำนวนที่ขาดแคลน

2.3.2 คุณลักษณะสำคัญของบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์ต้องพัฒนาตนเองตลอดเวลา และมีความทันสมัยรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง

2.3.3 คุณลักษณะสำคัญของบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์ต้องมีความรู้ดีและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3.4 คุณลักษณะสำคัญของบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์ต้องมีความเป็นครู มีคุณธรรมและจริยธรรม

2.3.5 ความคาดหวังของผู้ใช้บัณฑิตต้องการให้บัณฑิตเป็นผู้มีความสามารถมีความรู้พร้อมที่จะพัฒนาและพัฒนาตนเองตลอดเวลา

2.3.6 ความคาดหวังของผู้ใช้บัณฑิตต้องการให้บัณฑิตมีคุณธรรมและจริยธรรม มีความเป็นครู และรักในวิชาชีพครู

2.3.7 ความคาดหวังของผู้ใช้บัณฑิตต้องการให้บัณฑิตรักในวิชาชีพครูและมีความเป็นครู

2.3.8 สมรรถนะของบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์เป็นไปตามเป้าหมายของหลักสูตร

2.4 การประเมินและติดตามผลการผลิตครูวิทยาศาสตร์

2.4.1 ควรมีการประเมินและติดตามผลการปฏิบัติงานของบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์ที่จบใหม่ เพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิต พัฒนาองค์ความรู้และทักษะในวิชาชีพครู

2.4.2 ควรมีการประเมินและติดตามผลเพื่อพัฒนา สร้างเครือข่ายครูวิทยาศาสตร์และเพื่อความเข้มแข็งในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.4.3 การประเมินและติดตามผลควรเป็นความรับผิดชอบของเครือข่ายสถาบันการผลิตร่วมมือกับองค์กรทางการศึกษา โดยกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการให้สอดคล้องกับความต้องการ เช่น มีการสำรวจความต้องการพัฒนาตนเองของบัณฑิตหลังจบการศึกษา

2.4.4 มีการประเมินและติดตามผลด้านสมรรถนะของบัณฑิตอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

2.4.5 สมรรถนะของบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์เป็นไปตามที่ผู้ใช้บัณฑิต/สถานศึกษาต้องการ

2.4.6 ตั้งเกณฑ์สมรรถนะในการประเมิน มีการประเมินต่างกันขึ้นกับระยะเวลาที่ทำงาน เช่น ครูประจำการ ครูชำนาญการ

2.4.7 เมื่อจบการศึกษาตามหลักสูตร นิสิต/นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์สามารถไปประกอบวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายของหลักสูตร

2.4.8 หน่วยงานการผลิตครูวิทยาศาสตร์ต้องมีการติดตาม ประเมินผลและรับผิดชอบ เมื่อบัณฑิตขาดคุณสมบัติหรือบกพร่องในคุณลักษณะใดต้องอบรมและพัฒนา โดยจัดตั้งเป็นศูนย์พัฒนาในทุกด้านที่สอดคล้องกับความต้องการของโรงเรียน

2.4.9 หลังจบการศึกษาควรมีโครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การวัดและประเมินผล มีโครงการแลกเปลี่ยนและสร้างเครือข่ายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.4.10 ควรมีการส่งเสริมบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์ด้านความรับผิดชอบ และคุณลักษณะความเป็นครูความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สรุปว่าการผลิตครูวิทยาศาสตร์ในอนาคตควรคำนึงถึง 1)ปัจจัยการผลิตครูวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย หน่วยงานร่วมผลิตครู สถาบันผลิตส่งเสริมการทำวิจัยและพัฒนา มีทั้งในระบบปิดและระบบเปิด ตลอดจนประกันการมีงานทำ รับผู้เข้าศึกษาโดยกำหนดผลการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ไม่ต่ำกว่า 2.75 และรับผู้ที่มีทัศนคติที่ดีต่อวิชาชีพครู มีการทดสอบการเข้าศึกษาด้านความรู้และความถนัดวิชาชีพครู และทดสอบด้านจิตวิทยา การใช้ภาษาและบุคลิกภาพ โดยสถาบันผลิตครู และได้ผลคะแนนผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด 2) กระบวนการผลิตครูวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยกระบวนการผลิตที่มีการเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงานการผลิตและผู้ใช้บัณฑิต ควรมีหลักสูตรแกนกลางและมีการจำกัดการผลิต หน่วยงานการผลิตร่วมกันวางแผนพัฒนามาตรฐานการผลิตครูให้มีมาตรฐาน ทำความเข้าใจแนวทางผลิตครูกับครูพี่เลี้ยงและสถานศึกษา มีโครงสร้างหลักสูตร 3 หมวดวิชา คือ 1) หมวดวิชาการศึกษาทั่วไป เพื่อเสริมสร้างความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ 2) หมวดวิชาเฉพาะด้าน เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ และ 3) หมวดวิชาเลือกเสรี ส่งเสริมนิสิต/นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ เปิดโอกาสให้เรียนรู้ตามความถนัดและความสนใจ มีกระบวนการหล่อหลอมความเป็นครูมีการฝึกประสบการต่อเนื่อง 1 ปี ควรสังเกตการณ์สอนตั้งแต่ชั้นปีที่ 1 ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์การเป็นแบบอย่างที่ดีในวิชาชีพครู และการได้สอนตรงตามวุฒิ ตลอดจนมีการจัดทดสอบวัดคุณสมบัติด้านวิชาชีพครู วิชาวิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ และการประเมินสมรถนะของนักศึกษาครูก่อนออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู 3)ผลการผลิตครูวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย การตั้งเป้าหมายการผลิตอย่างชัดเจน มีคุณลักษณะบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ดีและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมที่จะพัฒนาและพัฒนาตนเองตลอดเวลา มีความเป็นครู มีคุณธรรมและจริยธรรม 4.)การประเมินและติดตามผลการผลิตครูวิทยาศาสตร์จะต้องประกอบด้วย ติดตามบัณฑิตจบใหม่ สร้างเครือข่ายครูวิทยาศาสตร์เพื่อความเข้มแข็งในการจัดการเรียนรู้ สมรรถนะของบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์เป็นไปตามที่ผู้ใช้บัณฑิต/สถานศึกษาต้องการ และมีการประเมินอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

หลังจบการศึกษาควรมีโครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การวัดและประเมินผล มีโครงการแลกเปลี่ยนและสร้างเครือข่ายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ส่งเสริมบัณฑิตครูวิทยาศาสตร์ด้านความรับผิดชอบ และคุณลักษณะความเป็นครูความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3. มาตรฐานการผลิตครูตามแนวคิดสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การพัฒนาคุณภาพของครู ด้านความรู้และความสามารถใน การจัดการเรียนการสอน ถือเป็น ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการยกระดับ คุณภาพการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งในการพัฒนา ดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยมาตรฐาน ครูวิทยาศาสตร์และมาตรฐานครู คณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการ ประเมินผลงานและเตรียมความ พร้อมของบุคลากรครูให้มีการพัฒนาคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานสากล รวมทั้งให้สถานศึกษาได้ใช้เป็นแนวทางในการประเมินและพัฒนาครูให้มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนตามมาตรฐาน ที่กำหนด สาระสำคัญของมาตรฐาน ครูวิทยาศาสตร์มี 10 มาตรฐาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ดังนี้

มาตรฐานที่ 1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เข้าใจเนื้อหาสาระ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างครอบคลุม หลักสูตร และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบสอบหาความรู้และการ แก้ปัญหา รวมทั้งจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้สาระการเรียนรู้มีความหมายต่อ ผู้เรียน

มาตรฐานที่ 2 การใฝ่เรียนรู้และพัฒนาวิชาชีพของตนเอง และนำความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ มีความสนใจใฝ่เรียนรู้และพัฒนาวิชาชีพของตนเองอย่างต่อเนื่องและ นำความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้จัดการเรียนรู้และปฏิบัติงานที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและสังคม โดยคำนึงถึงคุณธรรมและจริยธรรม

มาตรฐานที่ 3 การจัดโอกาสในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนตาม ระดับการเรียนรู้และพัฒนาการของผู้เรียน เข้าใจระดับการเรียนรู้และพัฒนาการของผู้เรียน จัดโอกาสในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้พัฒนาทางสติปัญญา สังคม ร่างกาย และบุคลิกภาพ

มาตรฐานที่ 4 การจัดกระบวนการเรียนรู้ ตามความแตกต่างของผู้เรียน เข้าใจความแตกต่างของผู้เรียนและใช้เป็นข้อสนเทศ พื้นฐานในการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ

มาตรฐานที่ 5 การนำวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมมาใช้พัฒนากระบวนการคิดและการ เรียนรู้ของผู้เรียน เข้าใจหลักการเรียนรู้และใช้วิธีการเรียนรู้อย่างหลาก หลาย เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิด วิเคราะห์วิจารณ์ การแก้ปัญหาและพัฒนาทักษะปฏิบัติ

มาตรฐานที่ 6 การสร้างแรงกระตุ้นให้ ผู้เรียนเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ เข้าใจถึงแรงกระตุ้นและพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียน หรือกลุ่มของผู้เรียนและสามารถสร้างสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่จูงใจให้ผู้เรียนสนใจและเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้

มาตรฐานที่ 7 การใช้ทักษะการสื่อสารเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ มีทักษะการสื่อสารสามารถใช้ภาษาอย่างถูกต้อง ทั้งการพูดและการเขียน ตลอดจนใช้สื่อโสตทัศนูปกรณ์และเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ในการสืบสอบหาความรู้ การแก้ปัญหา และการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีในการทำงานร่วมกัน

มาตรฐานที่ 8 การพัฒนาหลักสูตรและการวางแผนการจัดการเรียนรู้ พัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาและจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ตามเป้าหมาย โดยคำนึงถึงคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียนและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน

มาตรฐานที่ 9 การประเมินผลเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ใช้วิธีการประเมินผลตามสภาพจริงได้อย่างครอบคลุมสมรรถภาพของผู้เรียน ทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการ เจตคติ และนำผลการประเมินไปใช้พัฒนาการ เรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง

มาตรฐานที่ 10 การนำชุมชนมาร่วมจัดการศึกษา และพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ส่งเสริมให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างสถานศึกษากับชุมชน และเปิดโอกาสให้ผู้ปกครอง ชุมชน และองค์กร มี ส่วนร่วมสนับสนุนการจัดการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้ ของผู้เรียน

4. การผลิตครูวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยกับการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

การผลิตครูวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจากอดีตจนถึงปัจจุบันนั้น จะพบว่าได้เน้นเรื่องการพัฒนาทั้งเรื่องความรู้และความเป็นครู โดย สุวิชา วันสุดล และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอนาคตภาพของการผลิตครูวิทยาศาสตร์ในทศวรรษหน้า ว่าในหมวดวิชาเฉพาะด้านควรครอบคลุมในส่วนของวิชาเอกเดี่ยวและวิชาเอกคู่ในเนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาจิตวิทยาสำหรับเด็ก จิตวิญญาณความเป็นครู และควรเน้นทั้งทฤษฎีและปฏิบัติคู่กัน และสอดคล้องกับมาตรฐานการผลิตครูตามแนวคิดสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่าสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้ความสำคัญเรื่องการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นลำดับแรก ซึ่งปรากฏอยู่ในมาตรฐานที่ 1 ได้กล่าวถึง ความเข้าใจเนื้อหาสาระแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างครอบคลุมหลักสูตร และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบสอบหาความรู้และการแก้ปัญหา รวมทั้งจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้สาระการเรียนรู้มีความหมายต่อผู้เรียน และการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนได้ปรากฏอยู่ในมาตรฐาน 2 กล่าวถึงการใฝ่เรียนรู้และพัฒนาวิชาชีพของตนเอง และมาตรฐานที่ 6 การสร้างแรงกระตุ้นให้ ผู้เรียนเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ เข้าใจถึงแรงกระตุ้นและพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียน หรือกลุ่มของผู้เรียน

และสามารถสร้างสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่จูงใจให้ผู้เรียนสนใจและเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้

ทฤษฎีเกี่ยวกับแนวคิด

1. ความหมายของแนวคิด

ความหมายของแนวคิดนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาและพบว่ามีผู้ให้ความหมายไว้หลากหลายดังต่อไปนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540, น. 40) ได้ให้ความหมายของคำว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนว่า หมายถึง ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อโลกที่เขาอาศัยอยู่และต่อความหมายของคำที่นักเรียนได้รับก่อนที่นักเรียนจะได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียน แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้พัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนเข้าใจโลกที่เขาอาศัยอยู่ โดยอาศัย ประสบการณ์ความรู้ในปัจจุบัน และจากภาษาของตนเอง

พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ (2553) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ ความเข้าใจรวบยอดต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ของบุคคล หรือกลุ่มคนที่สอดคลองกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

สมพิศ ภูมิช่วง (2553) สรุปว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยใช้หลักฐานที่ค้นพบเป็นข้อมูลเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์นั้นซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามหลักฐานที่ค้นพบใหม่ และได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์

ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์ (2553) ได้ให้ความหมายว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง ที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้ลงความเห็นร่วมกัน

ศิริพร นิลโคตร (2555) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความคิดความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งและเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน

ดังนั้นแนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจ ภายในตัวของบุคคลที่จะตีความและสรุปความเกี่ยวกับ สิ่งใดสิ่งหนึ่ง อันเป็นผลที่เกิดจากการสังเกต ประสบการณ์เดิมที่มีอยู่หรือการได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลผลเป็นข้อสรุป

2. การจัดกลุ่มแนวคิด

จากการศึกษาเอกสารสามารถสรุปการจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 ลักษณะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม (Marek, Eubanks, & Gallaher, 1990, p. 825) มีวิธีการจัดกลุ่มดังนี้

2.1.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึงคำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

2.1.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึงคำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

2.1.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Limited Understanding) หมายถึงคำตอบที่มีบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ถูกต้องและบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.1.4 แนวคิดไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงถึงความไม่เข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ

2.2 การแบ่งกลุ่มแนวคิดเป็น 5 กลุ่ม (เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง, และนฤมล ยุตาคม, 2550) โดยใช้หลักของ Haidar (1997) มีวิธีการจัดกลุ่มดังนี้

2.2.1 กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding, SU) หมายถึง ผู้เรียนตอบได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันครบทุกแนวคิด

2.2.2 กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง ผู้เรียนตอบได้สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 แนวคิดแต่ไม่มีส่วนผิด

2.2.3 กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Misunderstanding, PU & MU) หมายถึง ผู้เรียนตอบได้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ปัจจุบันบางส่วนและมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้อง

2.2.4 กลุ่มที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Misunderstanding, MU) หมายถึง คำตอบของผู้เรียนไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

2.2.5 กลุ่มที่ไม่ตอบคำถาม หรือตอบคำถามว่าไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) หมายถึง ผู้เรียนไม่ได้ตอบคำถามหรือตอบว่าไม่เข้าใจหรือจำไม่ได้

2.3 การแบ่งกลุ่มแนวคิดเป็น 6 กลุ่ม (ชาตรี สำราญ, 2544) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 แนวคิดถูกต้อง หมายถึง แสดงแนวคิดที่เป็นไปตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คำตอบที่แสดงถึงความเข้าใจทฤษฎีอย่างลึกซึ้ง

2.3.2 แนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่กล่าวถึงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงคำตอบที่ถูกต้องแต่ไม่กล่าวถึงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.3.3 แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ไม่กล่าวถึง

2.3.4 แนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบที่มีบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ถูกต้องและบางองค์ประกอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.3.5 แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง หมายถึง คำตอบเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.3.6 ไม่มีแนวคิด หมายถึง ไม่มีคำตอบเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถามหรือตอบว่าไม่ทราบ

จากการแบ่งกลุ่มแนวคิดทั้ง 3 รูปแบบจะมีความคล้ายคลึงกันแต่จะแตกต่างที่ความละเอียดในการจำแนกประเภทแนวคิด สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกรูปแบบการแบ่งแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่ม ตามการแบ่งกลุ่มแนวคิดของ Haidar (1997) เพราะมีความละเอียดเหมาะสมในการวิเคราะห์ ข้อมูลและสอดคล้องกับแบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิดที่ผู้วิจัยเลือกใช้

3. แนวคิดคลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์

จากการศึกษางานวิจัยผู้วิจัยพบว่าในรายวิชาฟิสิกส์นั้นมีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคณะ (2548, น. 150-165) ได้ศึกษาวิจัยสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จากทั้งหมด 6 หัวข้อ คือ กลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้า แม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ พบว่า

1. แนวคิดเรื่องกลศาสตร์นั้นพบ ว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดและ เวลามากที่สุด รองลงมา คือ ระยะทางและการกระจัด และกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันกรณีวัตถุ เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว ตามลำดับ ในทางกลับ กันพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสมดุลต่อการหมุนมากที่สุด รองลงมา คือ กฎ แรงดึงดูดระหว่างมวลและงาน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยว กับงานและแรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลวมากที่สุด รองลงมา คือ สมดุลต่อการหมุน กราฟแสดงความ สัมพันธ์ระหว่างการกระจัดและเวลา และพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์

2. แนวคิดเรื่องคลื่นนั้น พบว่านิสิตนัก ศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่ปลายข้างหนึ่งตรึงแน่นมากที่สุด รองลงมา คือ อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ คลื่น และตัวกลางในการเคลื่อนที่ ตามลำดับ ในทางกลับกัน พบว่านิสิตนักศึกษามี

แนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการแทรกสอดของคลื่นบีตส์ของคลื่นเสียง และปรากฏการณ์ดอปเปลอร์มากที่สุด รองลงมา คือ อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ และพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่ปลายข้างหนึ่งตรึงแน่นมากที่สุด รองลงมาคือ อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ

3. แนวคิดเรื่องไฟฟ้าแม่เหล็กนั้น พบว่า นิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกฎของคูลอมบ์มากที่สุด รองลงมา คือ แรงระหว่างประจุไฟฟ้าและประจุไฟฟ้าและความจุไฟฟ้า ตาม ลำดับ ในทางกลับกัน พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับกฎของเลนซ์มากที่สุด รองลงมา คือ ความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวดตัวนำและการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก ตามลำดับ และพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับทิศของแรงทางไฟฟ้าและสนามไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ แรงระหว่างประจุไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้าของเส้นลวดตัวนำ ตามลำดับ

4. แนวคิดเรื่องความร้อนและอุณหพลศาสตร์นั้น พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปพลังงานศักย์เป็น พลังงานความร้อนมากที่สุด รองลงมา คือ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ และพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ตามลำดับ ในทางกลับกัน พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูก ต้องเกี่ยวกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส มากที่สุด รองลงมา คือ พลังงานไฟฟ้าและพลังงาน ความร้อน และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความ ดัน และอุณหภูมิ และสมบัติของแก๊ส ตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่คลาด เคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์การพาความร้อนมากที่สุด รองลงมา คือ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ทั้งนี้ยังพบว่าแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์การพา ความร้อน และสมบัติของแก๊สนั้น ไม่มีนิสิตนักศึกษาคนใดมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เลย

5. แนวคิดเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น พบ ว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และสมบัติของ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ การแทรกสอดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามลำดับ ในทางกลับกัน พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ การ แทรกสอดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และความถี่ของ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ตามลำดับ นอกจากนั้น พบว่า นิสิตนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิด คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมา คือ สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทั้งนี้ยังพบว่าแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดแถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น ไม่มีนิสิตนักศึกษาคนใดตอบถูกเลย

6. แนวคิดเรื่องฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์ นิวเคลียร์นั้น พบว่านิสิตนักศึกษามีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสัญลักษณ์นิวเคลียร์มากที่สุด รองลงมา คือ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ และการสลายตัวให้ อนุภาคแอลฟา ตามลำดับ ในทางกลับกัน พบว่า นิสิตนักศึกษามีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการ

ยิง อนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำมากที่สุด รองลงมา คือ การทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกน และปรากฏการณ์ โฟโตอิเล็กตริก ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่านิสิต นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปฏิกิริยา นิวเคลียร์มากที่สุด รองลงมา คือ การทดลองหยด น้ำมันของมิลลิแกน ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก การสลายตัวให้อนุภาคแอลฟา และการยิงอนุภาค แอลฟาไปยังแผ่นทองคำ ตามลำดับ

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2554, 21-36) ได้รวบรวมแนวคิดคลาดเคลื่อนของฟิสิกส์ โดยจำแนกตามขอบเขตของเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดคลาดเคลื่อนในการอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ แล้วเกิดการบอกเล่าต่อ ๆ กันมา โดยอาจมีความคลาดเคลื่อนจากการตีความของบุคคล เช่น แนวคิดคลาดเคลื่อนว่าดวงจันทร์ไม่ได้อยู่บนท้องฟ้าในเวลากลางวันเพราะมองไม่เห็นดวงจันทร์ในเวลากลางวัน การเกิดความคลาดเคลื่อนนี้เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจมีน้อยเกินไปหรือเกิดข้อจำกัดในการสังเกต การใช้ความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ไม่เพียงพอ และการใช้สามัญสำนึกทั่วไปในการตีความหรือการตีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความเชื่อทางศาสนา

2. เนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ มีรายงานจากการวิจัยพบว่าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องธรรมชาติของแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันว่า ถ้าวัตถุไม่เคลื่อนที่แสดงว่าไม่มีแรงกระทำกับวัตถุนั้น และแรงเป็นสมบัติของวัตถุ เมื่อวัตถุปราศจากแรง วัตถุจะหยุดการเคลื่อนที่ ในเรื่องแรงเสียดทานผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าถ้าวัตถุไม่เคลื่อนที่จะไม่มีแรงเสียดทาน และในเรื่องแรงโน้มถ่วงผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า แรงโน้มถ่วงจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่

3. เนื้อหาเรื่องแสงและการมองเห็น มีรายงานจากการวิจัยพบว่าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องธรรมชาติของแสงว่า แสงเดินทางไปได้ไกลเท่ากับที่ตาของผู้สังเกตเห็น เนื่องจากมีความเข้าใจว่าการเห็นแสงเกิดจากประสาทตาถูกกระตุ้น และตัวกลางทึบแสงนั้นแสงสามารถผ่านได้แต่น้อยมาก ในเรื่องการเกิดภาพจากกระจกและเลนส์ ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาราบเกิดบนกระจก และภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเหมือนกับวัตถุทุกประการในเรื่องการหักเหของแสง ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า เมื่อแสงเดินทางจากน้ำมันไปยังน้ำ จะเกิดการหักเหของแสงเกิดขึ้นโดยแนวรังสีหักเหเบนเข้าหาเส้นปกติ และการมองเห็นตำแหน่งของปลาในสระน้ำ จะมองเห็นปลาอยู่ตื้นกว่าความเป็นจริง และในเรื่องการมองเห็นผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า การมองเห็นเกิดจากมีแสงจากดวงตาไปยังวัตถุ และการมองเห็นแท่งเทียนในห้องมืดได้เพราะมีตา

4. เนื้อหาเรื่องเสียงและการได้ยิน มีรายงานจากการวิจัยพบว่าในเรื่องธรรมชาติของเสียงผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเสียงเป็นคลื่นตามขวาง และเสียงสามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ ในเรื่องของการเกิดเสียงผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเสียงที่เกิดจากเครื่องเป่าเพราะเครื่องเป่า

เกิดการสั่น ในเรื่องของการได้ยินเสียง ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าความดังและระดับเสียงเป็นสิ่งเดียวกัน

5. เนื้อหาเรื่องไฟฟ้า มีรายงานจากการวิจัยพบว่าในเรื่องไฟฟ้าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าวัตถุที่มีประจุบวกเป็นเพราะวัตถุนั้นได้รับโปรตอนเพิ่มมากขึ้น และวัตถุที่มีประจุบวกเป็นเพราะประจุลบที่มีอยู่ถูกทำลายไป และพบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนกับคำว่าเปิดและปิดสวิตช์ที่สัมพันธ์กับการติดและดับของหลอดไฟ และกลไกการเปิดและปิดของวงจรไฟฟ้า โดยคำว่าเปิดสวิตช์ตามความเข้าใจของผู้เรียนว่าหลอดไฟจะเปิดหรือสว่าง ซึ่งที่แท้จริงคำว่าเปิดที่เป็นวงจรไฟฟ้า หลอดไฟจะดับ

6. เนื้อหาเรื่องคลื่นและปรากฏการณ์คลื่น มีรายงานการวิจัยพบว่าในเรื่องคลื่นและปรากฏการณ์คลื่น ผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า คลื่นจำเป็นต้องมีตัวกลางในการเคลื่อนที่ และคลื่นไม่มีพลังงาน

โชคชัย ยืนยง, สุนันท์ สังข์อ่อง, และธีระศักดิ์ วีระภาสพงษ์ (2548, น. 42-51) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับพลังงานของนักเรียนไทยและนักเรียนนิวซีแลนด์ พบว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่ใช้กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและแหล่งพลังงานอธิบายนิยามของพลังงาน แต่นักเรียนนิวซีแลนด์ใช้กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการมีพลังงานสะสมมาอธิบาย ส่วนแนวคิดกฎการอนุรักษ์พลังงานของนักเรียน พบว่า ทั้งนักเรียนไทยและนักเรียนนิวซีแลนด์รับรู้ว่าเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการเก็บและประหยัดพลังงาน

กรีฑา แก้วคง, และชนิตา อยู่สุขขี (2560, น. 46-52) ศึกษาพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดว่าโลหะเป็นตัวนำความร้อน และความร้อนจะถ่ายโอนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนบางส่วนยังมีความสับสนระหว่างการนำและการพาความร้อน

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, และวรรณทิพา รอดแรงค้า (2552) ได้กล่าวถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องแสงและการมองเห็น ได้แก่ แสงเดินทางไปได้ไกลเท่ากับที่ตาของผู้สังเกตเห็น เพราะคิดว่าการเห็นแสงเป็นเพราะประสาทตาถูกกระตุ้น แสงเดินทางไปได้ไกลเท่าที่พลังงานที่มันมีอยู่ แสงจะออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางรอบ ๆ ของแหล่งกำเนิดเท่านั้นไม่ได้คำนึงถึงการที่แต่ละจุดของแหล่งกำเนิดแสงจะมีแสงออกมาในลักษณะขยายออกเมื่อวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบจะเกิดเงาของวัตถุบนกระจก ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเหมือนกับวัตถุทุกประการ ภาพของวัตถุจะเกิดตามแนวของวัตถุและผู้สังเกต เมื่อวางวัตถุอยู่หน้ากระจกเว้าที่ระยะระหว่างโฟกัสและจุดศูนย์กลางความโค้ง ภาพที่เกิดขึ้นหลังกระจกจะมีขนาดเท่ากับวัตถุที่ระยะระหว่างโฟกัสและจุดศูนย์กลางความโค้ง การมองเห็นตำแหน่งของปลาในสระน้ำ จะมองเห็นปลาอยู่ลึกกว่าความเป็นจริง เมื่อแสงขาวเดินทางผ่านปริซึมจะเกิดการหักเหและกระจายออกเป็นสเปกตรัม 7 สี โดยที่ สีม่วงจะหักเหน้อยที่สุดและสีแดงจะ

หักเหมากที่สุด การมองเห็นเกิดจากมีแสงจากดวงตาไปยังวัตถุ สีของวัตถุเป็นสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุ สีของวัตถุขึ้นอยู่กับแสงที่วัตถุนั้นดูดเข้าไป แผ่นกรองแสงจะทำหน้าที่เปลี่ยนสีของแสงที่ผ่านออกไป

Tanahoung, Chitaree, & Soankwan (2010, pp. 82-94) ได้ศึกษาและจำแนกความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับอุณหภูมิความร้อน ความร้อนแฝงความจุความร้อนจำเพาะสมดุลทางความร้อนและการนำความร้อน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ให้คำตอบที่น่าพอใจสำหรับคำถามปลายเปิด เนื่องจาก พวกเขาไม่สามารถอธิบายคำจำกัดความและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และนักเรียนส่วนใหญ่ขาดแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการนำความร้อนแม้ว่าจะได้รับการเรียนไปแล้วในระดับมัธยมศึกษา และยังเสนอแนะว่าวิธีการสอนที่มีผลอย่างมากต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้บางส่วนจะใช้วิธีการเรียนรู้ที่แบบลงมือปฏิบัติเพื่อช่วยให้นักเรียนปรับปรุงความเข้าใจ

Twigger et al. (1994) ได้กล่าวถึงแนวคิดทางเลือกคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ได้แก่ ถ้าวัตถุไม่เคลื่อนที่แสดงว่าไม่มีแรงกระทำกับวัตถุนั้น แรงเป็นสมบัติของวัตถุ เมื่อวัตถุปราศจากแรงวัตถุจะหยุดการเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่จะต้องมีแรงในทิศทางของการเคลื่อนที่ เมื่อผลักวัตถุไปแล้ว ยังมีแรงจากการผลักกระทำต่อวัตถุอยู่ แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยากระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกัน วัตถุเคลื่อนที่ได้เพราะมีแรงผลักที่มีขนาดมากกว่าน้ำหนักของวัตถุ แรงกระทำและแรงเสียดทานแปรผันตรงกันตลอดเวลา ไม่ว่าวัตถุนั้นยังไม่เคลื่อนที่หรือกำลังเคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ไปแล้ว ถ้าวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ จะไม่มีแรงเสียดทาน แรงโน้มถ่วงจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ วัตถุจะไม่มีแรงโน้มถ่วงกระทำเมื่อวัตถุวางนิ่งอยู่บนพื้น ความเร็วของวัตถุขึ้นอยู่กับขนาดแรงโน้มถ่วงที่กระทำบนวัตถุ

Linder, & Erickson (1989) ได้กล่าวถึงแนวคิดทางเลือกคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องเสียงและการได้ยิน ได้แก่ เสียงเป็นคลื่นตามขวาง เสียงสามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ เสียงไม่สามารถเดินทางผ่านของเหลวและของแข็งได้ เสียงกับการสั่นเป็นสิ่งเดียวกัน เสียงเหมือนกับโมเลกุลซึ่งเราจะได้ยินเสียงดังหรือค่อยนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วของโมเลกุลที่มาชนเรา อัตราเร็วของคลื่นเสียงขึ้นอยู่กับความถี่ของการสั่นของตัวกลางและความยาวคลื่น เสียงที่เกิดจากเครื่องเป่าเพราะเครื่องเป่าเกิดการสั่น ระดับเสียง (สูง-ต่ำ) ขึ้นอยู่กับความหนักเบาของการสั่นที่กระทำให้กับวัตถุ ความดังและระดับเสียงเป็นสิ่งเดียวกัน

Lee, & Law (2001) ได้กล่าวถึงแนวคิดทางเลือกคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องไฟฟ้า ได้แก่ วัตถุที่มีประจุบวกเป็นเพราะวัตถุนั้นได้รับโปรตอนเพิ่มมากขึ้น วัตถุที่มีประจุบวกเป็นเพราะประจุลบที่มีอยู่เกิดการถูกทำลายไป กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่จากแบตเตอรี่ไปยังหลอดไฟแต่ไม่ได้เคลื่อนที่จากหลอดไฟไปยังแบตเตอรี่ น้ำบริสุทธิ์เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี แรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับวัตถุ วัตถุที่มีประจุนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง เมื่อหลอดไฟสว่างนั้นแสดงว่าอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปเป็นแสงสว่างแบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่จะทำให้หลอดไฟสว่างมากกว่าแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็ก

Kryjevskaia, Stetzer, & Heron (2012) แนวคิดทางเลือกคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องคลื่นและปรากฏการณ์คลื่น ได้แก่ คลื่นทำหน้าที่ส่งผ่านอนุภาค คลื่นจำเป็นต้องมีตัวกลางในการเคลื่อนที่ คลื่นไม่มีพลังงาน ความเร็วของคลื่นในเส้นเชือกขึ้นอยู่กับความถี่ เมื่อคลื่นเกิดการหักเหความถี่ของคลื่นจะเปลี่ยนไป

จากข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่มีต่อเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ซึ่งยังมีอีกเป็นจำนวนมาก และมีผลทำให้ผู้เรียนเกิดความยากลำบากในการเรียนรู้ ดังนั้นจึงเป็นงานสำคัญของผู้สอนที่จำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดเดิมของผู้เรียน ต้องทำการศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนที่มีต่อเนื้อหาฟิสิกส์ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อทำให้การเตรียมจัดการเรียนการสอนอย่างเหมาะสมช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่ไปสู่ความรู้ใหม่ได้แนวคิดที่ถูกต้อง

4. เครื่องมือประเมินแนวคิด

เครื่องมือประเมินแนวคิดแต่ละรูปแบบได้รับการพัฒนาและใช้โดย นักวิจัยเพื่อบ่งชี้แนวคิดของผู้เรียน โดยทั่วไปเครื่องมือประเมินดังกล่าวมักเป็นแบบสอบวินิจฉัย (diagnostic test) ที่สร้างได้หลายรูปแบบ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ (interview form) แบบสอบชนิดเขียนตอบ (open - ended test) แบบสอบชนิดเลือกตอบ (ordinary multiple - choice test)แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (two - tier multiple - choice test)แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ (three - tier multiple - choice test) และแบบสอบชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ (four - tier multiple - choice test) (Gurel, Eryilmaz, & McDermott, 2015) ซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิดต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนั้น ผู้นำเครื่องมือเหล่านี้ไปใช้ต้องตระหนักถึงข้อดีและข้อเสียดังกล่าวเพื่อที่จะได้นำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อดีและข้อเสียของแบบสอบวินิจฉัยแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ แต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังนี้ (วันเพ็ญ คำเทศ, 2560)

4.1 แบบสัมภาษณ์(interview form)

การสัมภาษณ์มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบความรู้สึกนึกคิดของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ลักษณะสำคัญของการสัมภาษณ์ คือ ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลเชิงลึกแต่ต้องใช้เวลานานในการสัมภาษณ์คนเป็นจำนวนมาก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี นอกจากนี้อคติของผู้ให้สัมภาษณ์ยังมีผลต่อข้อมูลที่เก็บรวมรวมและที่สำคัญ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ค่อนข้างยุ่งยาก (Adadan, & Savasci, 2012; Tongchai, Sharma, Johnston, Arayathanitkul, & Soankwan, 2009)

4.2 แบบสอบชนิดเขียนตอบ (open – ended test)

แบบสอบชนิดเขียนตอบแบบปลายเปิดนิยมใช้อย่างกว้างขวางในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสร้างได้ง่ายเพราะมีเพียงข้อคำถามเท่านั้น และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนตอบได้ตามแนวคิดของตนเอง ผู้ทำแบบสอบชนิดนี้ต้องใช้เวลานานในการคิดและ

เขียนคำตอบ แต่การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบว่าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนนั้นทำได้ยาก เนื่องจากอุปสรรคเกี่ยวกับการใช้ภาษาที่ผู้เรียนส่วนใหญ่มักขาดความกระตือรือร้นในการตอบให้ได้ใจความที่ครบถ้วนสมบูรณ์ (Al-Rubayea, 1996)

4.3 แบบสอบชนิดเลือกตอบ (ordinary multiple – choice test)

แบบสอบชนิดเลือกตอบได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อเสียของแบบสัมภาษณ์และแบบสอบชนิดเขียนตอบแบบปลายเปิดเกี่ยวกับการตรวจให้คะแนน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ซึ่งแบบสอบชนิดเลือกตอบสามารถบ่งชี้แนวคิดของผู้เรียนที่เป็นข้อมูลเชิงลึกและใช้วัดแนวคิดได้อย่างกว้างขวางและครอบคลุมแนวคิดที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน นอกจากนี้ แบบสอบชนิดเลือกตอบยังมีข้อดีอีก 7 ประการ ดังนี้ (Caleon, & Subramaniam, 2010)

1) สามารถวัดความรู้ของผู้เรียนได้หลายหัวข้อในระยะเวลาอันสั้น

2) เป็นข้อสอบอเนกประสงค์ หมายความว่า สามารถวัดได้หลากหลายทั้งระดับการเรียนรู้และทักษะทางปัญญาต่าง ๆ

3) สามารถตรวจให้คะแนนที่เห็นผลอย่างเป็นรูปธรรม

4) ใช้เวลาน้อยในการตรวจให้คะแนน

5) เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนที่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาแต่เขียนไม่เก่ง

6) เหมาะสมต่อการวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อ

7) ให้ข้อมูลเชิงวินิจฉัยความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนได้อย่างหลากหลาย

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแบบสอบชนิดเลือกตอบมีข้อดีหลายประการ แต่ข้อเสียของแบบสอบชนิดนี้ก็มีหลายประการเช่นกัน ดังนี้ (Chang, Yeh, & Barufaldi, 2010)

1) ผู้เรียนสามารถเดาคำตอบได้ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของแบบสอบ

2) ตัวเลือกมักไม่แสดงถึงความเข้าใจแนวคิดอย่างลึกซึ้งของผู้เรียน

3) ผู้เรียนถูกบังคับให้เลือกคำตอบจากตัวเลือกที่ถูกจำกัดซึ่งไม่ได้เป็นคำตอบจากความคิดของผู้เรียน

4) การสร้างข้อสอบชนิดเลือกตอบให้มีคุณภาพนั้นทำได้ยาก

4.4 แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (two – tier multiple – choice test)

แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อเสียของแบบสอบชนิดเลือกตอบ โครงสร้างของแบบสอบชนิดนี้ประกอบด้วยคำถามและส่วนของคำตอบ ซึ่งมี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นตัวเลือกที่เป็นคำตอบและตัวลวง และส่วนที่สองเป็นตัวเลือกที่เป็นเหตุผลที่ใช้ในการตอบตอบส่วนแรก ผู้เรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้งคำตอบและเหตุผล สำหรับตัวลวงนั้นได้มาจากแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสาร การสัมภาษณ์ และการให้ผู้เรียนทาแบบสอบชนิดเขียนตอบ แต่เนื่องจากผู้เรียนอาจมีเหตุผลอื่น ๆ

นอกเหนือจากที่กำหนดให้ จึงมีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการเพิ่มบรรทัดว่างไว้ให้ผู้ตอบเติมเหตุผลอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ แบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ ช่วยให้การตอบของผู้เรียนนั้นง่ายขึ้น และการมีเหตุผลให้เลือกประกอบคำตอบนั้นยังเป็นการลดการเดาคำตอบของผู้เรียน เนื่องจากทั้งคำตอบและเหตุผลต้องสอดคล้องกัน ผู้ตอบจึงจะได้คะแนน อย่างไรก็ตาม แบบสอบชนิดนี้ก็ยังมีข้อจำกัดในการจำแนกว่าการที่ผู้เรียนตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ (Peşman, & Eryılmaz, 2010)

4.5 แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ (three–tier multiple – choice test)

แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของแบบสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ โดยการเพิ่มส่วนที่ 3 ของส่วนคำตอบของข้อสอบซึ่งเป็นการให้ผู้ตอบเลือกว่ามั่นใจหรือไม่มั่นใจในคำตอบที่เลือกในส่วนที่ 1 (ตัวเลือกซึ่งเป็นคำตอบและตัวลวง) และส่วนที่ 2 (ตัวเลือกซึ่งเป็นเหตุผลของคำตอบที่เลือกในส่วนที่ 1) ผู้ตอบจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบส่วนที่ 1 และ 2 ได้ถูกต้องด้วยความมั่นใจ สำหรับผู้ตอบที่ตอบผิดทั้งส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 อย่างมั่นใจแสดงว่ามีแนวคิดคลาดเคลื่อน แต่ถึงกระนั้น ระดับความมั่นใจในส่วนที่ 3 นี้ ก็ไม่ได้บอกว่าผู้ตอบมั่นใจในคำตอบ ส่วนที่ 1 หรือ 2 ดังนั้น แบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับนี้ก็ยังไม่สามารถจำแนกว่าการที่ผู้เรียนตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ (Peşman, & Eryılmaz, 2010)

4.6 แบบสอบชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ (four – tier multiple – choice test)

แบบสอบชนิดเลือกตอบ 4 ระดับ ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของแบบสอบชนิดเลือกตอบ 3 ระดับ โดยการเพิ่มระดับความมั่นใจของการตอบต่อจากคำตอบส่วนที่ 1 ทำให้โครงสร้างของข้อสอบในส่วนของคำตอบมี 4 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 เป็นตัวเลือกของคำตอบและตัวลวง ส่วนที่ 2 เป็นระดับความมั่นใจของส่วนที่ 1 ส่วนที่ 3 เป็นตัวเลือกของเหตุผลที่ใช้ในการตอบส่วนที่ 1 และส่วนที่ 4 เป็นระดับความมั่นใจของส่วนที่ 3 ผู้ตอบที่ตอบถูกทั้งส่วนที่ 1 และ 3 ด้วยความมั่นใจ (ส่วนที่ 2 และ 4) จะได้คะแนนในข้อนั้น ส่วนผู้ที่ตอบผิดทั้งส่วนที่ 1 และ 3 ด้วยความมั่นใจ (ส่วนที่ 2 และ 4) จะวินิจฉัยได้ว่ามีแนวคิดคลาดเคลื่อนในข้อนั้น สำหรับคำตอบอื่นที่นอกเหนือจากนี้จะวินิจฉัยได้ว่าไม่มีความรู้ในข้อนั้น ๆ หรือหากตอบแล้วขัดแย้งกัน จะวินิจฉัยว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นในข้อนั้น

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกแบบสอบชนิดเขียนตอบ (open – ended test) แบบปลายเปิดในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียนในวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 เพราะสามารถเปิดโอกาสให้ผู้เรียนตอบได้ตามแนวคิดของตนเองอย่างอิสระ

แนวคิดเกี่ยวกับพลังสมรรถนะแห่งตน

คำว่า Self-efficacy ในประเทศไทยถูกนำมาใช้และแปลเป็นภาษาไทยได้หลากหลาย เช่น การรับรู้ความสามารถของตนเอง (ทัศนีย์ สีพรหม, และอนุ เจริญวงศ์ระยับ, 2561, น. 41) การรับรู้สมรรถนะในตนเอง ประไพรัตน์ แก้วศิริ, ชฎารัตน์ แก้วเวียงเดช, และวราพร มีแก้ว (2559) พลังสมรรถนะแห่งตน (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555, น. 359) เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “พลังสมรรถนะแห่งตน” ซึ่งเป็นความหมายที่ถูกระบุไว้ในพจนานุกรมศึกษาศาสตร์ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555, น. 359)

1. ความหมายพลังสมรรถนะแห่งตน

ความหมายของพลังสมรรถนะแห่งตนของครูที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน 2 กลุ่มแนวความคิด ดังนี้

ความหมายแรกอยู่บนพื้นฐานแนวความคิดทางสังคมของ Rotter (1996, as cited in Tschannen-Moran, Hoy, & Hoy, 1998, pp. 204-205) ซึ่งอธิบายถึง ความคาดหวังทั่วไปเกี่ยวกับการเสริมแรงภายในและการเสริมแรงภายนอก แนวคิดนี้ได้ให้ความหมายพลังสมรรถนะแห่งตนของครูว่า เป็นความเชื่อของครูว่าผลที่ตามมาจากการสอน คือ แรงจูงใจและการเรียนรู้ของนักเรียนอยู่ในความควบคุมของครู หรือเป็นผลมาจากการควบคุมภายใน

ความหมายที่สองอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีการรู้คิดเชิงสังคม (Social cognitive theory) ของ Bandura ซึ่งเป็นการขยายแนวคิดเกี่ยวกับพลังสมรรถนะแห่งตน (Self-efficacy) มาใช้ศึกษากับครู แนวคิดนี้อธิบายว่าพลังสมรรถนะแห่งตนของครูเป็นการประเมินของครูเกี่ยวกับความสามารถของตนเองที่จะทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงไปในทางบวก

Gibson, & Dembo (1984) ให้ความหมายว่า พลังสมรรถนะแห่งตนของครูเป็นความเชื่อว่าครูสามารถช่วยให้นักเรียนที่ขาดแรงจูงใจในการเรียนได้

Dellinger (2001) กล่าวว่า พลังสมรรถนะแห่งตนของครูหมายถึง การเชื่อในความสามารถของครูที่จะส่งผลต่อสมรรถนะของนักเรียน ซึ่งสมรรถนะของนักเรียนอาจจะมาจากผลจากการสอน หรือพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนเอง และพลังสมรรถนะแห่งตนของครูจะให้ความสำคัญที่การประสบความสำเร็จของสมรรถนะของนักเรียน

ณาตยา อุทยารัตน์ (2549, น. 24) กล่าวว่า การรับรู้ความสามารถแห่งตน หมายถึง ความเชื่อของบุคคลว่าจะทำพฤติกรรมนั้นได้ดี โดยที่บุคคลนั้นจะตัดสินใจการกระทำด้วยนเอง และยังส่งผลต่อการแสงออกถึงความพยายามที่จะกระทำพฤติกรรมนั้นได้ตามความสามารถที่บุคคลนั้นเชื่อว่ามีอยู่

ราชบัณฑิตยสถาน (2555, น. 359) กล่าวว่า พลังสมรรถนะแห่งตน หมายถึง การเห็นคุณค่าแห่งตนเป็นการประเมินคุณค่าของตนเองและทัศนคติที่มีต่อตนเองมีความเคารพและยอมรับในตนเองว่าตนเองมีความสาสามารถ ความสำคัญ ประสบความสำเร็จตลอดจนมีความเชื่อมั่นในคุณค่าแห่งตนเอง รวมไปถึงการรับรู้จากการประเมินของบุคคลอื่นที่มีต่อตนเอง ซึ่งสามารถรับรู้ได้จากการประเมินของบุคคลอื่นที่มีต่อตนเอง ซึ่งสามารถรับรู้ได้จากคำพูดและพฤติกรรมแสดงออกของบุคคลนั้น

ทัศนีย์ สีพรหม, และอนุ เจริญวงศ์ระยับ (2561, น. 41) กล่าวว่า พลังสมรรถนะแห่งตนของครู หมายถึง ความเชื่อของครูเกี่ยวกับ ความสามารถของตนเองในการจัดการ และการทำให้บรรลุผลสำเร็จในการปฏิบัติเกี่ยวกับการสอนในบริบทใดบริบทหนึ่ง

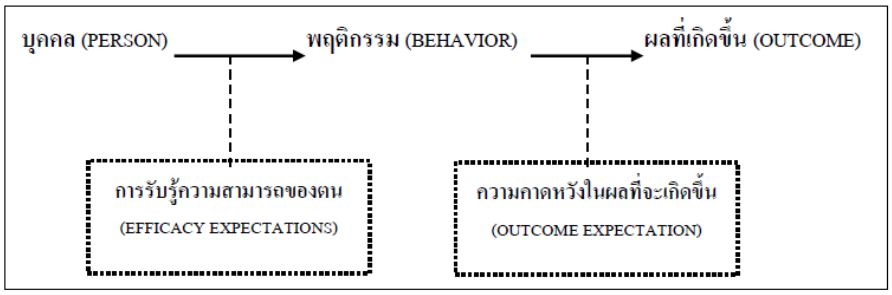
ดังนั้น พลังสมรรถนะแห่งตน หมายถึง การประเมินตนเองของนักศึกษาครูว่ามีพลังสมรรถนะแห่งตนอย่างไร ต่อความสามารถที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนและการปฏิบัติสอนในอนาคต

2. ทฤษฎีพลังสมรรถนะแห่งตน

นักการศึกษาได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับพลังสมรรถนะแห่งตนและได้ทำการศึกษาพร้อมกับให้นิยามเชิงทฤษฎีว่า (Bandura, 1994, p. 71) กล่าวว่า ความเชื่อของบุคคลเกี่ยวกับความสามารถในการกระทำว่าตนมีความสามารถในระดับที่จะกระทำสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตได้พลังสมรรถนะแห่งตนมีอิทธิพลต่อความคิดแรงจูงใจความรู้สึกและการเลือกที่จะปฏิบัติของบุคคลผู้ที่เชื่อมั่นในความสามารถของตนสูงจะมีผลต่อการประสบความสำเร็จในการจัดระบบและกระทำกิจกรรมที่ต้องทำเพื่อนำไปสู่การบรรลุผลตามที่กำหนดไว้ กล่าวคือ คนที่รับรู้ความสามารถของตนสูงจะมีความเครียดต่ำ จะไม่รู้สึกต่อตนเองในทางลบ เขาสามารถกระทำกิจกรรมหรือภาระงานที่มีความยากจะมีความพยายามไม่ท้อแท้โดยจะให้ความสนใจและพยายามที่จะกระทำจากเป้าหมายที่ตั้งไว้และนำเป้าหมายนั้นมาเป็นเงื่อนไขว่าจะต้องกระทำให้บรรลุเป้าหมายและถ้าประสบความล้มเหลวเขาจะไม่ท้อแท้แต่ให้เหตุผลว่า เนื่องจากการมีความพยายามไม่เพียงพอ จะไม่ให้เหตุผลว่าเนื่องมาจากตนเองมีความสามารถต่ำ (Bandura, 1986, p. 391; อุมาพร ตรังคสมบัติ, 2546, น. 15) แบนดูรา (Bandura, 1977, pp. 193-194) เสนอว่า พลังสมรรถนะแห่งตนนี้ สามารถใช้ทำนายพฤติกรรมของบุคคลได้ บุคคลจะกระทำพฤติกรรมใดหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ข้อคือ

1. พลังสมรรถนะแห่งตน (Efficacy Expectation) คือ การประมาณความสามารถของบุคคลว่าตนสามารถทำพฤติกรรมต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ได้เพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นเป็นความคาดหวังที่เกิดก่อนการกระทำ

2. ความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้น (Outcome Expectation) คือ ความเชื่อที่บุคคลประมาณค่าถึงพฤติกรรมเฉพาะอย่างที่จะปฏิบัติจะนำไปสู่ผลลัพธ์ตามที่คาดหวังไว้ เป็นการคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้นที่สืบเนื่องจากพฤติกรรมที่ได้ทำความแตกต่างระหว่างพลังสมรรถนะแห่งตน และความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้นแสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 ความแตกต่างระหว่าง พลังสมรรถนะแห่งตนและความคาดหวังในผลที่เกิดขึ้น

ที่มา: Bandura, 1977, p. 193

ปัจจัยทั้งสองส่วนมีผลต่อการกำหนดลักษณะการกระทำ การใช้ความพยายามในการกระทำและมีความเพียรพยายามในการกระทำ แสดงดังภาพ 2

		ความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้น	
		สูง	ต่ำ
การรับรู้ความสามารถของตน	สูง	มีแนวโน้มที่จะกระทำแน่นอน	มีแนวโน้มที่จะไม่กระทำ
	ต่ำ	มีแนวโน้มที่จะไม่กระทำ	มีแนวโน้มที่จะไม่กระทำแน่นอน

ภาพ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังสมรรถนะแห่งตน และความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้นต่อการตัดสินใจกระทำพฤติกรรมของบุคคล

ที่มา: Bandura, 1986, p. 239

จากภาพแสดงให้เห็นว่าพลังสมรรถนะแห่งตนกับความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กัน คือ หากบุคคลมีพลังสมรรถนะแห่งตนสูงและมีความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้นสูง บุคคลมีแนวโน้มที่จะตัดสินใจกระทำพฤติกรรมดังกล่าวสูงเช่นเดียวกัน แต่หากว่าบุคคลมีพลังสมรรถนะแห่งตนต่ำ จะมีความคาดหวังในผลที่เกิดขึ้นและการตัดสินใจกระทำพฤติกรรมต่ำ หมายความว่า ถึงแม้บุคคลนั้นจะรับทราบว่าผลจากการกระทำที่จะเกิดขึ้นนั้นมีผลดีเพียงใดก็ตาม เขาก็อาจจะไม่ตัดสินใจกระทำพฤติกรรมนั้นเนื่องจากเขาไม่มีความมั่นใจว่าจะสามารถกระทำพฤติกรรมนั้นได้

3. องค์ประกอบพลังสมรรถนะแห่งตน

มีนักการศึกษาได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบพลังสมรรถนะแห่งตน ไว้ดังนี้

Ashton (1984) ได้สรุปถึงพลังสมรรถนะแห่งตนเกี่ยวกับความเชื่อต่าง ๆ 3 ประการ คือ

1. ความเชื่อเกี่ยวกับระดับสติปัญญาของนักเรียน ว่าเป็นคุณลักษณะประจำตัวที่คงที่ (Stable trait) ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

2. ความเชื่อเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของครูกับการเรียนรู้ของนักเรียนว่ามีน้อยมาก

3. ความเชื่อเกี่ยวกับการยอมรับ การเปิดโอกาส การสนับสนุนอิสระในตน (Autonomy Supportive) ว่ามีความสัมพันธ์กับนักเรียนเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะนักเรียนที่ไม่สนใจเรียนหรือเป็นปฏิปักษ์กับครู

Gibson, & Dembo (1984, pp. 177-181) ได้รวบรวมผลการศึกษางานวิจัยอื่น ๆ แล้วสรุปพลังสมรรถนะแห่งตนของครูไว้ดังนี้

1. การศึกษาอบรมของครู (Teacher education) การได้รับการศึกษาอบรมของครูมีความสำคัญต่อพลังสมรรถนแห่งตน ครูส่วนใหญ่มักมีปัญหาในเรื่องการฝึก เตรียมพร้อมเพื่อจัดการกับชั้นเรียนในสภาพจริง เช่น ครูมีประสบการณ์ในการสอนนักเรียนที่มี ความสามารถในระดับกลางหรือสูง เมื่อเจอกับนักเรียนที่เรียนรู้ได้ช้า ก็อาจรู้สึกท้อแท้ได้ทำให้ ครูรู้สึกว่าตนขาดความรู้ขาดทักษะในการเผชิญกับปัญหา พลังสมรรถนะแห่งตนของครูจะเพิ่มมากขึ้นหากครูได้มีประสบการณ์ในการสอน และได้เผชิญหน้ากับปัญหาในสภาพการณ์ที่ หลากหลาย

2. ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual difference) ครูที่รับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนต่างกันจะอนุมานสาเหตุความสำเร็จหรือล้มเหลวในงานแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่าง ของการอนุมานสาเหตุนี้จะเชื่อมโยงไปตามการเห็นคุณค่าในตน (Self-esteem) เพศ และ ประสบการณ์ ตามวัฒนธรรมของแต่ละคนด้วย ครูที่พลังสมรรถนะแห่งตนสูงจะอนุมาน สาเหตุของความสำเร็จในการ

เรียนของนักเรียนว่ามาจากความสามารถของตน ส่วนครูที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนต่ำจะอนุมานสาเหตุว่ามาจากสิ่งภายนอก

3. โครงสร้างการจัดการของโรงเรียน (School organization structure) การจัดการของโรงเรียนที่แตกต่างกัน เช่น การจัดให้ครูได้ทำงานเป็นทีม การมีชั่วโมงโฮมรูมการจัดแบ่งเวลาการจัดกิจกรรม จะมีผลให้ครูมีพลังสมรรถนะแห่งตนแตกต่างกันด้วย

4. การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ (Participative decision making) พลังสมรรถนะแห่งตนของครูมีความสัมพันธ์กับการได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ หากครูได้มีส่วนร่วมในการติดสินใจเกี่ยวกับโครงการบางอย่าง จะทำให้ครูรับรู้ความสามารถของตนในโครงการนั้น

5. ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้ปกครอง (Parent-teacher relation) ครูจะรู้สึกท้อแท้เบื่อหน่าย เมื่อพบว่าผู้ปกครองของนักเรียนไม่ให้ความสนใจในกิจกรรมของโรงเรียน หรือไม่ แสดงการเห็นคุณค่าในการทำงานของครูและจะส่งผลต่อการรับรู้ความสามารถของครูในที่สุด

Bandura (1986, pp. 399-401) พลังสมรรถนะแห่งตน นั้นมีพื้นฐานมาจากแหล่งข้อมูล 4 แหล่ง คือ

1. ประสบการณ์ความสำเร็จจากการกระทำ (Enactive Attainment) จัดเป็นแหล่งที่สำคัญที่สุด เพราะเกิดจากประสบการณ์ความสำเร็จที่แท้จริงของบุคคลนั้น การประสบความสำเร็จของตนเองจะทำให้มีการประเมินความสามารถของตนเองสูงแต่หากประสบความล้มเหลวบ่อย ๆ จะทำให้ประเมินความสามารถของตนต่ำลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าความล้มเหลวหลายครั้งนั้นเกิดขึ้นเร็วกว่าเหตุการณ์ปกติและไม่ได้แสดงว่าขาดความพยายามหรือแสดงว่ามีเหตุการณ์ภายนอกที่ไม่พึงประสงค์เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง

2. การสังเกตตัวแบบ (Vicarious Experience) การที่เห็นบุคคลอื่นที่คล้ายคลึงกับตนทำกิจกรรมได้สำเร็จ ก็สามารถเพิ่มความรู้สึกว่าตนมีความสามารถ คือบุคคลนั้นจะเห็นว่าตนก็มีความสามารถที่จะทำกิจกรรมเดียวกันนั้นได้สำเร็จเช่นกัน และการที่สังเกตบุคคลอื่นที่เห็นว่ามีความสามารถใกล้เคียงกับตนประสบความล้มเหลวทั้ง ๆ ที่เขาได้ใช้ความพยายามมากแล้วก็จะทำให้การตัดสินความสามารถของตนต่ำลง และความพยายามก็จะลดลง

3. การชักจูงด้วยวาจา (Verbal Persuasion)การพูดชักจูงเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่จะทำ ให้บุคคลเชื่อว่าตนมีความสามารถที่จะทำกิจกรรมให้สำเร็จได้ ผู้ที่ถูกชักจูงมักจะมีความพยายามในการกระทำกิจกรรมนั้น ๆ มากขึ้น การพูดชักจูงที่จะได้ผลมากขึ้นจะต้องเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ การพูดชักจูงในเรื่องที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงอาจก่อให้เกิดความล้มเหลว ซึ่งจะทำให้ผู้ชักจูงไม่ได้รับความเชื่อถือจะเป็นการทำลายความรู้สึกของผู้ฟังว่าตนมีความสามารถได้

4. สภาวะทางกายและอารมณ์ (Physiological and Affective State) บุคคลมักจะใช้ข้อมูลด้านสภาวะทางร่างกายในการตัดสินความสามารถของตนสภาวะทางกายหมายรวมถึง ความอ่อนล้า ความเหนื่อยและความเจ็บปวดเมื่อบุคคลรับรู้ถึงสภาพร่างกายและภาวะทางอารมณ์ในทางบวกจะช่วยเพิ่มพลังสมรรถนะแห่งตน ในทางตรงข้ามถ้าสภาพภาวะของร่างกายและอารมณ์เป็นไปในทางลบจะลดพลังสมรรถนะแห่งตน ในบางกรณีถ้าลดการกระตุ้นทางอารมณ์ลงได้จะช่วยเพิ่มพลังสมรรถนะแห่งตนอันส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยยึดหลักของ Bandura เนื่องจากงานวิจัยทางการศึกษานิยมใช้รูปแบบของ Bandura (Gray, 2017; Menon, & Sadler, 2016)

4. ความสัมพันธ์ระหว่างพลังสมรรถนะแห่งตนและการกระทำพฤติกรรม

Bandura (1986, pp. 395-398) กล่าวว่า พลังสมรรถนะแห่งตนจะมีความสัมพันธ์กับการกระทำพฤติกรรมของบุคคลนั้นก็คือ ถ้าบุคคลมีความคาดหวังเกี่ยวกับความสามารถของตนเองในการกระทำพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งสูง บุคคลก็มีแนวโน้มที่จะกระทำพฤติกรรมนั้นสูงด้วยเช่นกัน ในทางตรงกันข้ามถ้าบุคคลมีพลังสมรรถนะแห่งตนในการกระทำพฤติกรรมนั้นต่ำ บุคคลก็มีแนวโน้มที่จะกระทำพฤติกรรมนั้นต่ำหรือไม่กระทำพฤติกรรมนั้นเลยก็ได้ อย่างไรก็ตามแบนดูรากล่าวว่าถึงแม้ว่าพลังสมรรถนะแห่งตนจะมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรม แต่ก็มีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ดังกล่าว ดังต่อไปนี้

1. ขาดสิ่งจูงใจหรือถูกสถานการณ์ภายนอกบังคับให้กระทำ บุคคลที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองสูงอาจจะไมก่ ระทำพฤติกรรมหากว่าขาดสิ่งจูงใจหรือปัจจัยที่ไม่เอื้ออำนวยให้กระทำหรือบุคคลไม่เต็มใจที่จะกระทำพฤติกรรมนั้น

2. การตัดสินผลกรรมที่ผิดพลาดไป นั่นก็คือ การที่บุคคลตัดสินเกี่ยวกับผลกรรมที่ตนเองจะได้รับจากการกระทำพฤติกรรมนั้นผิดพลาดไป ซึ่งทำให้บุคคลรู้สึกว่าไม่คุ้มค่าที่ตนจะกระทำพฤติกรรมนั้น

3. ความไม่ทันเหตุการณ์ในการประเมินความสามารถของตนเอง นั่นก็คือ เนื่องจากประสบการณ์ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ถ้าหากบุคคลไม่ได้ประเมินตนเองตลอดเวลาจะทำให้บุคคลตัดสินเกี่ยวกับความสามารถของตนเองผิดพลาดไป จะมีผลทำให้บุคคลไม่กระทำพฤติกรรม

4. บุคคลที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนในพฤติกรรมที่เป็นสภาพการณ์โดยภาพรวมสูงเขาอาจจะไม่กระทำพฤติกรรม เมื่อให้เขาทำพฤติกรรมที่เป็นทักษะย่อย ๆ ของสถานการณ์นั้นเพราะเห็นว่าไม่สำคัญ

5. การประเมินความสำคัญของทักษะย่อย ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการกระทำพฤติกรรมผิดพลาด นั่นก็คือ เขาคิดว่า เขาขาดทักษะหรือมีทักษะในด้านต่าง ๆ ไม่เพียงพอ เขาจึงไม่กระทำพฤติกรรมนั้น

6. เป้าหมายของการกระทำมีลักษณะคลุมเครือ ไม่ชัดเจน และเป้าหมายนั้นไม่สามารถปฏิบัติได้

7. การรู้จักตนเองที่ไม่ถูกต้อง บุคคลที่รู้จักตนเองไม่ถูกต้อง อาจเป็นผลมาจากการกระทำที่มีลักษณะคลุมเครือไม่ชัดเจน หรืออาจถูกบังคับให้กระทำ หรือได้ข้อมูลภายนอกมาอย่างไม่ถูกต้อง

ในการที่จะทำให้บุคคลมีการแสดงพฤติกรรมออกมาให้มีความสัมพันธ์กับการรับรู้ความสามารถของตนเองนั้น ควรจัดการหรือควบคุมมิให้ปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวมาเป็นอุปสรรคหรือเป็นตัวขัดขวาง ซึ่งหากทำได้ก็จะช่วยทำให้บุคคลสามารถแสดงพฤติกรรมออกมาได้อย่างเต็มความสามารถและมีความมั่นใจ อันจะนำไปสู่การประสบความสำเร็จต่อไป

5. ผลของพลังสมรรถนะแห่งตน

พลังสมรรถนะแห่งตนจะมีผลต่อกระบวนการ 4 อย่าง กระบวนการทั้ง 4 ประการนี้จะส่งผลต่อพฤติกรรมของบุคคล (Bandura, 1994) ดังต่อไปนี้

5.1 กระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) พลังสมรรถนะแห่งตนจะมีผลต่อกระบวนการทางปัญญาหลายรูปแบบพฤติกรรมของบุคคลส่วนมากมีจุดมุ่งหมายซึ่งถูกกำกับโดยการคิดเป้าหมายไว้ล่วงหน้า การตั้งเป้าหมายของบุคคลจะได้รับอิทธิพลจากการประเมินความสามารถของตน คนที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนสูงจะตั้งเป้าหมายที่สูงและท้าทายมีความมุ่งมั่นที่จะบรรลุเป้าหมายมากกว่าคนที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนต่ำ และรูปแบบพฤติกรรมส่วนใหญ่มักริเริ่มจากรูปแบบการคิดเป็นการคิดสร้างสภาพการณ์ล่วงหน้าและย้อนทบทวน บุคคลที่มีการรับรู้ความสามารถสูงจะสร้างภาพแห่งความสำเร็จสิ่งนี้จะช่วยแนะแนวทางและสนับสนุนการกระทำ ส่วนบุคคลที่สงสัยในความสามารถของตนเองจะสร้างภาพความล้มเหลวไว้ล่วงหน้า กระบวนการคิดจึงทำให้บุคคลทำนายเหตุการณ์และพัฒนาแนวทางที่จะควบคุมสิ่งที่จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของตนเอง ในสภาพการณ์เรียนรู้บุคคลมุ่งเน้นไปที่ความรู้ของตนที่จะแสดงความคิดเห็น เพื่อรวบรวมปัจจัยต่าง ๆ นำไปสู่การตรวจสอบ โดยบุคคลจะพิจารณาการประเมินตนเองอีกครั้งจากผลการกระทำระยะสั้นและระยะยาว จดจำปัจจัยต่าง ๆ ที่ถูกตรวจสอบและจำว่าตนเองทำงานให้ดีได้อย่างไร การเผชิญกับสภาพการณ์ที่มีความกดดัน อุปสรรค หรือล้มเหลวบุคคลที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนต่ำจะมีความคิดวิเคราะห์ที่เอาแน่นอนอะไรไม่ได้ เกิดความพึงพอใจตนเองในระดับต่ำและคุณภาพการทำงานจะด้อยลง ในทางตรงกันข้ามบุคคลที่มีการรับรู้ความสามารถสูง จะตั้งเป้าหมายที่ท้าทายและใช้การคิดวิเคราะห์ที่ดีในการที่จะบรรลุผลสำเร็จ

5.2 กระบวนการจูงใจ (Motivation process) พลังสมรรถนะแห่งตนมีบทบาทสำคัญในการจูงใจตนเอง การจูงใจของบุคคลส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกระบวนการคิด บุคคลจะมีการจูงใจตนเองและชี้แนะการกระทำของตนเองโดยการคิดล่วงหน้า บุคคลจะสร้างความเชื่อจากการคิดว่าตนเองสามารถทำอะไรได้ และมีความคาดหวังถึงผลของการกระทำ บุคคลจะตั้งเป้าหมายและวางแผนการกระทำของตนเอง รูปแบบการจูงใจทางความคิดมีลักษณะแตกต่างกัน 3 ลักษณะ คือ การระบุสาเหตุการคาดหวังผลและเห็นคุณค่า และการตั้งเป้าหมาย ซึ่งพลังสมรรถนะแห่งตนจะมีบทบาทต่อการจูงใจทางความคิดทั้ง 3 ลักษณะ ดังนี้

5.2.1 พลังสมรรถนะแห่งตนมีอิทธิพลต่อการระบุสาเหตุ คนที่มีการรับรู้ความสามารถสูงจะอ้างสาเหตุของความล้มเหลวของตนว่าเกิดจากการขาดความพยายาม คนที่เชื่อว่าตนเองไม่มีความสามารถก็จะอ้างสาเหตุของความล้มเหลวนั้นว่า เกิดจากตนองไม่มีความสามารถจึงล้มเหลว การระบุอ้างสาเหตุนี้จะมีผลต่อการจูงใจ การกระทำ และปฏิกิริยาอารมณ์โดยผ่านพลังสมรรถนะแห่งตน

5.2.2 การคาดหวังผลและเห็นคุณค่า แรงจูงใจจะถูกควบคุมโดยการคาดหวังผลจากการกระทำ แต่บุคคลจะกระทำพฤติกรรมภายใต้ความเชื่อที่ว่าตนเองสามารถทำอะไรได้และความเชื่อในผลที่เกิดจากการกระทำ อิทธิพลของการคาดหวังผลและเห็นคุณค่าจะเป็นแรงจูงใจให้บุคคลกระทำพฤติกรรมนั้นส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับพลังสมรรถนะแห่งตน

5.2.3 ด้านการตั้งเป้าหมาย บุคคลจะตั้งเป้าหมายที่ท้าทายและประเมินย้อนกลับจากเป้าหมายที่ตั้งไว้ การตั้งเป้าหมายที่ท้าทายจะทำให้แรงจูงใจเพิ่มและยังคงอยู่ เป้าหมายต่าง ๆ จะมีอิทธิพลต่อบุคคลโดยผ่านกระบวนการภายในตนเองมากกว่าจะเป็นการควบคุมแรงจูงใจและพฤติกรรมโดยตรง แรงจูงใจนั้นจะมีพื้นฐานมาจากการตั้งเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเปรียบเทียบทางปัญญา โดยการทำให้เกิดความพึงพอใจในตนเองจากเป้าหมายที่ตั้งไว้พฤติกรรมของบุคคลจะมีทิศทางและสร้างแรงจูงใจเพื่อให้ยังคงใช้ความพยายามต่อไปจนกระทั่งบรรลุเป้าหมาย บุคคลจะพึงพอใจในตนเองในการบรรลุเป้าหมายที่มีคุณค่าและส่งเสริมให้ตนเองใช้ความพยายามมากขึ้นโดยการไม่พอใจกับการกระทำที่ต่ำกว่ามาตรฐาน แรงจูงใจจากเป้าหมายหรือมาตรฐานส่วนบุคคลจะได้รับผลมาจากอิทธิพลในตนเอง 3 ประเภท ดังนี้ การพึงพอใจและไม่พึงพอใจตนเองจากการกระทำ, การรับรู้ถึงความสามารถของตนเองที่จะบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ และการปรับปรุงการตั้งเป้าหมายกระบวนการของตนเอง

5.3 กระบวนการทางความรู้สึกและอารมณ์ (Affective process) การรับรู้ความสามารถของตนเองจะมีผลต่อความเครียดและความกดดัน เมื่อบุคคลเผชิญกับสภาพการณ์ที่ลำบากมีอุปสรรค และจะมีผลต่อระดับแรงจูงใจ บุคคลที่เชื่อในความสามารถของตนเองจะสามารถควบคุมความเครียดที่จะทำให้เกิดความวิตกกังวลได้ แต่คนที่เชื่อว่าตนเองไม่มีความสามารถจะมีความ

วิตกกังวลสูงและมองว่าสภาพแวดล้อมที่เขาอยู่เต็มไปด้วยอันตรายและมีความวิตกกังวลกับสิ่งต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น ความวิตกกังวลไม่เพียงแค่ได้รับอิทธิพลจากการรับรู้ความสามารถที่จะกระทำพฤติกรรม แต่ยังได้รับอิทธิพลจากการรับรู้ความสามารถด้านการควบคุมความคิดที่รบกวนได้รับรู้ความสามารถด้านควบคุมความคิดเป็นปัจจัยสำคัญที่จะควบคุมความคิดอันก่อให้เกิดความเครียดและความกดดัน ทั้งการรับรู้ความสามารถในการจัดการและการรับรู้ความสามารถในการควบคุมความคิด จึงทำงานร่วมกันที่จะช่วยลดความวิตกกังวลและพฤติกรรมหลีกเลี่ยง

5.4 กระบวนการเลือก (Selection processes) พลังสมรรถนะแห่งตนจะมีผลต่อการเลือกกระทำพฤติกรรมโดยบุคคลจะเลือกกระทำพฤติกรรมในสถานการณ์ที่เขาเชื่อว่าเขาทำได้และหลีกเลี่ยงสถานการณ์หรือกิจกรรมที่บุคคลเชื่อว่าเกินความ สามารถของตนเองที่จะทำได้บุคคลที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนสูงจะเลือกงานที่มีลักษณะท้าทาย ส่วนบุคคลที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนต่ำจะท้อถอย หลีกเลี่ยงงาน เป็นการปิดโอกาสที่จะพัฒนาศักยภาพของตนเอง

แบนดูรา (Bandura, 1986) เสนอว่า ตามแนวทฤษฎีพลังสมรรถนะแห่งตนจะสามารถส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของบุคคลได้ต้องผ่านกระบวนการทางปัญญาเสียก่อน และเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางปัญญาแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลตามการตัดสินความสามารถของตนเอง ซึ่งความสามารถนี้ (Efficacy) ต้องอาศัยทักษะผสมผสานร่วมกันทั้งทักษะทางปัญญา สังคม และพฤติกรรมซึ่งจะทำให้เกิดรูปแบบพฤติกรรมตามสถานการณ์เฉพาะนั้น ๆ ซึ่งพลังสมรรถนะแห่งตนนี้จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับทักษะที่บุคคลมีอยู่ในขณะนั้นหากแต่ขึ้นอยู่กับการตัดสินของบุคคลว่าเขาสามารถทำอะไรได้ด้วยทักษะที่เขามีอยู่ และแบนดูราได้สรุปผลของพลังสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมไว้ดังนี้ (Bandura, 1986, 393-395; วิลาสลักษณ์ ชัววัลลี, 2538, น. 97-109) ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงรูปแบบพฤติกรรมจากพลังสมรรถนะแห่งตน

รูปแบบพฤติกรรม	พลังสมรรถนะแห่งตนต่ำ	พลังสมรรถนะแห่งตนสูง
1. พฤติกรรมการเลือก	จะทำให้เกิดการจำกัดความสามารถของตน ปฏิเสธโอกาสทำให้ขาดประสบการณ์ที่จะได้รับสิ่งดี ๆ เลือกทำกิจกรรมที่เขาไม่สามารถจะทำให้สำเร็จได้ เมื่อไม่สามารถจะทำให้สำเร็จได้และประสบความล้มเหลวส่งผลให้เกิดความเครียดความผิดหวัง	เลือกทำงานตามระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองและยอมรับผลต่าง ๆ ที่เกิดจากการกระทำของตนไม่ท้อถอย และรู้สึกว่าความล้มเหลวคือ ความท้าทายเพื่อให้มีความพยายามกระทำต่อไป

รูปแบบพฤติกรรม	พลังสมรรถนะแห่งตนต่ำ	พลังสมรรถนะแห่งตนสูง
2. การใช้ความพยายามและความพากเพียร	จะมีความพยายามพากเพียรในการทำงานต่ำ มีผลต่อการประสบความสำเร็จในการกระทำ	จะมีความพยายามพากเพียรในการทำงานนาน มีความมุมานะในการทำงานอย่างเต็มที่
3. รูปแบบการคิดและปฏิกิริยาทางอารมณ์	มีแนวโน้มที่จะมีปฏิกิริยาทางอารมณ์ต่อตนเองในทางลบ เช่น ไม่มีความสุขมีความเครียดสูง กระทำพฤติกรรมต่าง ๆ อย่างไม่เต็มความสามารถเมื่อเกิดความล้มเหลวจากการกระทำใด ๆ จะคิดว่าเนื่องจากตนไร้ความสามารถ	มีความพยายามในการกระทำและเมื่อพบกับอุปสรรคบุคคลจะกระตุ้นตนเองให้ใช้ความพยายามมากขึ้นจะรับรู้ว่าความล้มเหลวที่เกิดขึ้นจากการกระทำเนื่องจากที่ยังมีความพยายามไม่มากพอ
4. การกำหนดผลที่เกิดจากการกระทำ	หลีกเลี่ยงที่จะเลือกกระทำพฤติกรรมที่ยาก ขาดความพยายามในการกระทำอย่างเต็มความสามารถ เชื่อว่าความล้มเหลวเกิดจากโชคชะตามากกว่าการกระทำของตนเอง	มีความพยายามกระทำพฤติกรรมและยอมรับผลต่าง ๆ ที่เกิดจากการกระทำของตน ความล้มเหลวคือแรงผลักดันให้ต้องใช้ความพยายามมากขึ้น

พลังสมรรถนะแห่งตนมีความสัมพันธ์กับการกระทำของบุคคล ถ้าบุคคลรับรู้ความสามารถของตนในการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งสูง จะให้ความสนใจและใช้ความพยายามในการจัดการสภาพการณ์และสิ่งที่เป็นอุปสรรคก็จะกระตุ้นให้เขาใช้ความพยายามมากขึ้น นอกจากนี้พลังสมรรถนะแห่งตนมีอิทธิพลต่อความคิดในการแก้ปัญหาที่ยาก คนที่รับรู้ว่าตนเองมีความสามารถสูงมีแนวโน้มที่จะพิจารณาว่าความล้มเหลวเกิดจากการที่ยังใช้ความพยายามไม่เพียงพอ แต่คนที่มีทักษะพอ ๆ กัน แต่รับรู้ความสามารถของตนเองต่ำจะเห็นว่าความล้มเหลวเกิดจากการที่ตนไร้ความสามารถ และจะมีแนวโน้มตัดสินใจที่จะไม่กระทำพฤติกรรมนั้น แบนดูราสรุปว่าพลังสมรรถนะแห่งตนเป็นสิ่งที่สามารถทำนายระดับความพยายามและการเผชิญต่ออุปสรรค (Bandura, 1986)

6. การวัดการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องการวัดพลังสมรรถนะแห่งตนในวิชาชีพครู พบว่ามีแนวทฤษฎีที่แตกต่างกันอยู่ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีที่ 1 การพัฒนาแบบวัดพลังสมรรถนะแห่งตนในวิชาชีพครูโดยมีพื้นฐานจากการวิจัยขององค์กรอาร์เอเอ็นดี (RAND Organize) พื้นฐานทฤษฎีของรอตเตอร์ (Rotter) ในเรื่องอำนาจในการควบคุม (Locus of Control) เครื่องมือวัดที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีนี้ เช่น งานวิจัยของ Ashton, Olejnik, Crocker, & McAuliffe (1982;

Guskey, 1982, 1988; Rose, & Medway, 1981) ทฤษฎีที่ 2 คือการพัฒนาแบบวัดบนพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธิปัญญา (Social Cognitive Theory) และทฤษฎีพลังสมรรถนะแห่งตน (Self- Efficacy) ของ Bandura เช่น งานวิจัย ของ Ashton (1984; Gibson, & Dembo, 1984) ซึ่งทั้ง 2 ทฤษฎีผู้ศึกษาวิจัยมีประเด็นหลัก คือ พยายามจะศึกษาถึงความหมายและบทบาทของพลังสมรรถนะแห่งตนในวิชาชีพครูจากประสบการณ์ของการเรียนองค์ประกอบของพลังสมรรถนะแห่งตนในวิชาชีพครู (Fives, 2003) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 แบบวัดที่สร้างขึ้นโดยมีพื้นฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมของ Rotter

Rotter's Social Learning Theory ในเรื่องความเชื่ออำนาจในการควบคุม (Locus of Control) แบบวัดประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ

6.1.1 ความคิดเห็นของครูถึงอิทธิพลภายนอกที่อยู่นอกเหนือความสามารถในวิชาชีพครูซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

6.1.2 ความมั่นใจในการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน ที่มีปัญหาด้านแรงจูงใจในการเรียนซึ่งก็คือ ปัจจัยภายในของนักเรียนเอง

6.2 แบบวัดที่สร้างขึ้นโดยมีพื้นฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธิปัญญา

Social Cognitive Theory ของแบนดูราในเรื่องพลังสมรรถนะแห่งตน (Self-Efficacy) แบบวัดประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ

6.2.1 พลังสมรรถนะแห่งตนในการจัดการเรียนรู้ของตน (Personal Teaching Efficacy) หมายถึง ความเชื่อของครูผู้สอนที่ว่าเขาสามารถมีอิทธิพลเหนือการเรียนรู้ของนักเรียนคือการมีทักษะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ที่มากขึ้นได้

6.2.2 พลังสมรรถนะแห่งตนในการจัดการเรียนรู้โดยทั่วไป (General Teaching Efficacy) หมายถึง ความเชื่อของครูที่ว่าการจัดการเรียนรู้โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพสามารถเอาชนะอุปสรรคจากภายนอกได้ อุปสรรคภายนอก ได้แก่ ปัจจัยภูมิหลัง ประสบการณ์เดิม พื้นฐานครอบครัว และสติปัญญาของนักเรียน

7. แนวทางปฏิบัติตามทฤษฎีพลังสมรรถนะแห่งตน 4 แนวทาง ได้แก่

7.1 การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment, PA) คือ ความสำเร็จที่ทำให้เพิ่มความสามารถของตนเองจำเป็นที่จะต้องฝึกให้บุคคลมีทักษะที่เพียงพอที่จะประสบความสำเร็จได้พร้อม ๆ กับการทำให้เขารับรู้ว่าเขามีความสามารถที่จะกระทำพฤติกรรมนั้น ๆ เช่น การพูดขอร้อง การพูดปฏิเสธ การกล่าวคำชมเชยการแสดงท่าทาง ซึ่งจะทำให้นักศึกษาใช้ทักษะที่ได้รับนั้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

วิธีปฏิบัติ เช่น การพูดขอร้อง การพูดปฏิเสธ การกล่าวคำชมเชย การแสดงท่าทาง โดยเพิ่มสิ่งที่ทำแล้วประสบความสำเร็จ การมีส่วนร่วมในตัวแบบที่ประสบความสำเร็จ และลดสิ่งที่ไม่ต้องการ เป็นต้น

7.2 การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) คือ การได้เห็นประสบการณ์ของผู้อื่นกระทำพฤติกรรมที่มี ลักษณะคล้ายคลึงกันแล้วก็จะทำให้บุคคลรับรู้เกี่ยวกับความสามารถของตนเองเพิ่มขึ้นได้

วิธีปฏิบัติ เช่น การอภิปรายกลุ่มโดยการจัดให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อน การฝึกให้ผู้เรียนสังเกตวิธีปฏิบัติของคนอื่น เป็นต้น

7.3 การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) คือ การใช้คำพูดชี้แจงอธิบายความรู้ คำแนะนำ และกระตุ้นให้ผู้เรียนเชื่อ เพื่อให้เกิดแรงจูงใจภายใน

วิธีปฏิบัติ เช่น ชี้แจงอธิบายความรู้ ให้คำแนะนำ เพื่อให้นักศึกษาเชื่อ และเกิดแรงจูงใจภายใน การสนับสนุนให้กำลังใจ เป็นต้น

7.4 การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA) คือ การปรับสภาวะทางร่างกายและอารมณ์ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมไม่แปรปรวน เพื่อให้นักศึกษารับรู้ถึงพลังสมรรถนะแห่งตน

วิธีปฏิบัติ เช่น การกระตุ้นอารมณ์ในทางบวกจะทำให้การรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนดีขึ้น จะทำให้การแสดงออกถึงความสามารถในตนเองดีขึ้นด้วย

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพครู

เป้าหมายของการพัฒนาบุคลากรทางการศึกษา คือ การพัฒนาบุคลากรทางการศึกษาให้มีจิตวิญญาณความเป็นผู้พัฒนา เป็นผู้ส่งเสริมทักษะและ ความสามารถของเยาวชนให้ครบองค์ประกอบและวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ “การพัฒนาให้ ทรัพยากรมนุษย์ของประเทศ เก่ง ดี มีความสุข เรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต” (พศิน แตงจวง, 2554, น. 141) ดังนั้น การพัฒนาวิชาชีพ โดยเฉพาะการพัฒนาครูหรือนักศึกษาครูเพื่อให้มีคุณภาพจะส่งผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน

ความหมายของการพัฒนาวิชาชีพ Zepeda (2008, p. 18) ให้ความหมายของคำว่า “มืออาชีพ” (Professional) ว่า ต้องมีสิ่งต่อไปนี้

1. ความรู้และความสามารถที่ได้มาจากการฝึกอบรม และได้มาจากการศึกษาที่เป็นทางการ

2. ต้องได้รับความไว้วางใจจากชุมชนและเพื่อนร่วมวิชาชีพ เพื่อนำไปสู่ความเป็นอิสระและการกำกับตนเอง

3. เป็นชุดของคุณธรรมและจริยธรรมที่ช่วยให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพที่มุ่งเน้นการให้บริการมากกว่าเน้นผลกำไร

OECD (2009, p. 49) ให้นิยามคำว่า “การพัฒนาวิชาชีพ” ว่าหมายถึง กิจกรรมที่ทำให้ทักษะความรู้ ความเชี่ยวชาญและคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ส่งผลให้การเป็นครูสมบูรณ์ขึ้น เกิดขึ้นในครูแต่ละคน การพัฒนาการเรียนการสอนของครูเป็นกระบวนการที่เริ่มจากการจับประเด็นปัญหา (Problem-Oriented) ตามบริบทของแต่ละสภาพสังคม และทอดยาวไปตลอดชีวิตความเป็นครู

Guskey (2003, pp. 16-21) กล่าวว่า การพัฒนาวิชาชีพทางการศึกษา เป็นกระบวนการและ กิจกรรมที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อส่งเสริมบุคลากรในด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติที่มุ่งไปที่การพัฒนาการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนต่อไป การพัฒนาวิชาชีพเป็นกระบวนการที่ 1) มีเป้าหมายในการทำงาน (Intentional) 2) มีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง (Ongoing) และ 3) การดำเนินการเป็นระบบ (Systemic) ส่วน (Gordon, 2004, p. 2) 3) ให้นิยามของการพัฒนาบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาว่าเป็นการประสานองค์ประกอบต่าง ๆ ในการเสริมพลังอำนาจให้แก่นักการศึกษาเป็นรายบุคคล/กลุ่ม/องค์กร เพื่อให้สามารถดำเนินการในการพัฒนา หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือใน การดำเนินการนั้นเกี่ยวข้องกับ

1) การเสริมสร้างสมรรถนะให้แก่นักการศึกษา

2) การดำเนินการหลัก ได้แก่ การพัฒนาหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน

3) มีเป้าหมายในการพัฒนาคือ คุณภาพของผู้เรียน

วัชรา เล่าเรียนดี (2554, น. 134 -135) กล่าวว่า การพัฒนาบุคลากรหรือการพัฒนาในวิชาชีพทางการศึกษา หมายถึง กิจกรรมต่าง ๆ ที่จัดให้สำหรับครูหรือบุคลากรทางการศึกษา เพื่อให้มีความรู้ มีความสามารถ มีศักยภาพมากยิงขึ้น เพื่อส่งเสริมและพัฒนาครูและบุคลากรให้มีความเจริญก้าวหน้าในอาชีพ และส่งผลถึงพัฒนาการด้านคุณภาพของนักเรียนในที่สุด

เกษศิรินทร์ ศรีสัมฤทธิ์ (2556, น. 26) การพัฒนาวิชาชีพหมายถึงกระบวนพัฒนาครูอย่างต่อเนื่องอย่างเป็นระบบเพื่อพัฒนาครู ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และส่งผลโดยตรงที่คุณภาพของผู้เรียน

สรุปได้ว่า การพัฒนาวิชาชีพ หมายถึง การพัฒนาทางวิชาชีพสำหรับครูหรือบุคลากรทางการศึกษา ส่งเสริมให้มีศักยภาพในการทำงานที่มากขึ้น มีความรู้ ทักษะต่าง เพื่อให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนและส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน

1. หลักการสำหรับการพัฒนาวิชาชีพครู

การเปลี่ยนแปลงการสอนและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการเปลี่ยนแปลงเพื่อช่วยให้ครูได้พัฒนาวิชาชีพตามความต้องการของตนเอง ซึ่งการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์นั้น อาศัยหลักการ 5 ข้อ (S. Loucks-Horsley, 2001, p. 14) ดังนี้

1.1 ครูจะต้องเข้าใจว่าผู้เรียนทุกคนนั้นสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และควรจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้ตามแนวสืบสอบหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การแก้ปัญหา และการค้นพบ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ ดังนั้นในการพัฒนาวิชาชีพครู จึงมีความจำเป็นที่ครูควรจะมีความรู้และความเข้าใจในด้านต่าง ๆ เช่น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน วิธีการในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน กลวิธีในการสอนและการนำกลวิธีในการสอนใหม่ ๆ รวมทั้งหลักสูตรและวิธีสอนวิทยาศาสตร์ไปใช้

1.2 ครูต้องมีความสามารถที่จะนำเอาวิธีการจัดการเรียนการสอนและ model ของการสอนไปใช้ได้ เพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ดังนั้นการพัฒนาวิชาชีพครูจะต้องพัฒนาบนพื้นฐานของความรู้ของครูและการสอนวิทยาศาสตร์ ด้วยการแนะนำข้อมูลและกลวิธีใหม่ ๆ ให้แก่ครูเพื่อช่วยให้ครูมีความรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ลึกซึ้ง รวมทั้งช่วยให้ครูมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและสามารถบูรณาการกับการสอน (Pedagogy Content Knowledge, PCK) คือ ทำให้ครูรู้ว่าควรจะสอนแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างไร เพื่อช่วยให้ผู้เรียนที่มีความแตกต่างทั้งด้านอายุและระดับของพัฒนาการ เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้ครูควรมีโอกาสทำงานแบบร่วมมือกับบุคคลอื่น ๆ และสะท้อนความคิดเห็นว่าครูได้เรียนรู้อะไรบ้าง และควรมีเวลาในการฝึกปฏิบัติการสอนเพื่อช่วยให้ครูเกิดการเรียนรู้ เช่นเดียวกันกับการที่ครูควรจะให้โอกาสแก่ผู้เรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.3 ครูควรมีประสบการณ์เกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพครู ที่จะช่วยสร้างชุมชนและวัฒนธรรมของการเรียนรู้ รวมทั้งส่งเสริมศักยภาพของครูให้เป็นผู้นำด้านการศึกษา ซึ่งชุมชนของการเรียนรู้และผู้นำในด้านการศึกษาจะไม่เกิดขึ้นเลยหากครูยังคงแยกตัวเองออกจากบุคคลอื่น ๆ เพราะฉะนั้น เขตพื้นที่การศึกษาและโรงเรียนจะต้องสร้างนโยบายและกระบวนการที่จะช่วยส่งเสริมให้ครูได้มีโอกาสทำงานแบบร่วมมือกับเพื่อนครู ผู้เชี่ยวชาญภายนอกโรงเรียน รวมทั้งครูแกนนำคนอื่น ๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน

1.4 ควรจะมีระบบอื่น ๆ ทางด้านการศึกษาที่สามารถเชื่อมโยงกับการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ ซึ่งการวางแนวทางในการพัฒนาวิชาชีพครู ทั้งในด้านมาตรฐานวิทยาศาสตร์ กรอบแนวคิดเกี่ยวกับหลักสูตร และการประเมินนั้น จะช่วยให้ครูเกิดความมั่นใจได้ว่าครูจะต้องเรียนรู้อะไรและจะต้องจัดการเรียนการสอนอย่างไรเพื่อให้บรรลุเป้าหมายและนโยบายของโรงเรียนและเขตพื้นที่การศึกษา โดยระบบทางด้านการศึกษาในทุกระดับนั้นจะสะท้อนให้เห็นถึงแนวทางในการปฏิบัติที่จะสนับสนุนการพัฒนาวิชาชีพครู เพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของครูและผู้เรียน

1.5 โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูต้องมีการทบทวนและประเมินเกี่ยวกับประสิทธิภาพ และความสามารถเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์และแนวทางตามวิสัยทัศน์ของการพัฒนาวิชาชีพครู โดยโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูที่มีคุณภาพนั้น ควรจะสร้างกระบวนการในการประเมิน

เกี่ยวกับประสิทธิภาพทั้งในรูปแบบของ short-term เช่น ความพึงพอใจของครู และในรูปแบบของ long-term เช่น การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้ของผู้เรียน ชุมชนของการเรียนรู้ในโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินเหล่านี้จะช่วยปรับปรุงรูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครู รวมถึงการนำไปใช้ให้ดีขึ้น

2. กระบวนการขั้นตอนการพัฒนาวิชาชีพ

เพื่อให้ได้กรอบกระบวนการขั้นตอนการพัฒนาวิชาชีพ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาวิชาชีพ ดังนี้

สมาคมการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรของมหาวิทยาลัยฮาวาย (The University of Hawaii's Curriculum Research and Development Group (CRDG), 2012) ได้กล่าวถึงการออกแบบการ พัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพ (Designing Effective Professional Development) การออกแบบพัฒนาอาชีพเพื่อการศึกษา ได้รับการพัฒนาผ่านความร่วมมือกับหน่วยงานทางการศึกษาของฮาวาย A Partnership with the Hawaii Department of Education (HIDOE) เป็นส่วนหนึ่งของความพยายาม ที่จะปรับปรุงการศึกษาตามมาตรฐานในฮาวายอยางต่อเนื่องโดยมีขั้นตอนการพัฒนาวิชาชีพดังนี้

สรุปขั้นตอนการพัฒนาวิชาชีพที่มีประสิทธิภาพ ดังนี้

1. กำหนดคำมั่นสัญญาเพื่อบรรลุวิสัยทัศน์ และมาตรฐานที่กำหนด
2. วิเคราะห์ข้อมูล
3. กำหนดเป้าหมาย (ที่วิกฤต)
4. การวางแผนและเลือกเทคนิควิธี
5. การนำแผนกลยุทธ์ไปใช้
6. ประเมิน

โดยที่ในทุกขั้นตอนที่ปฏิบัติจะมีการสะท้อนผลการปฏิบัติเพื่อการปรับปรุง (Reflect and Revise)

S. Loucks-Horsley, Love, Stiles, Mundry, & Hewson (2003) แสดงขั้นตอนและกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาครู ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

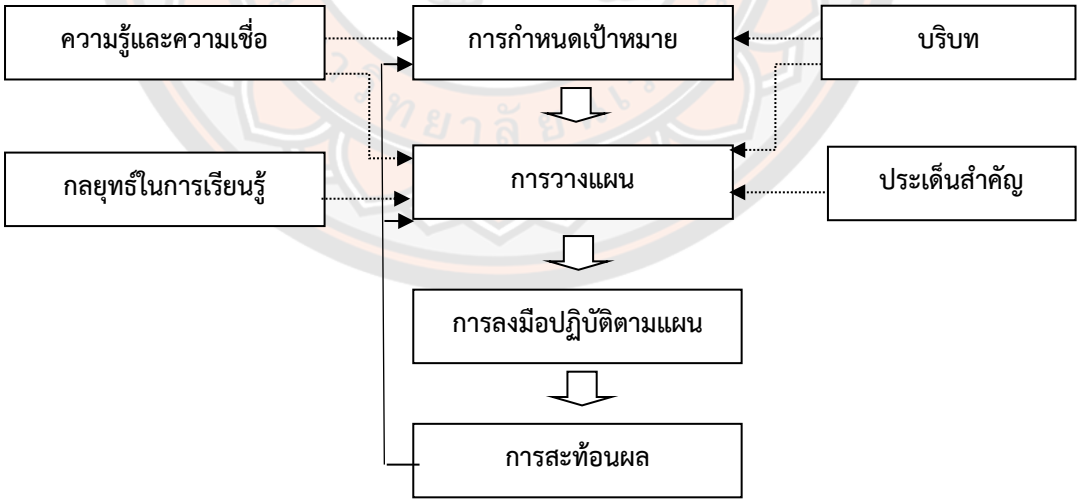
1. การกำหนดเป้าหมาย (Goal) บนพื้นฐานของบริบท ความรู้และความเชื่อ โดยในส่วนของบริบทนั้นจะต้องคำนึงถึงความต้องการและธรรมชาติของผู้เรียน ภูมิหลัง ความรับผิดชอบในการสอนของครู แหล่งเรียนรู้ การสนับสนุนจากชุมชน องค์กร ความคาดหวังและความต้องการของโรงเรียนรวมทั้งประวัติของการพัฒนาวิชาชีพครูที่ครูเคยได้รับการพัฒนาในช่วงเวลาที่ผ่านมา สำหรับความรู้และความเชื่อนั้น จะต้องคำนึงถึงผู้เรียนและวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียน ครูและวิธีการสอนของครู

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การพัฒนาวิชาชีพครูและหลักการที่จะนำไปสู่การออกแบบรูปแบบการพัฒนาครูที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับบุคคลและองค์กร

2. การวางแผน (Plan) ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับเป้าหมายที่วางไว้ ทั้งนี้ในการวางแผนจะต้องคำนึงถึงบริบท ความรู้และความเชื่อ ประเด็นสำคัญ และกลวิธีในการเรียนรู้วิชาชีพครูด้วย โดยในส่วนของประเด็นสำคัญนั้น ประกอบด้วย การสร้างวัฒนธรรมของวิชาชีพครู ความเป็นผู้นำของการพัฒนา การสร้างศักยภาพในการเรียนรู้วิชาชีพครู การสนับสนุนของชุมชน มาตรฐานและกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการสนับสนุน การประเมินเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพครูรวมทั้งระยะเวลาของการพัฒนาวิชาชีพครู สำหรับกลวิธีในการเรียนรู้วิชาชีพครูนั้นประกอบด้วย กลวิธีในด้านการมีใจจดจ่อ (Immersion) ด้านหลักสูตร (Curriculum) ด้านการตรวจสอบการปฏิบัติ (Examining Practice) ด้านการทำงานแบบร่วมมือร่วมใจ (Collaborative Work) และด้านกลไก และการขับเคลื่อน (Vehicles and Mechanics)

3. การลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ (Do)

4. การสะท้อน (Reflect) โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้ เพื่อตรวจสอบว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าหากไม่เป็นไปตามนั้น จึงค่อยกลับไปแก้ไขหรือปรับปรุงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์หรือการวางแผนต่อไป เพื่อให้ท้ายที่สุดแล้วผลที่ได้นั้นเป็นไปตามแผนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้



ภาพ 3 กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาครู

ที่มา: S. Loucks-Horsley et al., 2003, p. 2

Strangman, Hall, & Meyer (2012) จากศูนย์การประเมินหลักสูตรแห่งชาติ (National Center on Accessing the General Curriculum) กล่าวว่ากลวิธีในการพัฒนาวิชาชีพและการฝึกปฏิบัติการสอนที่มีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดเป้าหมาย (Set Goals)
2. วิเคราะห์ข้อมูล (Analyze status)
3. วางแผน (Apply UDL) (UDL = Universal Design for Learning)
4. นำไปใช้ (Teach UDL lesson)

สรุปได้ว่าขั้นตอนในการพัฒนาวิชาชีพครูมีขั้นตอนคล้าย ๆ กันดังตารางเปรียบเทียบตารางที่ 2 ดังนี้

ตาราง 2 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการพัฒนาวิชาชีพครู

CRDG	Loucks-Horsley	Nicole Strangman	งานวิจัยนี้
1. กำหนดคำมั่นสัญญาเพื่อบรรลุวิสัยทัศน์ และมาตรฐานที่กำหนด			1. การกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นในการเรียนการสอน
2. วิเคราะห์ข้อมูล		2. วิเคราะห์ข้อมูล	2. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เรียน
3. กำหนดเป้าหมาย (ที่วิกฤต)	1. การกำหนดเป้าหมาย	1. กำหนดเป้าหมาย	3. กำหนดเป้าหมายการจัดการเรียนรู้
4. การวางแผนและเลือกเทคนิควิธี	2. การวางแผน	3. วางแผน	4.การวางแผนการดำเนินงาน
5. การนำแผนกลวิธีไปใช้	3. การลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้	4. นำไปใช้	5.การลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้
6. ประเมิน			6. การประเมินการจัดการเรียนรู้
	4. การสะท้อน		7. การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

จากการสังเคราะห์รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพครูข้างต้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการพัฒนานักศึกษาครู 7 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นในการเรียนการสอน
2. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เรียน
3. กำหนดเป้าหมายการจัดการเรียนรู้
4. การวางแผนการดำเนินงาน
5. การลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้
6. การประเมินการจัดการเรียนรู้
7. การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

3. ความรู้และความเชื่อที่สนับสนุนการพัฒนาวิชาชีพครูให้มีประสิทธิภาพ และกลวิธีสำหรับการเรียนรู้วิชาชีพ

S. Loucks-Horsley et al. (2003) ได้กล่าวถึงความรู้และความเชื่อที่สนับสนุนการพัฒนาวิชาชีพครูให้มีประสิทธิภาพไว้ดังนี้

ความรู้ หมายถึง ข้อมูลที่มีความแน่นอน เชื่อถือได้ และมีงานวิจัยสนับสนุน ส่วนความเชื่อเป็นสิ่งที่เราคิดว่าเรารู้ในเรื่องใดบ้าง หรืออาจจะเป็นสิ่งที่เรากำลังจะรู้ภายใต้ข้อมูลใหม่ที่ได้รับโดยความเชื่อนั้นเกิดจากประสบการณ์ที่ได้รับ สำหรับความรู้และความเชื่อภายใต้งานวิจัยและการปฏิบัติเป็นการเปลี่ยนวิธีคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับการสอนและการเรียนรู้ตลอดจนการพัฒนาวิชาชีพครู โดยแบ่งความรู้และความเชื่อออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

3.1 ความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับผู้เรียนและการเรียนรู้

เมื่อครูมีประสบการณ์การเรียนรู้จะทำให้ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนตลอดจนสามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้ เพราะฉะนั้นการพัฒนาความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจำเป็นที่ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาในด้านความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้และเปลี่ยนแปลงความรู้ ในด้านเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม (Bransfordet et al., 1999 as cited in S. Loucks-Horsley et al., 2003) โดยความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับผู้เรียนและการเรียนรู้มีลักษณะดังนี้

1. ความรู้ใหม่ถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของความรู้เดิมของผู้เรียน
2. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เน้นการลงมือปฏิบัติ
3. ความรู้ถูกสร้างขึ้นผ่านกระบวนการของการเปลี่ยนแปลง
4. ความรู้ใหม่เกิดจากการได้รับประสบการณ์และการมีปฏิสัมพันธ์กับความคิดของบุคคล และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
5. การเรียนรู้ควรจะมีความหมายและมีความสัมพันธ์กับบริบทต่าง ๆ

6. การเรียนรู้เกิดขึ้นโดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนในเรื่องเกี่ยวกับความคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

เนื่องจากการเรียนรู้เป็นสิ่งที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับการพัฒนาดังนั้นจึงได้มีการสรุปแนวคิดที่สำคัญ 4 ข้อเกี่ยวกับผู้เรียนและการเรียนรู้ที่จะช่วยในการออกแบบการพัฒนาวิชาชีพครูดังนี้

1. ความรู้เดิมมีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

ความรู้เดิมของผู้เรียนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ในอนาคตกล่าวคือถ้าผู้เรียนมีความรู้เดิมที่ถูกต้องจะทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างแนวคิดหรือความรู้ใหม่ที่ถูกต้องได้ ในทางตรงกันข้ามหากผู้เรียนมีความรู้เดิมที่ไม่ถูกต้องอาจจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้ โดยสิ่งที่มีผลกระทบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น ความคาดหวัง เจตคติ และความเชื่อเกี่ยวกับตนเองของผู้เรียน การเรียนรู้โรงเรียนและชุมชน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ครูควรจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลและความคิดต่าง ๆ

2. การสร้างความรู้ใหม่ของผู้เรียนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) ผู้เรียนจะต้องสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลและสิ่งแวดล้อมรอบตัว ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดของตนเองในการตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวตลอดจนใช้ความคิดเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้ใหม่ลักษณะของการพัฒนาวิชาชีพบนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้ คือ

2.1 เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ของครู

2.2 จัดประสบการณ์ของการเรียนรู้เพื่อกระตุ้น อภิปราย สะท้อนกลับให้เกิดการท้าทายความคิดและสร้างความรู้ใหม่

2.3 จัดบริบทของการเรียนรู้ที่ทำให้ครูเกิดความคุ้นเคย

2.4 ท้าทายให้เกิดการคิดโดยการสร้างและการช่วยเหลือให้สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับความไม่สัมพันธ์กันระหว่างความคิดใหม่และความคิดเดิม

2.5 การสนับสนุนให้ครูได้พัฒนากลวิธีต่าง ๆ เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. ความรู้ที่สร้างโดยผ่านกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงผู้เรียนมีวิธีพัฒนาความรู้ของตนเอง 4 วิธีได้แก่

3.1 เมื่อผู้เรียนพบว่าความคิดใหม่มีความเหมาะสมกับความคิดเดิมและนำความคิดเหล่านั้นมาเชื่อมโยงกัน

3.2 เมื่อผู้เรียนสามารถสร้างความคิดใหม่โดยไม่ต้องอาศัยความคิดเดิม

3.3 เมื่อความคิดใหม่ท้าทายความรู้เดิม จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงหรือสร้างความคิดใหม่ขึ้นอีกครั้ง

3.4 เมื่อผู้เรียนได้เห็นว่าความคิดใหม่นั้นมีความสำคัญแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมซึ่งจะนำไปสู่การปฏิเสธความรู้เดิมของตนเอง

เมื่อผู้เรียนได้ค้นพบว่าความรู้ใหม่นั้นไม่สนับสนุนความคิดของตนเอง ผู้เรียนจึงเปลี่ยนแปลงความคิดของตนเอง ปฏิเสธความคิดเดิมและมีการปรับเปลี่ยนความคิดใหม่ ดังนั้นการเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- เพิ่มความรู้ใหม่ที่เหมาะสมกับความรู้เดิม
- สร้างความรู้ใหม่โดยปราศจากความรู้เดิม
- ปรับเปลี่ยนความรู้เดิมโดยอาศัยข้อมูลใหม่
- ปฏิเสธความรู้เดิมในการสร้างความรู้ใหม่

4. ความรู้ใหม่ได้มาจากประสบการณ์ของการเรียนรู้

การเรียนรู้เกิดขึ้นโดยผ่านประสบการณ์ที่หลากหลายด้วยการสืบสอบหาความรู้ในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การกำหนดปัญหา การตั้งคำถาม การมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลหรือแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ตลอดจนการสะท้อนความคิด โดยประสบการณ์ที่หลากหลายเหล่านี้ได้มาจากการสังเกตและการทดลองกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและความคิดต่าง ๆ และได้มาจากผู้เชี่ยวชาญ เช่น ครู สื่อการเรียนรู้ รวมถึงนักวิทยาศาสตร์และนักคณิตศาสตร์

3.2 ความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับครูและการสอน

แนวคิดที่สนับสนุนความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับครูและการสอนประกอบด้วย

3.2.1 วัตถุประสงค์ของการสอนเพื่ออำนวยความสะดวกด้านการเรียนรู้ครูจำเป็นที่จะต้องเชื่อมโยงสิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่แล้วให้สอดคล้องกับหลักสูตรเพื่อให้บรรลุผลของการเรียนรู้ ซึ่งจะต้องมีการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เหมาะสม เลือกกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม เพราะฉะนั้นครูจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ในด้านเนื้อหา มีความเข้าใจในสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้จากการทดสอบ การทำงานและความคิดของผู้เรียน มีความรู้เกี่ยวกับกลวิธีการประเมินผลที่หลากหลาย ตลอดจนมีความรู้เกี่ยวกับกลวิธีในการสอน โดยครูที่มีความเชี่ยวชาญจะมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1) มีความรู้ในสาขาของตนเอง

2) มีความรู้เกี่ยวกับอุปสรรคที่มีผลต่อการสร้างแนวคิด

3) มีความรู้เกี่ยวกับแนวคิดต่าง ๆ (ความรู้ด้านเนื้อหา) กระบวนการสืบสอบหาความรู้ และกลวิธีในการแก้ปัญหา (ความรู้ด้านเนื้อหาบูรณาการกับการสอน)

4) มีการประเมินตนเองอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับการเรียนรู้ ความรู้ และการปฏิบัติ

3.2.2 การสอนเป็นวิชาชีพที่ต้องอาศัยความรู้เฉพาะทาง ซึ่งความรู้ของครูนั้นประกอบด้วยความรู้ในด้านผู้เรียน กลวิธีในการสอนและการประเมินผล ตลอดจนความรู้ด้านเนื้อหาบูรณาการกับการสอน นอกจากนี้ครูควรพัฒนาตนเองโดยการทำงานร่วมกับเพื่อนครูหรือบุคคลอื่น ๆ เพื่อพัฒนาความคิด การเรียนรู้ การสอน วิชาชีพ ตลอดจนสติปัญญา

3.2.3 การปฏิบัติการสอนเป็นสิ่งที่มีความซับซ้อน การสอนเกี่ยวข้องกับวงจรที่มีความซับซ้อนซึ่งประกอบด้วยการวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนความคิด เพราะฉะนั้นครูจะต้องมีความสามารถที่จะประยุกต์เอาความรู้เกี่ยวกับ ผู้เรียน เนื้อหา หลักสูตร วิธีสอน การประเมินผลตลอดจนโรงเรียนและชุมชนไปใช้ได้ นอกจากนี้ครูควรจะได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับความรู้ด้านเนื้อหาบูรณาการกับการสอน และได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับการปฏิบัติการสอน เนื่องจาก การสอนเป็นสิ่งที่มีความซับซ้อนเพราะการเรียนรู้นั้นมีความซับซ้อน เพราะฉะนั้น ครูควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สื่อสารความคิดของตนเองและตั้งคำถามเพื่อให้เหตุผล นอกจากนี้ครูและผู้เรียนควรกำหนดเป้าหมายในการสอน และสร้างบริบทสำหรับการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนให้เหมาะสม โดยการกระตุ้นด้วยการทำโครงงาน การตั้งปัญหา และการสืบสอบหาความรู้ที่มีความหมาย ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้

3.3 ความรู้และความเชื่อเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพ

การพัฒนาวิชาชีพครูที่มีประสิทธิภาพประกอบด้วยหลักการดังต่อไปนี้

3.3.1 การพัฒนาวิชาชีพครูเกิดจากการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนที่มีประสิทธิภาพอาทิเช่น ความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน การมุ่งเน้นเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแนวสืบสอบหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การแก้ปัญหาและการนำความรู้ไปใช้ ตลอดจนการมุ่งเน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในแนวคิดและการกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างความเข้าใจใหม่และมีความเข้าใจที่ชัดเจนเพื่อให้ครูสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีความหมาย

3.3.2 การพัฒนาวิชาชีพครูควรจัดโอกาสให้ครูได้สร้างความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาบูรณาการกับการสอน และทักษะอื่น ๆ ตลอดจนให้ครูสามารถทดลองสอนได้ สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ครูได้พัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาบูรณาการกับการสอนที่เข้มลึก อีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถเลือกและบูรณาการหลักสูตรและประสบการณ์ของการเรียนรู้ได้

3.3.3 การพัฒนาวิชาชีพครูควรส่งเสริมให้ครูได้ทำวิจัย และกระตุ้นให้ครูได้ใช้วิธีการเรียนรู้กับผู้เรียน อาทิเช่น เริ่มทำวิจัยในชั้นเรียน การหาเวลาที่เพียงพอต่อการสำรวจตรวจสอบในเชิงลึกการทำงานแบบร่วมมือ และการสะท้อนความคิด ตลอดจนเชื่อมโยงเข้ากับประสบการณ์และกิจกรรมสำหรับการพัฒนาวิชาชีพ

3.3.4 การพัฒนาวิชาชีพครูควรจัดโอกาสให้ครูได้ทำงานแบบร่วมมือกับเพื่อนครูและผู้เชี่ยวชาญอื่น ๆ ในชุมชนของการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการสอนของครู

3.3.5 การพัฒนาวิชาชีพครูควรส่งเสริมบทบาทความเป็นผู้นำให้กับครู เช่น บทบาทของการเป็นผู้สนับสนุนครูคนอื่น ๆ บทบาทของการเป็นตัวแทนของการเปลี่ยนแปลง และบทบาทของการเป็นผู้ส่งเสริมให้มีการปฏิรูป

3.3.6 การพัฒนาวิชาชีพครูเชื่อมโยงกับส่วนอื่นของระบบการศึกษา เช่น การบูรณาการกับชุมชนหรือโรงเรียนต้นแบบ กรอบแนวคิดเกี่ยวกับหลักสูตรของชุมชนหรือรัฐ รวมทั้งการประเมินผลและมีการสนับสนุนภายในชุมชนด้วย

3.3.7 การออกแบบการพัฒนาวิชาชีพครูอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนและต้องได้รับการประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบต่อประสิทธิภาพของครู การเรียนรู้ของผู้เรียนความเป็นผู้นำ และชุมชนของโรงเรียน

4. กลวิธีสำหรับการพัฒนาวิชาชีพ

กลวิธีสำหรับการพัฒนาวิชาชีพมีผู้ได้ทำการเสนอแนวทางการพัฒนาไว้มากมาย ผู้วิจัยขอนำเสนอกิจกรรมการพัฒนาวิชาชีพครู จำนวน 35 รูปแบบ ดังนี้

4.1 การวิจัยบทเรียน (Lesson Study) การศึกษาบทเรียนเป็นตัวอย่างของกลยุทธ์การเรียนรู้แบบมืออาชีพที่มุ่งสู่ความสำเร็จ 4 ประการ ได้แก่ การเพิ่มพูนความรู้ของครู ยกระดับคุณภาพการสอน การพัฒนาความสามารถในการเป็นผู้นำ และสร้างชุมชนการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ กลยุทธ์ต้องการให้ครูเจาะลึกเนื้อหาวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ในบทเรียน ศึกษามาตรฐาน และการวิจัยเพื่อระบุแนวทางการสอนและการสอนที่เหมาะสม พัฒนาผู้อำนวยความสะดวก และผู้นำและดำเนินการภายในวัฒนธรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันโดยมุ่งเน้นที่การปรับปรุงการสอนและการเรียนรู้ และเป็นกิจกรรมครูรวมกลุ่มกัน 3-6 คน เพื่อช่วยกัน ตรวจสอบและปรับปรุงการสอนซึ่งกันและกันอย่างเป็นระบบ ในกระบวนการนี้ครูจะวางแผนคัดเลือก วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ที่นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้ และนำมาร่วมกันตั้งคำถามเพื่อการวิจัยบทเรียน คำถามวิจัยนี้จะเป็นชี้แนะการทำงานของครู จากนั้นครูจะร่วมมือกันวางแผนรายละเอียดสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของแผนการสอนทุก ๆ แผนในบทเรียน เมื่อครูหนึ่งคนปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน สมาชิกกลุ่มที่เหลือจะสังเกตการสอน หลังจากสังเกตการสอนแล้วกลุ่มจะประชุม เพื่ออภิปรายสิ่งที่ตนได้สังเกตเพื่อแก้ไขแผนการสอน จากนั้นให้ครูอีกคนนำ ไปใช้สอนในชั้นเรียน ห้องที่ 2 ขณะที่สมาชิกกลุ่มคนอื่นเข้าสังเกตการสอน กลุ่มจะพบกันอีกครั้งเพื่ออภิปรายผลข้อมูล จากการสังเกต และขั้นสุดท้ายครูจะเขียนรายงาน สิ่งที่ตนได้เรียนรู้จากการวิจัยบทเรียน และการ ตอบคำ ถามวิจัยที่กำ หนดไว้

4.2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นกลยุทธ์การเรียนรู้แบบมืออาชีพ เพื่อช่วยให้นักการศึกษาบรรลุผลทั้งสี่สำหรับครู ได้แก่ การเสริมสร้างความรู้ของครู การพัฒนาคุณภาพการสอน การพัฒนาความสามารถในการเป็นผู้นำและสร้างชุมชนการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพิ่มพูนความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ของครูในสิ่งที่สอน สำรวจประสิทธิผลของการสอน มีส่วนร่วมในฐานะผู้นำครูในกระบวนการในการทำวิจัยและร่วมมือกับอาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ และผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาอื่น ๆ นอกจากนี้ยังเป็นกลยุทธ์ที่นำตัวเองไปสู่การเป็นผู้นำครู เช่น โค้ชและพี่เลี้ยง สำรวจแนวปฏิบัติของตนเองในฐานะผู้อำนวยความสะดวกการเรียนรู้ของครูคนอื่น ๆ และการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นกิจกรรมที่ครูศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติการสอนของตน เมื่อพบปัญหาก็หาวิธีแก้ไขปรับปรุงโดยการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อคัดเลือกวิธีการ อาจจะทดลองการสอนเนื้อหา หรือความคิดรวบยอดด้วยวิธีการที่แตกต่างกันเพื่อพิจารณาว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน การวิจัยปฏิบัติการเป็นกลยุทธ์การสะท้อนผลการสอนที่จำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่จะนำไปสู่การส่งเสริมการปฏิบัติสอน ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ ทั้งรายบุคคลและกลุ่ม

4.3 พี่เลี้ยงและการเป็นพี่เลี้ยง (Mentors and Mentorship) คือ พี่เลี้ยงเป็นกระบวนการที่จัดให้ครูที่มี ความเชี่ยวชาญด้านการสอนหรือมีประสบการณ์ มากกว่าช่วยเหลือครูที่ด้อยประสบการณ์ด้านการสอน โดยการช่วยเหลือแนะนำ ด้านการออกแบบ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การเข้าสังเกต การสอนในชั้นเรียน การให้ข้อมูลย้อนกลับหลังการ สังเกตการสอน การให้คำแนะนำ เพื่อเพิ่มทักษะ การสอน การพัฒนาเทคนิคการสอนใหม่ ๆ และการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดการชั้นเรียน

4.4 กลุ่มศึกษา (Study Groups) เมื่อพิจารณาจากความสนใจของการศึกษากลุ่มจะได้ผลลัพธ์สำหรับการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ แตกต่างกันตามสิ่งที่กลุ่มต้องการ เช่น ถ้าครูมุ่งเน้นที่การฝังตัวในเนื้อหา มาตรฐาน และกลยุทธ์การวิจัย ผลลัพธ์จะอยู่ที่การปรับปรุงเนื้อหาความรู้ หากครูมุ่งเน้นไปที่การตรวจสอบการสอนและการเรียนรู้ ผลลัพธ์ที่คาดหวังจะเป็นการยกระดับแนวทางการสอนที่มีคุณภาพ การมีส่วนร่วมในกลุ่มศึกษามีส่วนช่วยในการพัฒนาความเป็นผู้นำความสามารถและการสร้างชุมชนการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ และกลุ่มศึกษาเป็นการรวมกลุ่มของครูไม่เกิน 6 คน มีการพบปะอย่างสม่ำเสมอเพื่อศึกษาประเด็นหรือหัวข้อที่กำหนดไว้ล่วงหน้าขั้นตอนการดำเนินงานของกลุ่มร่วมศึกษา ได้แก่การนิยามภารกิจของการพบกลุ่มร่วมศึกษาแต่ละครั้งกำ หนดตารางเวลาประชุมและสถานที่ประชุม การกำหนดบทบาทของสมาชิกกลุ่มในการประชุม การอภิปรายแลกเปลี่ยนเพื่อตัดสินใจกำหนดแผนปฏิบัติการสำหรับประเด็นที่ร่วมศึกษาและพิจารณาหาผู้นำที่เหมาะสม การอภิปรายเกณฑ์การประเมินความสำเร็จ

4.5 การประเมินผลงานของนักเรียน (Examining Student Work) ผลลัพธ์หลักของการตรวจสอบงานของนักเรียน ช่วยยกระดับคุณภาพการสอน ครูสำรวจความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระบุด้านที่ต้องปรับปรุงและดำเนินการปรับปรุงแนวทางการเรียนการสอน การมุ่งเน้นความต้องการการเรียนรู้ของนักเรียนช่วยให้ครูระบุความต้องการของตนเองในการเพิ่มพูนความรู้ด้านเนื้อหา

4.6 เครือข่ายวิชาชีพ (PROFESSIONAL NETWORKS) ผลลัพธ์หลักของเครือข่ายมืออาชีพคือการสร้างการเรียนรู้อย่างชุมชนมืออาชีพและการพัฒนาความสามารถในการเป็นผู้นำ ผู้นำของครูมักเป็นสมาชิกของเครือข่ายวิชาชีพต่าง ๆ ที่สนับสนุนการเรียนรู้ในฐานะผู้นำและจัดให้มีกระดานสนทนาเพื่อสะท้อนการปฏิบัติ เครือข่ายส่งเสริมชุมชนแห่งการเรียนรู้และด้วยรูปแบบออนไลน์การเข้าถึงเครือข่ายระดับชาติและระดับนานาชาติ ชุมชนแห่งการปฏิบัติเหล่านี้สามารถเชื่อมโยงครูทั่วโลก และระบบการศึกษาจะต้องเชื่อมโยงกันและสนับสนุนซึ่งกันและกัน การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ช่วยเชื่อมโยงครูเข้าสู่ชุมชนอิเล็กทรอนิค ระบบเปิดสามารถเชื่อมโยงครูเข้ากับระบบเครือ ข่ายห้องสมุด ฐานข้อมูลและระบบสื่อสารอื่น ๆ ที่มีอยู่แล้ว

4.7 การประชุมสัมมนา (Conference) เป็นการประชุมสัมมนาเพื่อแลกเปลี่ยนการปฏิบัติ การสอนที่เป็นเลิศระหว่างครูเพื่อการเรียนรู้ร่วมกัน การประชุมสัมมนาที่เป็นส่วนหนึ่งของแผนพัฒนาวิชาชีพอย่างต่อเนื่องจะเป็นการประชุมสัมมนาที่มีประสิทธิภาพ กลยุทธ์เหล่านี้อาจส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของครู ตัวอย่างเช่น ระหว่างเวิร์คช็อปครูอาจได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักสูตรใหม่และสื่อการสอนที่จะใช้ในปีหน้า แล้วจึงร่วมอภิปรายกรณีศึกษาเพื่อสำรวจแนวทางการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักสูตรใหม่ ระหว่างสถาบันครูอาจเพิ่มความเข้าใจเนื้อหาระดับในด้านวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์แล้วมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมในการศึกษาบทเรียนเพื่อนำการเรียนรู้ใหม่นั้นไปใช้ ระหว่างสัมมนาครูอาจมีส่วนร่วมกับการศึกษาหัวข้อหลักสูตรและอภิปรายความหมายสำหรับการเรียนการสอน

4.8 การจัดทำแผนผังหลักสูตร (Curriculum Mapping) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือในการจัดระบบการสอน ครู จะวางโครงสร้างลำ ดับของเนื้อหาที่จะสอน และกำหนดขอบเขตของเรื่องที่จะสอนให้กับนักเรียน ทุกคน แผนผังหลักสูตรนี้ยังใช้เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการนำ หลักสูตรไป ใช้โรงเรียนและในเขตพื้นที่การศึกษา และเป็นกำหนดการสอนที่ครูจะต้องปฏิบัติการสอน เนื้อหาอะไร สอนเมื่อไร และจะสอดคล้องข้อมูลการประเมินด้านใดบ้าง ซึ่งจะช่วยให้ครูสามารถปรับปรุงการสอนได้

4.9 การพัฒนาหลักสูตรแบบร่วมมือ (Collaborative Curriculum Development) เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ครูทำงานร่วมกันเพื่อศึกษาค้นคว้าเนื้อหาวิชาเชิงลึกและวางแผนร่วมกันเพื่อออกแบบเอกสารประกอบการสอน วิธีสอน แหล่งทรัพยากร และเครื่องมือการประเมิน

4.10 การวางแผนหลักสูตรบูรณาการ (Integrated Curriculum Planning) เป็นการจัดทำ หลักสูตรบูรณาการโดยครูจัดระบบหลักสูตรที่มี เนื้อหาข้ามกลุ่มสาระเข้าสู่หน่วยการเรียนที่มีความ หมายและมีความเชื่อมโยงซึ่งจะช่วยให้นักเรียน เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหา ครูต้องวางแผนหลักสูตรบูรณาการ ดังนี้

1) กำหนดหน่วยการเรียนและจุดเน้นของหน่วยการเรียน

2) แสวงหาแหล่งข้อมูลนอกเหนือจากแบบเรียน

3) ความเชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอด

4) กำหนดกรอบเนื้อหาของหน่วยการเรียน

5) กำหนดตารางเรียนที่ยืดหยุ่น และ

6) จัดกลุ่มนักเรียนให้มีความยืดหยุ่น

4.11 การศึกษาหนังสือ (Book Study) กิจกรรมนี้จะได้ผลดีที่สุดเมื่อผู้เข้าร่วมมีทักษะและความสนใจที่เหมือนกัน แต่การมีมุมมองที่หลากหลายซึ่งจะช่วยให้การอภิปรายมีชีวิตชีวา สมาชิกในกลุ่มจะต้องมติเป็นเอกฉันท์ เรื่องตารางเวลาสำหรับการอ่านและการอภิปราย ซึ่งจะประกอบด้วยการประชุม 4-8 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลา 60-90 นาที การคัดเลือกหนังสือในหัวข้อที่เป็นที่สนใจของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม หนังสือต้องกระตุ้นความคิดและมีเนื้อหาเชิงลึกเพื่อกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายถกเถียงก่อนการสรุปของการศึกษาหนังสือ ซึ่งการสรุปผลใช้เกณฑ์จากคำถามต่อไปนี้

1) หนังสือได้กระตุ้นให้เกิดการคิด และการอภิปรายหรือไม่

2) สมาชิกกลุ่มศึกษาหนังสือบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือไม่

3) ประสบการณ์ที่กลุ่มได้เรียนรู้จะนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนได้อย่างไร

4.12 การสะท้อนคิดด้วยตนเอง (Self Reflection) การสะท้อนคิดด้วยตนเองเป็นทักษะที่สำคัญของการพัฒนาการปฏิบัติงานในวิชาชีพของตน ครูที่สอนอย่างมีประสิทธิภาพส่วนมากจะใช้การสะท้อนคิด 3 ระดับ คือ การสะท้อนคิด ขณะวางแผนการสอน สะท้อนคิดขณะปฏิบัติการสอน และสะท้อนคิดหลังการสอนเพื่อการปรับปรุง การสอนการสะท้อนคิดด้วยตนเองแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน

1) การระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสอน

2) การรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประเด็นที่จะปรับปรุง

3) การสะท้อนคิดและวิเคราะห์ข้อมูลและตัดสิน ใจเกี่ยวกับกลยุทธ์ใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา

4) การประยุกต์ใช้กลยุทธ์เพื่อการปรับปรุงการสอน

4.13 การเขียนบันทึก (Journaling) เป็น เทคนิคหนึ่งสำ หรับการบันทึกการสังเกต และการสะท้อนคิดเกี่ยวกับการสอน ความก้าวหน้าของ นักเรียน การใช้นวัตกรรมการสอน หรือประเด็นอื่น ๆ ที่ครูต้องการพัฒนา

4.14 การเยี่ยมชั้นเรียน (Classroom Visitation) เป็นการเรียนรู้จากเพื่อนครูที่มีวิธีสอน ที่เป็นเลิศและได้รับการยอมรับ โดยครูเข้าเยี่ยมชั้นเรียนของเพื่อนครูด้วยกัน เพื่อสังเกตการใช้นวัตกรรมการสอน เพื่อการเรียนรู้การใช้นวัตกรรมการสอนนั้น และนำมาปรับใช้หรือสกัดเป็นวิธีการสอนของตนที่เป็นผลจากการสังเกต

4.15 การสนทนาอย่างมีจุดเน้น (Focus Conversations) เป็นกระบวนการที่ช่วยให้บุคคล สะท้อนคิดร่วมกันเกี่ยวกับประเด็นใด ๆ ก็ได้ ผู้นำการสนทนาจะตั้งชุดของคำถามที่จะนำสู่การตอบ สนองของกลุ่มตั้งแต่หัวข้อที่ผิวเผินจนถึงการนำ ไปประยุกต์ใช้

4.16 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) เป็นวิธีการที่ครูศึกษาและใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสิน ใจว่าจะสอนอะไร สอนอย่างไร และใช้ตัดสินว่ากเรียนได้เรียนรู้ในเรื่องที่สอน หรือไม่ ได้แก่ ข้อมูลจากแบบทดสอบมาตรฐาน แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น หรืองานที่ครูมอบหมาย แฟ้มสะสมงานของนักเรียน การสังเกต และข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ

4.17 การชี้แนะโดยเพื่อนร่วมงาน (Peer Coaching) คือกระบวนการที่ครูขอให้เพื่อนร่วม งานเข้าสังเกตการปฏิบัติสอนของตน และขอรับ ข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการสอนของตน จุดเน้นของการโค้ชคือการสนับสนุนความรู้และการปฏิบัติของครูความสัมพันธ์กับหัวหน้าครูแบบมืออาชีพ กลยุทธ์นี้ออกแบบมาเพื่อผลลัพธ์ 4 ประการ ได้แก่ การเพิ่มพูนความรู้ของครู ยกระดับคุณภาพการสอน การพัฒนาความสามารถในการเป็นผู้นำ และสร้างชุมชนการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ เน้นการเรียนการสอนให้ "เนื้อหา" สำหรับความสัมพันธ์การฝึกและโค้ชมีส่วนร่วมกับครูในการทำความเข้าใจเนื้อหาของตนอย่างลึกซึ้งและสะท้อนของพวกเขา

4.18 การแลกเปลี่ยนบุคลากร (Education Exchange) เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของ ครู โดยที่โรงเรียนอาจมีสัญญาแลกเปลี่ยนครูทั้ง ระดับชาติ และนานาชาติ

4.19 ทีมงานพัฒนาโรงเรียน (School Improvement Teams) เป็นการรวมกลุ่มของครูเพื่อจัดตั้งเป็นทีมงานเพื่อพัฒนาโรงเรียนให้ สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมด้านต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้ครูมีความจำเป็นต้องพัฒนาวิชาชีพของตน และครูต้องมีความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนหรือพฤติกรรมการทำงาน รวมทั้งการที่ครูต้องเสียสละเวลาเพื่อทำให้เกิดการพัฒนาโรงเรียนตามแผนกลยุทธ์ที่ทีมงานได้ กำหนดร่วมกัน

4.20 การประชุมทางไกล (Video Conferencing) เป็นการประชุมที่ช่วยให้ครูสามารถปรึกษาเพื่อนร่วมงานเมื่อมีข้อจำกัดด้านระยะทางที่ทำให้ครูไม่ได้เข้าร่วมประชุมได้การประชุมทางไกลสามารถใช้ในการอำนวยความสะดวกกลุ่มร่วมศึกษา กลุ่มวิเคราะห์ผลงานนักเรียน การอบรมปฏิบัติการและการนำเสนองาน

4.21 การประชุมครู (Teachers' Conventions) การประชุมครูทั้งระดับท้องถิ่นและระดับชาติในวาระที่แตกต่างกัน เช่น การประชุม เพื่อร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปในประเด็นต่าง ๆ หรือการประชุมเพื่อสรุปผลการดำเนินงาน ซึ่งการประชุมและสัมมนาครูนี้สามารถสร้างแรงบันดาลใจ จูงใจและสร้างความรู้สึกในการริเริ่มทำงานด้วยวิธีการใหม่ ๆ ได้ ดังนั้นโรงเรียนบางแห่งจะส่งครูร่วมประชุมสัมมนาเป็นกลุ่ม และนำสิ่งที่กลุ่มครูได้เรียนรู้กลับมาประชุมอภิปราย และเสนอวิธีการนำความรู้นั้น ๆ มาใช้ปรับปรุ การเรียนรู้ของนักเรียนและปฏิบัติการสอนในห้องเรียน

4.22 การรับนักศึกษาครูฝึกประสบการณ์วิชาชีพ (Hosting a Student Teacher) เป็นรูปแบบหนึ่งของการนิเทศแบบพี่เลี้ยงร่วมกับมหาวิทยาลัย ทั้งครูพี่เลี้ยงในโรงเรียนและอาจารย์นิเทศก์จากมหาวิทยาลัยได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

4.23 แฟ้มสะสมงาน (Professional Portfolio) เป็นการรวบรวมหนังสือเกียรติบัตร ใบวุฒิบัตร หรือผลงาน ซึ่งเป็นเอกสารการปฏิบัติงานวิชาชีพของครู ครูบางคนใช้กระบวนการพัฒนาแฟ้มสะสมงานเพื่อสะท้อนผลและปรับปรุงการ ปฏิบัติงานวิชาชีพของตน

4.24 การค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต (Internet Research) เปิดโอกาสให้เข้าถึงฐานข้อมูลจำ นวนมากในหัวข้อที่ไม่มีขีดจำกัดโดยบุคคลทั่วโลก

4.25 สถาบันภาคฤดูร้อน (Summer Institutes) เป็นการเสนอโอกาสให้ครูได้เข้าร่วมศึกษาด้านหลักสูตรและการสอนในช่วงระยะเวลา ปิดภาคฤดูร้อนในสถาบันทางวิชาชีพ ซึ่งสถาบันส่วนใหญ่อาจจะจัดระยะเวลา 3 วัน หรือมากกว่า

4.26 การเข้าศึกษาต่อหลังสำเร็จการศึกษา (Post-Secondary Courses) ครูที่สนใจในการพัฒนาวิชาการอย่างต่อเนื่องสมัครเข้าศึกษาต่อในสถาบันการศึกษา สถาบันบางแห่งเสนอกลยุทธ์ การเรียนออนไลน์ หรือจัดการศึกษานอกที่ตั้งของสถาบัน

4.27 การประชุมเชิงปฏิบัติการสถาบันและการสัมมนา (WORKSHOPS, INSTITUTES, AND SEMINARS) ขึ้นอยู่กับเป้าหมายและวัตถุประสงค์ตลอดจนโครงสร้างเฉพาะสำหรับการเรียนรู้มืออาชีพ (เช่น การประชุมเชิงปฏิบัติการ สถาบัน หรือสัมมนา) กลยุทธ์เหล่านี้อาจส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของครูทั้งสี่ประการ ตัวอย่างเช่น ระหว่างเวิร์คช็อปครูอาจได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักสูตรใหม่และสื่อการสอนที่จะใช้ในปีหน้า แล้วจึงร่วมอภิปรายกรณีศึกษาเพื่อสำรวจแนวทางการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักสูตรใหม่ ระหว่างสถาบันครูอาจเพิ่มความเข้าใจเนื้อหาระดับในด้านวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์แล้วมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมในการศึกษาบทเรียนเพื่อนำการเรียนรู้ใหม่นั้นไปใช้

ระหว่างสัมมนาครูอาจมีส่วนร่วมกับการศึกษาหัวข้อหลักสูตรและอภิปรายความหมายสำหรับการเรียนการสอน

4.28 กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร (CURRICULUM TOPIC STUDY) เป้าหมายของกลวิธีนี้คือการสร้างการรับรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์และเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการรู้ขั้นพื้นฐานสำหรับผู้ใหญ่ เพื่อกำหนดเป้าหมายสำหรับเนื้อหาที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นและเพื่อทำความเข้าใจหัวข้อหลักสูตรวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน ตลอดจนงานวิจัยชี้แนะเกี่ยวกับการสอนอย่างไร การใช้ CTS ที่มีประสิทธิภาพคือการพัฒนาผู้นำด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์การศึกษา ผู้นำเช่น นักวิทยาศาสตร์หรืออาจารย์คณิตศาสตร์ที่ทำงานมหาวิทยาลัย ครูผู้นำครู นักพัฒนามืออาชีพ ทุกคนอาจมีพื้นฐานที่ยอดเยี่ยมในด้านวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ที่พวกเขารู้ แต่อาจไม่เข้าใจอย่างลึกซึ้งว่าเนื้อหาคืออะไร เหมาะสมในระดับชั้นประถมศึกษาที่เท่าไร ผู้นำจะช่วยเติมช่องว่างในความรู้เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่ดีขึ้น ผู้นำไม่ว่าในบทบาทโค้ชหรือศาสตราจารย์ที่เป็นผู้นำเนื้อหาสถาบัน การดำเนินการศึกษา CTS สามารถขยายความรู้เพื่อสนับสนุนคุณในการออกแบบประสบการณ์สำหรับครูที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4.29 กลวิธีการฝังตัวการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ (IMMERSION IN INQUIRY IN SCIENCE AND PROBLEM SOLVING IN MATHEMATICS) ผลลัพธ์หลักของกลวิธีการฝังตัวการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ คือการเสริมสร้างความรู้ของครู มุ่งเน้นไปที่เนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์และกระบวนการของสาขาวิชา ผลลัพธ์รองคือยกระดับคุณภาพการสอนซึ่งทำได้โดยการสนับสนุนครูให้นำไปปฏิบัติความรู้ใหม่ของพวกเขาในการปฏิบัติการสอนของพวกเขา

4.30 กลวิธีเนื้อหารายวิชา (CONTENT COURSES) ผลลัพธ์หลักของหลักสูตรเนื้อหาคือการเสริมสร้างความรู้ของครู มุ่งเน้นไปที่เนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์และกระบวนการของสาขาวิชาต่าง ๆ ผลลัพธ์รองคือการปรับปรุงคุณภาพการสอน เนื่องจากวัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมหลักสูตรคือเพื่อให้ความรู้ลึกซึ้งถึงเนื้อหาที่ครูผู้สอนสอน

4.31 บทเรียนสาธิต (DEMONSTRATION LESSONS) การส่งเสริมคุณภาพการสอนเป็นผลหลักของบทเรียนสาธิต ครูผู้สอนมุ่งเน้นไปที่การปฏิบัติในห้องเรียนเฉพาะระหว่างบทเรียนและบทสนทนาระหว่างก่อนและหลังการสนทนา การมีส่วนร่วมกับพวกเขาในการไตร่ตรองถึงวิธีปรับปรุงการสอนและการเรียนรู้ ระหว่างการสนทนา พวกเขายังสำรวจเนื้อหาของตนเองและความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาการสอนและด้วยการแนะนำของวิทยากรที่มีทักษะ และสามารถเพิ่มพูนความรู้ของพวกเขามุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงการปฏิบัติและการสร้างชุมชนการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ บทเรียนสาธิตยังมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาความสามารถในการเป็นผู้นำ เนื่องจากผู้นำครูที่มีประสบการณ์มากกว่ามักจะเป็นผู้ที่เหมาะสมในการดำเนินการพัฒนาวิชาชีพเพื่ออำนวยความสะดวกในการอภิปราย

4.32 การอภิปรายกรณีศึกษา (CASE DISCUSSION) เป็นกลวิธีส่งเสริมคุณภาพการสอน เน้นเฉพาะกรณีของการเรียนการสอนและการสนทนาเกี่ยวกับกรณีนี้ ครูมีส่วนร่วมในการไตร่ตรองถึงวิธีการปรับปรุงการปฏิบัติ ในระหว่างการสนทนาครูอาจสำรวจความรู้ด้านวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ของตนเองและการอภิปรายเปิดโอกาสในการเพิ่มพูนความรู้เฉพาะของครู นอกจากนี้กลยุทธ์นี้ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการเป็นผู้นำ และการสร้างชุมชนการเรียนรู้อย่างมืออาชีพอย่างต่อเนื่องและสะท้อนถึงวิธีการปรับปรุงการสอนและการเรียนรู้

4.33 กลวิธีการเลือกสื่อการเรียนการสอน (INSTRUCTIONAL MATERIALS SELECTION) การเลือกสื่อการสอนเป็นกลยุทธ์การเรียนรู้แบบมืออาชีพนั้นมีเป้าหมายเป็นส่วนใหญ่สู่การ ยกระดับคุณภาพการสอน สื่อการสอนที่คัดเลือกมาออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการสอน และการเรียนรู้ และผ่านการคัดเลือกและกระบวนการทดลอง กลยุทธ์ยังสนับสนุนการเพิ่มพูนความรู้ของครู เนื่องจากกระบวนการคัดเลือกสื่อเกี่ยวข้องกับความเข้าใจของครูในเนื้อหาอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น วิธีที่นักเรียนเรียนรู้เนื้อหา และการตรวจสอบงานของนักเรียนเพื่อหาหลักฐานการเรียนรู้ของนักเรียนกลยุทธ์นี้ยังส่งผลดีต่อการพัฒนาผู้นำครูในบทบาทต่าง ๆ ในการเลือกสื่อการสอน

4.34 กลวิธีการนำหลักสูตรไปใช้ (CURRICULUM IMPLEMENTATION) ผลลัพธ์เบื้องต้นของหลักสูตรการนำไปปฏิบัติเป็นการส่งเสริมคุณภาพการสอนโดยให้ครูทุกคนเข้าถึงหลักสูตรและวัสดุคุณภาพสูง กลยุทธ์การพัฒนาวิชาชีพเพิ่มเติมที่จำเป็นต้องฝังอยู่ในการดำเนินการตามหลักสูตรมีส่วนช่วยให้เสริมสร้างความรู้ของครู พัฒนาความสามารถในการเป็นผู้นำ และการสร้างชุมชนการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ

4.35 การพัฒนาวิชาชีพออนไลน์ (ONLINE PROFESSIONAL DEVELOPMENT) ผลลัพธ์หลักของการพัฒนาวิชาชีพออนไลน์คือการเสริมสร้างความรู้และสร้างชุมชนการเรียนรู้อย่างมืออาชีพ ความรู้ของครูเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แนวทางการสอน และความเข้าใจของนักเรียนสามารถปรับปรุงการเรียนรู้ผ่านหลักสูตรออนไลน์กระดานสนทนา และการสัมมนาผ่านเว็บผ่านการสื่อสารออนไลน์และการโต้ตอบกับผู้อื่น (S. Loucks-Horsley, Hewson, Love, & Stiles, 1998; นารีรัตน์ รักวิจิตรกุล, 2560)

5. แนวทางการพัฒนาแนวคิด

การจัดการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาแนวคิดมีพื้นฐานจากแนวคิดคอนสตรักติวิซึม (Duit: 1991 อ้างถึงใน จันทร์จิรา ภมรศิลปกรรม, 2551) ที่เชื่อว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้ใหม่หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความรู้เดิมหรือแนวคิดทางเลือกเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนาแนวคิดคือกระบวนการในการปรับความรู้เดิมให้สอดคล้องกับความรู้ใหม่ (PosNER, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982) โดยกล่าวว่าการที่นักเรียนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดได้มีเงื่อนไขสำคัญอยู่ 4 เงื่อนไข คือ 1) นักเรียนจะต้องไม่พอใจในความรู้เดิมเห็น

ว่าความรู้เดิมไม่สามารถอธิบายหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ต้องการได้ (Dissatisfaction) 2) นักเรียนจะต้องมีความเข้าใจความรู้ใหม่ (Intelligibility) 3) นักเรียนจะเห็นว่าความรู้ใหม่มีประโยชน์สามารถช่วยในการแก้ปัญหาที่ต้องการได้ (Plausibility) 4) นักเรียนต้องสามารถนำความรู้ใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ที่แนวคิดเดิมของนักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาหรืออธิบายได้

วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนาแนวคิดไม่ใช่การบังคับให้นักเรียนยอมรับหรือเปลี่ยนจากความรู้เพิ่มไปสู่ความรู้ใหม่ที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการสนับสนุนให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยการปรับความรู้เดิมให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Hewson, 1992) และ Stephans (1994) ได้เสนอว่าการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนาแนวคิดเพื่อให้นักเรียนเกิดเงื่อนไขของรูปแบบตามที่ Posner เสนอนั้น มีกระบวนการสำคัญ 5 ขั้นตอน คือ

1. นักเรียนระบุแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Express Ideas) ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนระลึกถึงความรู้หรือประสบการณ์เดิมของตนเองที่เกี่ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดนั้นโดยอาจยกสถานการณ์ที่น่าสนใจที่ลังเกิดขึ้นในปัจจุบันหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนได้ระบุหรือแสดงแนวคิดเดิมของตนเอง

2. นักเรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Share Ideas) ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนแบ่งปันบอกเล่าแนวคิดที่มีก่อนเรียนให้เพื่อนที่อยู่ข้าง ๆ และเพื่อนในห้องเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองร่วมกันโดยอาจให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิดของตนเองหน้าชั้นเรียนและอภิปรายแนวคิดของตนเองร่วมกับผู้อื่น

3. นักเรียนทดสอบแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Challenge Ideas) ครูต้องจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ทดสอบแนวคิดที่มีก่อนเรียนโดยกิจกรรมนั้น ๆ จะต้องให้นักเรียนได้มีโอกาสคิดลงมือปฏิบัติให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอจ่อการสรุปและเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้เช่นการทดลองการสาธิตศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้จริงหรือสถานการณ์จำลองศึกษาจากเอกสารหรืออินเตอร์เน็ตเป็นต้น

4. นักเรียนปรับหรือยอมรับแนวคิด (Accommodate Ideas) ครูต้องกระตุ้นซักถามหรือจัดกิจกรรมให้นักเรียนวิเคราะห์พิจารณาแนวคิดเดิมที่มีก่อนเรียนเปรียบเทียบกับแนวคิดที่ได้จากการจัดกิจกรรมสิ่งใดที่เหมือนกันหรือต่างกันแปลความหมายและสรุปเป็นแนวคิดใหม่พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดใหม่ของตนเองและอภิปรายแนวคิดใหม่ที่ได้กับเพื่อน ๆ

5. นักเรียนน้ำแนวคิดใหม่ไปใช้ (Apply Ideas) ครูต้องกระตุ้นซักถามและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแนวคิดใหม่ที่ได้ไปใช้อภิปรายหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ โดยเฉพาะสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนหากนักเรียนสามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปอธิบายหรือ

แก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ได้มากก็แสดงให้เห็นว่าความรู้ใหม่นั้นมีประโยชน์ทำให้นักเรียนเกิดการยอมรับและเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

Joyce, & Weil (1996, pp. 161-178) ได้พัฒนาวิธีการจัดการเรียนการสอนให้เกิดแนวคิด โดยใช้แนวคิดของบรูเนอร์ กู๊ดนาว และออสติน (Bruner, Goodnow and Austin) ว่าการเรียนรู้แนวคิดของสิ่งใดสิ่งหนึ่งสามารถทำ ได้โดยการค้นหา และวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนให้เกิดแนวคิด เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดของเนื้อหาสาระต่าง ๆ ด้วยความเข้าใจและสามารถให้คำนิยามของแนวคิดนั้นได้ด้วยตนเอง

การจัดการเรียนการสอนให้เกิดแนวคิด ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผู้สอนเตรียมข้อมูลสำหรับให้ผู้เรียนฝึกหัดจำแนก โดย

1) ผู้สอนเตรียมข้อมูล 2 ชุด ชุดหนึ่ง เป็นตัวอย่างของแนวคิดที่ต้องการสอน อีกชุดหนึ่งไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดที่ต้องการสอน

2) ในการเลือกตัวอย่างข้อมูล 2 ชุดข้างต้น ผู้สอนจะต้องเลือกหาตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอที่จะครอบคลุมลักษณะของแนวคิดที่ต้องการนั้น

3) ถ้าแนวคิดที่ต้องการสอนเป็นเรื่องยากและซับซ้อนหรือเป็นนามธรรม อาจใช้วิธีการยกเป็นตัวอย่างเรื่องสั้น ๆ ที่ผู้สอนแต่งขึ้นเองนำเสนอแก่ผู้เรียน

4) ผู้สอนเตรียมสื่อการสอนที่เหมาะสมจะใช้ประกอบการนำเสนอตัวอย่างแนวคิดเพื่อแสดงให้เห็นลักษณะต่าง ๆ ของแนวคิดที่ต้องการสอนอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 2 ผู้สอนอธิบายกติกาในการเรียนให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจตรงกันโดยชี้แจงและสาธิตวิธีการและให้ผู้เรียนลองทำตามที่ผู้สอนบอก จนกระทั่งผู้เรียนเกิดความเข้าใจ

ขั้นที่ 3 ผู้สอนเสนอข้อมูลตัวอย่างของแนวคิดที่ต้องการสอน และข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดที่ต้องการสอน ซึ่งสามารถทำได้หลายแบบ แต่ละแบบมีจุดเด่น-จุดด้อยต่างกันดังนี้

1) นำเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูลจนหมดทั้งชุด โดยบอกให้ผู้เรียนรู้ว่าเป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอน แล้วตามด้วยการเสนอข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูล ผู้เรียนจะต้องสังเกตตัวอย่างทั้ง 2 ชุด และคิดหาลักษณะร่วมและลักษณะที่แตกต่างกัน เทคนิควิธีนี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนสร้างแนวคิดได้เร็ว แต่ใช้กระบวนการคิดน้อย

2) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนสลับกันไปจนครบ เทคนิควิธีนี้ผู้เรียนจะใช้เวลาในการสร้างแนวคิดมากกว่าการนำเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูลจนหมดทั้งชุด แต่ได้ใช้กระบวนการคิดมากกว่า

3) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วเสนอข้อมูลที่เหลือทั้งหมดทีละข้อมูล โดยให้ผู้เรียนตอบว่าข้อมูลแต่ละข้อมูลที่เหลือนั้นใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่างที่จะ

สอน เมื่อผู้เรียนตอบ ผู้สอนจะเฉลยว่าผู้เรียนตอบถูกหรือผิด โดยวิธีนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดในการทดสอบสมมติฐานของตนไปทีละขั้นตอน

4) เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วให้ผู้เรียนช่วยกันยกตัวอย่างข้อมูลที่ผู้เรียนคิดว่าใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอน โดยผู้สอนจะเป็นผู้ตอบว่าใช่หรือไม่ใช่ วิธีนี้ผู้เรียนจะมีโอกาสคิดมากขึ้น

ขั้นที่ 4 ให้ผู้เรียนบอกลักษณะเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอน ซึ่งผู้เรียนจะทำ ได้โดยคิดวิเคราะห์ข้อมูลของตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่สิ่งที่จะสอน เพื่อหาลักษณะร่วมของสิ่งนั้น ซึ่งผู้เรียนได้ทำอยู่แล้วในขณะที่ผู้สอนนำ เสนอตัวอย่างในการสอนขั้นที่ 3 ผู้เรียนจะได้ค้นหาคุณสมบัติเฉพาะของตัวอย่างที่ใช่และคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญของสิ่งนั้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่ใช่และไม่ใช่สิ่งนั้นออกจากกันได้ไม่ใช่สิ่งที่ผู้สอนต้องการสอน และตรวจสอบคำตอบของตน ถ้าพบว่าคำตอบของตนไม่สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะที่ผู้สอนเสนอผู้เรียนก็จะหาคำตอบใหม่ ซึ่งหมายความว่าต้องเปลี่ยนสมมติฐานของคำตอบเดิม ด้วยวิธีนี้ผู้เรียนจะค่อย ๆ สร้างแนวคิดของสิ่งนั้นขึ้นมา

ขั้นที่ 5 ให้ผู้เรียนสรุปและให้คำจำกัดความของสิ่งที่ต้องการสอน จากข้อมูลรายการคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอน นำมาเรียบเรียงให้เป็นคำนิยามหรือคำจำกัดความของสิ่งนั้น

ขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการที่ผู้เรียนใช้ในการหาคำตอบให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตัวเอง

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคณะ (2548, น. 150-165) กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์นั้น ควรปฏิบัติดังนี้

1. ครูผู้สอนควรสำรวจแนวคิดพื้นฐานก่อนเรียนเรื่องใหม่ของผู้เรียน เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนมี แนวคิดที่ไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนหรือไม่ อย่างไร จะได้หาแนวทางส่งเสริมให้ผู้เรียนเปลี่ยนแนวคิดที่ ไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนดังกล่าวเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง อันจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์เรื่องใหม่ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากนั้นควรมีการสำรวจแนวคิดของผู้เรียนหลังเรียน เพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และเปลี่ยนแปลงแนวคิดแล้ว

2. ครูผู้สอนควรเริ่มสอนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ จากแนวคิดที่ง่ายไปสู่แนวคิดที่ยาก เช่น จากแนวคิด เกี่ยวกับกลศาสตร์ค่อย ๆ นำไปสู่แนวคิดเกี่ยวกับคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้า หรือฟิสิกส์นิวเคลียร์ เพื่อส่งเสริมให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ได้ถูก ต้องยิ่งขึ้น

3. ครูผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มี โอกาสลงมือปฏิบัติการทดลองหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเชิงเชิงรูปธรรมกับ แนวคิดเชิงนามธรรมทางฟิสิกส์ได้ นอกจากนั้นครูผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดจินตนาการในแนวคิด ที่เกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ให้มากขึ้น เพื่อให้การเรียนรู้ แนวคิดเชิงนามธรรมในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เป็นไปได้ดี ยิ่งขึ้น

4. สถาบันการผลิตครูควร ได้ปรับปรุงการ เตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ของนิสิต นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ใน เรื่องกลศาสตร์ คลื่นไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อน และอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์ อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ เพื่อให้นิสิตนักศึกษามี ความรู้ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2554, pp. 63-64) ได้นำเสนอรูปแบบการสอนแบบการเปลี่ยนแปลงแนวคิดโดยเสนอแนวคิดของรูปแบบการสอนซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การแสดงให้เห็นถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้แสดงความเข้าใจในสิ่งที่เป็นแนวคิดที่ผู้สอนได้ตรวจสอบแล้วพบว่าเป็นแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน

2) การอภิปรายและประเมินแนวคิดคลาดเคลื่อน เป็นการดำเนินการให้ผู้เรียนได้แก้ไขและปรับแนวคิดเดิมที่มีอยู่กับเพื่อนในกลุ่มโดยการอภิปรายโดยมีเงื่อนไขของการเปลี่ยนปลงแนวคิด คือ แนวคิดเดิมนั้นสามารถใช้อธิบายได้ แก้ปัญหาได้และมีประโยชน์ในการที่จะอธิบายเหตุการณ์นั้น ๆ โดยเน้นว่าแนวคิดนั้นต้องเป็นตัวแทนของผู้เรียนทั้งกลุ่มหลังจากการอภิปราย

3) การสร้างความขัดแย้งทางปัญญากับแนวคิดเดิม เป็นการจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา เกิดความไม่พึงพอใจในแนวคิดเดิมที่มีอยู่ มีผลให้ผู้เรียนเปิดใจยอมรับการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ที่ผู้สอนจัดขึ้นจะต้องเป็นเหตุการณ์ที่ผู้เรียนไม่สามารถใช้แนวคิดที่มีอยู่อธิบายได้

4) การส่งเสริมและแนะนำ ทางการปรับโครงสร้างของแนวคิด เป็นการจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนมีโอกาสที่จะได้สะท้อนแนวคิดและปรับปรุง แก้ไขแนวคิดที่มีความแตกต่างระหว่างแนวคิดเดิมกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

กรมวิชาการ (2539, น. 1-2) กล่าวถึง การพัฒนาแนวคิดโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบ CIPPA เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกค้นรวบรวมข้อมูลและสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง ตลอดทั้งฝึกตนเองให้มีวินัยและรับผิดชอบในการทำงานและเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยง่ายและสอดคล้องกับการดำรงชีวิตเหมาะสมกับความสามารถและความสนใจของผู้ เรียน โดยเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติจริงทุกขั้นตอนจนเกิดการเรียนรู้ ด้วยตนเอง โดยมีหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1) Construct คือการให้ผู้เรียนสร้างความรู้ ได้ด้วยตนเอง โดยกระบวนการแสวงหาข้อมูลทำความเข้าใจคิดวิเคราะห์ ตีความ แปลความ สร้างความหมาย สังเคราะห์ข้อมูลและสรุปข้อความรู้

2) Interaction คือการให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันเรียนรู้จากกันแลกเปลี่ยน ข้อมูลความคิดและประสบการณ์แก่กันและกัน

3) Participation คือการให้ผู้เรียนมีบทบาท มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ให้มากที่สุด

4) Process / Product คือการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ กระบวนการควบคู่ไปกับผลงานและข้อความรู้ที่สรุปได้

5) Application คือ การให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

Susan Loucks-Horsley et al. (2010) กลวิธีเนื้อหารายวิชา โดยได้ได้อธิบายลักษณะของรายวิชาด้านเนื้อหาที่ดีนั้นต้องมีลักษณะสำคัญ 3 อย่าง คือ

1) รายวิชาด้านเนื้อหามีการสอนหรืออำนวยความสะดวกโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกมากขึ้น หลักสูตรมีการอำนวยความสะดวกหรือสอนโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ยังสามารถเชื่อมต่อเนื้อหาที่เป็นจุดเน้นของหลักสูตรไปยังหัวข้ออื่น ๆ และแนวคิดอื่น ๆ

2) รายวิชาด้านเนื้อหาสอดคล้องกับเนื้อหาที่ครูสอน มีความเหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐาน หลักสูตรสอดคล้องกับเนื้อหาที่ครูสอน แม้ว่าครูอาจจะมีความสนใจในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่เป็นสิ่งสำคัญเกี่ยวกับหัวข้อหรือแนวคิดที่เป็นจุดเน้นของเนื้อหารายวิชานั้น ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับเนื้อหาของครูสอน วัตถุประสงค์ของประเด็นนี้คือเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้ความรู้ด้านเนื้อหาของครูเพื่อเสริมสร้างการเรียนการสอนในห้องเรียนและเนื้อหาควรมีความเหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐาน

3) ผู้เรียนสามารถทราบรายละเอียดหลักสูตรได้ตั้งแต่ก่อนการลงทะเบียน สามารถนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมในรายวิชาด้านเนื้อหาได้ การเข้าถึงเนื้อหาหลักสูตรจะมีขึ้นเพื่อประกอบในการตัดสินใจก่อนการลงทะเบียน

ผลลัพธ์หลักของเนื้อหารายวิชาคือการเสริมสร้างความรู้ของครู มุ่งเน้นไปที่เนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์และกระบวนการต่าง ๆ ผลที่สองคือการเสริมสร้างการเรียนการสอนที่มีคุณภาพตั้งแต่วัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมหลักสูตรคือการทำความเข้าใจเนื้อหาครูที่ลึกซึ้งมากขึ้น

Kazempour, & Amirshokoohi (2020, pp. 379-385) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักศึกษาครูผ่านกลวิธีด้านเนื้อหาวิชา โดยมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนมี 2 ส่วน คือส่วนบรรยาย และส่วนการปฏิบัติการทดลอง
2. ผู้สอนยังคงเป็นผู้บรรยาย และคอยชี้แนะกิจกรรมในแต่ละครั้งที่เรียน
3. กิจกรรมที่ใช้ในชั้นเรียนเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

เน้นการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การตั้งข้อสังเกตการถามคำถามและการรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล

4. ฝึกให้ผู้เรียนทำงานเป็นทีมและส่งเสริมให้ช่วยกันทำกิจกรรมและค้นหาแนวคิดใหม่ ๆ

Cakiroglu et al. (2011, p. 458) ได้กล่าวถึงการออกแบบหลักสูตรเนื้อหาวิชาสำหรับนักศึกษาครูไว้ดังนี้

1. รายวิชาควรมีโครงสร้างแบบการสืบสอบเป็นฐาน
2. ธรรมชาติของการสอนแบบคอนสตรัคติวิสต์
3. กิจกรรมที่ใช้เป็นกิจกรรมลงมือภาคปฏิบัติและทำงานแบบกลุ่ม
4. ในรายวิชาควรจัดประสบการณ์ให้นักศึกษาครูฝึกปฏิบัติการสอนแบบจุลภาค microteaching
5. สร้างการเรียนรู้แบบร่วมมือ
6. การแสดงแบบอย่างที่ดี
7. การจัดสภาพแวดล้อมและสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

สรุปว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยกลวิธีเนื้อหารายวิชานั้นควรมีกิจกรรมสำคัญดังนี้ จัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ การจัดกิจกรรมให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติ การจัดสิ่งแวดล้อมในชั้นเรียน ตลอดจน การสร้างการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้กระบวนการกลุ่ม

Susan Loucks-Horsley et al. (2010) ได้อธิบายลักษณะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นโอกาสที่ในการเข้าสู่เนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์โดยตรง โดยในการเรียนรู้เนื้อหาของผู้เรียน ครูจะขยายความเข้าใจและความรู้ของตนเองเกี่ยวกับเนื้อหาที่ครูพูดถึงกับนักเรียน โดยการเรียนรู้ผ่านการสอบถาม และการแก้ปัญหา นำหลักการของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ไปปฏิบัติจริงและร่วมกับกระบวนการต่าง ๆ ด้วยตัวเอง ครูสามารถนำแนวปฏิบัติไปใช้ในห้องเรียนได้ เป้าหมายคือช่วยให้ครูมีความสามารถในเนื้อหาในการวิเคราะห์เกี่ยวกับวิธีการที่ดีที่สุดในการสอน การได้รับคำแนะนำจากวิทยากรที่มีความรู้และประสบการณ์ ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ หลักสูตรได้รับการออกแบบโดยเฉพาะเพื่อเน้นกระบวนการของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และปัญหาทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาวิธีการเรียนรู้คณิตศาสตร์และเนื้อหาวิทยาศาสตร์ บ่อยครั้งที่มีการจัดประสบการณ์การเข้าร่วมในสถาบันหลายวันซึ่งจัดขึ้นในช่วงฤดูร้อน เมื่อมีครูจากหลายโรงเรียนเข้าร่วมหรือเปิดสอนโดยองค์กรนอกเขต เช่น มหาวิทยาลัยและวิทยาลัย หรือองค์กรการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ครูมีโอกาสที่จะเสริมสร้างพื้นฐานความรู้ของตนในด้านเนื้อหาโดยผู้เข้าร่วมในชุมชนคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ กล่าวอีกนัยหนึ่งครูจะฝังตัวอยู่กับสภาพแวดล้อมของนักวิทยาศาสตร์หรือนักคณิตศาสตร์และครูก็เข้าร่วมในการทำงานและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการวิจัยอย่างเต็มที่ จุดประสงค์คือแนวทางการเรียนรู้เพื่อให้ครูได้เรียนรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อเรียนรู้องค์ประกอบของพื้นฐานกระบวนการวิจัย เช่น การออกแบบการทดลองการสร้างทางคณิตศาสตร์ แบบจำลอง และการรวบรวมวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล และพัฒนาให้กว้าง

ขึ้นและเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในการสร้างความรู้และการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิด ที่นิยมคือกลวิธีการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งวิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาธรรมชาติเกี่ยวกับโลกและนำเสนอคำอธิบายโดยอาศัยหลักฐานที่ได้จากการทำงาน การสืบสอบหาความรู้ยังหมายถึงกิจกรรมที่ผู้เรียนใช้ในการพัฒนาความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์รวมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาธรรมชาติเกี่ยวกับโลก (National Research Council, 1996)

ลักษณะสำคัญของการสืบสอบหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2000) ประกอบด้วย

1) การสังเกต

2) การแสดงความอยากรู้อยากเห็นโดยการตั้งคำถาม

3) การรวบรวมหลักฐานโดยใช้เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์

4) การใช้งานวิจัยก่อนหน้านี้ประกอบการเก็บรวบรวมข้อมูล นำเสนอคำอธิบายที่เป็นไปได้ต่อสาธารณะโดยอาศัยหลักฐาน

5) การพิจารณาหลักฐานใหม่ เพิ่มเติมหลักฐานใหม่ที่ค้นพบได้ในการอธิบาย

6) การสื่อสารคำอธิบายนั้นให้เป็นที่ทราบโดยทั่วกัน

National Research Council (2000, pp. 6-10) ยังได้กล่าวถึงลักษระสำคัญของการสืบสอบหาความรู้ว่าประกอบด้วย

1) การแสดงความอยากรู้อยากเห็นโดยการตั้งคำถาม

2) การนำเสนอคำอธิบายขั้นต้นหรือสมมติฐาน

3) การวางแผนและนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบอย่างง่าย

4) การรวบรวมหลักฐานจากสิ่งที่สังเกตได้

5) การอธิบายโดยอาศัยหลักฐาน

6) การพิจารณาคำอธิบายของผู้อื่น

7) การสื่อสารคำอธิบายให้ผู้อื่นได้รับทราบ

8) การทดสอบคำอธิบายนั้น

สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา ยังกล่าวว่า การสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่จะทำความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเรียนรู้วิธีการถามคำถามและหาคำตอบจากหลักฐาน ในกระบวนการการเรียนรู้ยุทธวิธีการสืบสอบหาความรู้นักเรียนเรียนรู้ที่จะทำการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมหลักฐานจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย สามารถอธิบายและลงข้อสรุปจากข้อมูลและการสื่อความหมายและนำไปสู่ข้อสรุปได้ ประกอบกับ

ลักษณะสำคัญข้อหนึ่งของมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติ โครงการพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติที่เน้นรูปแบบของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผลงานทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นได้อย่างไร และการใช้กระบวนการสืบสอบ (Inquiry Process) ในการสร้างองค์ความรู้และทำความเข้าใจโลกรอบตัว (National Research Council, 1996, p. 4)

5.2.1 ความหมายและแนวคิดของการเรียนรู้ที่ยึดการสืบสอบหาความรู้เป็นฐาน

การเรียนรู้ที่ยึดการสืบสอบหาความรู้เป็นฐาน มีผู้ให้ความหมายและแนวคิดหลากหลาย ดังนี้

Collier (2014) กล่าวว่า การสืบสอบหาความรู้ช่วยให้เด็กได้แสดงความคิดสร้างสรรค์เมื่อมุ่งประเด็นถึงจิตนาการของพวกเขา พวกเขาเริ่มที่จะมีความคิดสร้างสรรค์และมีความคิดสร้างสรรค์ที่จะแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้

Abell (2002) ได้กล่าวถึงความหมายของการสืบสอบหาความรู้ตามที่ NSES และ AAAS นิยามไว้ ดังนี้ NSES (National Science Education Standards) ได้ให้ความหมายของการสืบสอบหาความรู้ว่าเป็นกิจกรรมที่หลากหลายเกี่ยวกับการสังเกต การถามคำถาม การสำรวจตรวจสอบจากเอกสารและแหล่งความรู้อื่น ๆ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ การทดสอบตรวจสอบหลักฐานเพื่อเป็นการยืนยันความรู้ที่ได้ค้นพบมาแล้ว การใช้เครื่องมือในการรวบรวม การวิเคราะห์ และการแปลความหมายข้อมูล การนำเสนอผลงาน การอธิบายและการคาดคะเน และการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับผลงานที่ได้

AAAS (American Association for the Advancement of Science) ได้ให้ความหมายการสืบสอบหาความรู้ว่า เริ่มต้นด้วยคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติพร้อมทั้งกระตุ้นนักเรียนให้ตื่นเต้นสงสัยใคร่รู้ให้นักเรียนตั้งใจรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน ครูเตรียมข้อมูลเอกสารความรู้ต่าง ๆ ที่มีคนศึกษาค้นคว้ามาแล้ว เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ หรือเพื่อให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนลึกซึ้งขึ้นให้นักเรียนอธิบายให้ชัดเจน ไม่เน้นความจำเกี่ยวกับศัพท์ทางวิชาการ และใช้กระบวนการกลุ่ม

Budnitz (2003) กล่าวว่า การสืบสอบหาความรู้เป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนและมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทที่ใช้และผู้ที่ให้คำจำกัดความ โดยศูนย์กลางของการเรียนรู้แบบสืบสอบหาความรู้นั้น มีต้นกำเนิดจากนักวิทยาศาสตร์ ครู และนักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545, น. 190) ให้ความหมายของการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการอื่น ๆ เช่น การสำรวจการวัด การจำแนกประเภท การทดลอง การสร้างแบบจำลอง การสืบค้นข้อมูล เป็นต้น โดยส่งเสริมให้ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการสืบสอบหาความรู้ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 8 สาระ

เอมอร วันเอก (2559) การสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยการสังเกตโลกธรรมชาติที่อยู่รอบตัวการตั้งคำถาม การวางแผน การสำรวจตรวจสอบ การรวบรวมหลักฐาน การทดลอง การวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล การทบทวนสิ่งที่ได้ค้นพบ ตลอดจนการนำเสนอข้อมูลและการสื่อสารผลที่ได้โดยการเสนอหรือสร้างคำอธิบายและคำทำนายที่มีหลักฐานประกอบการอธิบายนั้น

ดังนั้นสรุปได้ว่าการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับธรรมชาติของโลก ตลอดจนเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่จะทำความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ และเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ

5.2.2 หลักการแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ที่ยึดการสืบสอบหาความรู้เป็นฐาน

ทฤษฎีการสร้างเสริมความรู้ (Constructivism) เชื่อว่านักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากก็น้อย ก่อนที่ครูจะจัดการเรียนการสอนให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนรู้เอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้นประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง กระบวนการเรียนรู้ (Process of Leaning) ที่แท้จริงของนักเรียนไม่ได้เกิดจากการบอกเล่าของครู หรือนักเรียนเพียงแต่จดจำแนวคิดต่าง ๆ ที่มีผู้บอกให้เท่านั้น แต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎี Constructivism เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้นเสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้นการที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบสอบหาความรู้ (Inquiry Process)

5.2.3 ระดับของการสืบสอบหาความรู้ (Level of inquiry) แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

1) การสืบสอบหาความรู้แบบยืนยัน (Confirmed Inquiry) เป็นการสืบสอบหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้หรือแนวคิด เพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกค้นพบมาแล้ว โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและคำตอบ หรือองค์ความรู้ที่คาดหวังให้ผู้เรียนค้นพบ และให้ผู้เรียนทำกิจกรรมที่กำหนดในหนังสือหรือใบงาน หรือตามที่ครูบรรยายบอกกล่าว

2) การสืบสอบหาความรู้แบบนำทาง (Directed Inquiry) เป็นการสืบสอบหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และสาธิตหรืออธิบายการสำรวจตรวจสอบ แล้วให้ผู้เรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนด

3) การสืบสอบหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) เป็นการสืบสอบหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำ ให้ผู้เรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

4) การสืบสอบหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry) เป็นการสืบสอบหาความรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิด เป็นผู้กำหนดปัญหาออกแบบ และปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

5.2.4 การเรียนการสอนตามแนวสืบสอบหาความรู้

จากการศึกษาทฤษฎีจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบหาความรู้ พบว่ามีนักวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา นักการศึกษา และนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้เสนอลักษณะของการสอนตามแนวสืบสอบหาความรู้ที่มีทั้งลักษณะที่สอดคล้องกัน และแตกต่างกัน กล่าวโดยสังเขปได้ดังนี้

Deboer (2006) กล่าวว่า การสอนตามแนวสืบสอบหาความรู้ (Inquiry Approach) เป็นการสะท้อนถึงการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเน้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามสำรวจตรวจสอบและแก้ปัญหา เหมือนกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สืบสอบหาความรู้และการสำรวจตรวจสอบไปใช้ในห้องปฏิบัติการ ห้องทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ในห้องสมุดและในการอภิปรายกับเพื่อนร่วมงานส่วนนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่คล้ายกันในห้องเรียนที่มีการเรียนการสอนตามแนวสืบสอบหาความรู้

ชาตรี เกิดธรรม (2542) กล่าวว่า วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน เป็นวิธีสอนที่ฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล จะค้นพบความรู้หรือแนวทางที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยผู้สอนตั้งคำ ถามประเภทกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เอง และสามารถนำการแก้ปัญหามาใช้ในชีวิตประจำวันได้

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2554) ให้ความหมายวิธีสอนแบบสืบสอบ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสืบสอบความรู้จะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2540, น. 119) ได้เสนอว่า การสอนตามแนวสืบสอบหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ผู้สอนจึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหา โดยผู้สอนทำหน้าที่ผู้ช่วย และผู้เรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดวางแผนการเรียน ผู้เรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการทำงานเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

ทิศนา แขมมณี (2552, น. 141) ได้ให้นิยามของการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ว่า หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถามเกิดความคิด และลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น โดยกำหนดตัวบ่งชี้ของการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ ดังนี้

1. ผู้สอนมีกระบวนการสอน/กิจกรรมการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ในเรื่องที่เรียน จนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะสืบสอบหาคำตอบด้วยตนเอง
2. ผู้สอน มีเอกสาร วัสดุ หรือสื่อที่ผู้เรียนสามารถใช้ประกอบการคิดวิเคราะห์ หรือการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในเรื่องที่เรียนได้
3. ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าหาความรู้/คำตอบโดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ที่เหมาะสม
4. ผู้สอนมีการช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในการศึกษาวิเคราะห์ และสรุปข้อมูลหรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน เช่น ทักษะการสืบค้นหาความรู้/แหล่งข้อมูลการอ่านการวิเคราะห์สิ่งที่อ่าน การสังเคราะห์ข้อมูล การสรุปข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การอภิปรายและโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานกลุ่ม เป็นต้น
5. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลการเรียนทั้งทางด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการสืบสอบหาความรู้

National Research Council (1996, p. 30) ยังได้ระบุเกี่ยวกับลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบแบบสืบสอบที่เป็นมาตรฐาน ดังนี้

1. ครูวางแผนเกี่ยวกับโปรแกรมการสืบเสาะสำหรับผู้เรียน
2. ครูให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

3. การมีส่วนร่วมในการประเมินการสอนและการเรียนรู้กับผู้เรียน

4. ครูวิทยาศาสตร์ออกแบบและจัดการสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ให้เวลากับผู้เรียนและทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

5. ครูต้องมีการพัฒนาการสื่อสารเพื่อสะท้อนปัญญาของผู้เรียนวิทยาศาสตร์จากกระบวนการสืบเสาะ และทัศนคติและค่านิยมทางสังคมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

Hopkins (2007) ได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบในรายวิชาโลกและอวกาศ เพื่อศึกษาพลังสมรรถนะแห่งตนที่เกิดจากการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ มีลักษณะดังนี้

1. เลือกเนื้อหาวิทยาศาสตร์และปรับและออกแบบหลักสูตร เพื่อตอบสนองความสนใจความรู้ความเข้าใจความสามารถและประสบการณ์ของนักเรียน

2. มุ่งเน้นและสนับสนุนการสืบสอบในขณะที่โต้ตอบกับนักเรียนสร้างวาทกรรมในหมู่นักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และท้าทายให้นักเรียนยอมรับและแบ่งปันความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง

3. ใช้หลายวิธีและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจและความสามารถของนักเรียนอย่างเป็นระบบ

4. มีการกำหนดงานของผู้เรียนที่ยืดหยุ่นและสนับสนุนการสืบสอบวิทยาศาสตร์ และมีความมั่นใจในสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัย

5. แสดงความเคารพต่อความคิดทักษะและประสบการณ์ที่หลากหลายของนักเรียนทุกคน

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยวิจัยจะจัดการเรียนรู้แนวสืบสอบหาความรู้ มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ครูวางแผนเกี่ยวกับโปรแกรมการสืบเสาะของนักศึกษา

2. ครูกระตุ้นด้วยคำถาม การอภิปรายร่วมกันในหมู่นักศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจแนวคิดและความสามารถของนักเรียนอย่างเป็นระบบ

4. มีการกำหนดงานของผู้เรียนที่ยืดหยุ่นและสนับสนุนการสืบสอบวิทยาศาสตร์ จัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้และจัดหาทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้

5. แสดงความเคารพต่อความคิดทักษะและประสบการณ์ที่หลากหลายของนักศึกษาทุกคน

Susan Loucks-Horsley et al. (2010) ได้กล่าวถึงกลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตรเป็นกลวิธีในการพัฒนาวิชาชีพของตนเองและเป็นส่วนที่เสริมคุณค่าต่อกลวิธีอื่น ๆ มีขั้นตอนการศึกษาที่เข้มข้นอย่างเป็นระเบียบและนำไปสู่การพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาของครูเกี่ยวกับหัวข้อในหลักสูตร โดยมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. การศึกษาหัวข้อในหลักสูตรเป็นการศึกษาเข้มโดยครูจะต้องมีส่วนร่วมในการศึกษาหัวข้อ จากเอกสารมาตรฐานหลักสูตรวิทยาศาสตร์ก่อนล่วงหน้าเพื่อให้แน่ใจว่าสอดคล้องหัวข้อที่จะศึกษาหรือไม่ และครูให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงสู่การปฏิบัติและมีการกำหนดเป้าหมายสำหรับการเรียนรู้ในเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจ

2. คู่มือการเรียนรู้การศึกษาหัวข้อหลักสูตร เป็นสิ่งที่ครูต้องใช้สำหรับช่วยในการเรียนรู้ในหัวข้อต่าง ๆ ที่กำลังจะศึกษา

3. ทรัพยากรที่สำคัญของการศึกษาหัวข้อหลักสูตร ได้แก่ เล่มหลักสูตร หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์

4. ครูมีส่วนร่วมในการอภิปรายการศึกษาหัวข้อในหลักสูตรจากการค้นพบ

5. ครูมีส่วนร่วมในวงจรการเรียนรู้การศึกษาหัวข้อหลักสูตร ได้แก่ การตกลง การสำรวจ การประยุกต์ใช้ และการสะท้อน

Keeley (2005) ได้บอกถึงแนวทางการจัดการเรียนการสอนด้วยกลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร 6 ขั้นดังนี้

1. ระบุความรู้เนื้อหาสำหรับผู้ใหญ่
2. พิจารณาผลกระทบของการเรียนการสอน
3. ระบุแนวคิดและแนวคิดเฉพาะ
4. ตรวจสอบการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน
5. ตรวจสอบการแสดงเหตุผลและการคำพูดที่ชัดเจน
6. ชี้แจงมาตรฐานหลักสตร

ผู้ที่สมควรต้องใช้กลวิธีการสศึกษาหัวข้อหลักสูตร ได้แก่ นักศึกษาครู ครูที่เริ่มต้นสอน ครูปฏิบัติการ ครูผู้นำ ผู้ให้คำปรึกษา และโค้ช นักพัฒนาวิชาชีพ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับบัณฑิตศึกษา นักพัฒนาหลักสูตร นักการศึกษาตามอัธยาศัย ผู้สอนเรื่องหลักสูตร

สรุปว่ากลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตรเป็นกลวิธีในการสร้างความตระหนักเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ตลอดจนการทำความเข้าใจเกี่ยวกับหัวข้อวิจัยที่แนะนำเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้เข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น

จากการศึกษาเอกสารเบื้องต้นเกี่ยวกับกลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร ผู้วิจัยมีลักษะการดำเนินการดังนี้

1. เตรียมทรัพยากร จัดเตรียมทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาหัวข้อหลักสูตร ได้แก่ เล่มหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เอกสารประมวลผลรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2

2. อภิปรายร่วมกัน ครูและนักศึกษาร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดในแต่ละหัวข้อที่ปรากฏตามประมวลผลรายวิชาเชื่อมโยงกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและหนังสือเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

3. ศึกษาการจัดการเรียนการสอนจากงานวิจัย ครูและนักศึกษาร่วมศึกษาการจัดการเรียนการสอนจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อน

4. การนำไปใช้ นักศึกษาฝึกปฏิบัติการออกแบบการเรียนการสอนจากการวิเคราะห์เอกสารในขั้นที่ 1-3

5. สะท้อน ครูและนักศึกษาร่วมกันสะท้อนผลการเรียนรู้การศึกษาหัวข้อหลักสูตร เพื่อวางแผนแก้ไขปรับปรุง

6. แนวทางการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน

การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนมี ดังนี้

กาญจนา คำสมบัติ และคณะ (2561) กล่าวถึงการประยุกต์ใช้การรับรู้ความสามารถของตนเองกับกิจกรรมการเรียนการสอน มีวิธีการส่งเสริมการรับรู้ความสามารถตนเองถูกพัฒนาจากทฤษฎีของ Bandura (1977) ที่กล่าวว่าวิธีการสอนที่ส่งเสริมการรับรู้ความสามารถตนเอง จำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการรับรู้ความสามารถตนเองของผู้เรียน ให้สามารถวางแผนงาน สามารถแก้ปัญหาและการมีความพยายามในการแก้ปัญหาให้ประสบผลสำเร็จ หรือถ้าไม่ประสบผลสำเร็จ ก็สามารถคิดหาวิธีการในการต่อสู้ปัญหานั้นใหม่หรือมีแนวคิดที่ดีต่อการไม่ประสบผลสำเร็จ หาข้อบกพร่องของการไม่ประสบผลสำเร็จ มากกว่าที่จะโทษอย่างอื่นหรือหาข้อตำหนิในทางลบกับแนวความคิดหรือความคิดที่ไม่ดีต่อการไม่ประสบผลสำเร็จ การส่งเสริมการรับรู้ความสามารถของตนเองแยกกิจกรรมตามปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้ความสามารถตนเอง ดังนี้

1. กิจกรรมที่ส่งเสริมประสบการณ์ที่ประสบผลสำเร็จ (Mastery Experiences) เป็นการทำกิจกรรม แบบทดสอบ ใบงาน หรือแบบฝึกหัด ด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่มีการให้คะแนนในลักษณะคล้ายคลึงกันหรือมีคลังข้อมูลตัวอย่างของใบงานที่ได้รับคะแนนสูงสามารถเป็นแบบอย่างแบบทดสอบตัวอย่างที่มีส่งเสริมการฝึกทำแบบฝึกหัดที่มีข้อเฉลยในแบบฝึกหัดในคลังข้อมูลเพื่อเป็นการสร้างประสบการณ์ที่ประสบผลสำเร็จให้ผู้เรียน โดยวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนหนึ่งของรายวิชาอาจทำได้ ดังนี้

1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเองจากสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงต่อเนื่องกันหลายครั้ง

1.2 สร้างสิ่งสนับสนุนในการสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเองของผู้เรียน เช่น คลังข้อมูล ที่รวบรวมบุคคลต้นแบบผลงานที่ประสบผลสำเร็จเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงาน สร้างเสริมแรงจูงใจในทางบวกในการเป็นแบบอย่าง หรือการสร้างในคลังโดยแบบทดสอบที่สร้างใช้ในการฝึกปฏิบัติ ที่มีการดำเนินการเฉลยการแก้ปัญหา กรณีผู้เรียนตอบไม่ถูกต้อง เพื่อเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้ทราบถึงผลการแก้ปัญหา

1.3 กำหนดเนื้อหาภาระงานที่มอบหมายให้ผู้เรียนทำต้องท้าทายแต่ไม่ยากจนเกินกว่าความสามารถของผู้เรียนจะกระทำได้จนเกินไป หรือภาระงาน มีความใกล้เคียงหรือมีแบบอย่างกับภาระงานในคลังข้อมูล

1.4 มีการแจกแจงรายละเอียดของคะแนนที่ผู้เรียนได้รับจากการทำงานทุกขั้นตอนในแต่ละครั้งอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้เรียนรับทราบถึงผลของการทำเมื่อเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ (Proximal Goal)

2. กิจกรรมที่ส่งเสริมการได้เห็นจากการใช้ตัวแบบ (Modelling) หรือการได้รับประสบการณ์จากผู้อื่น (Vicarious Experience) เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการในลักษณะที่ให้ผู้เรียนได้เห็นแบบอย่างที่ประสบผลสำเร็จจากการทำงานของผู้เรียนที่มีผลการเรียนดี ใช้แนวคิดว่าถ้าบุคคลที่เป็นตัวแบบทำได้แล้วตนเองจะสามารถทำได้หรือไม่ หรือรวบรวมข้อมูลตัวแบบที่ประสบผลสำเร็จในคลังข้อมูล เพื่อให้ผู้เรียนได้สืบค้นหรือศึกษาข้อมูลจากวีดีโอ จากภาพ เสียงที่ได้บันทึกไว้ในคลังข้อมูลในแต่ละด้านที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ ศึกษาบุคคลในตัวแบบได้วิธีการการปฏิบัติแนวคิด ที่จะประสบผลสำเร็จเช่นบุคคลตัวแบบ

2.1 กำหนดกิจกรรมการเรียน ให้ศึกษาบุคคลต้นแบบที่ผู้เรียน ชื่นชอบหรือนิยมและกำหนดให้ผู้เรียนศึกษาบุคคลต้นแบบ วิเคราะห์ถึงปัจจัยหรือเทคนิคที่ทำให้บุคคลต้นแบบประสบผลสำเร็จ ผู้เรียนวิเคราะห์ตนเองว่ามีส่วนใดที่ผู้เรียนมีแนวคิด การปฏิบัติที่ตรงกับบุคคลต้นแบบที่ผู้เรียนชื่นชอบ เพื่อให้ผู้เรียนมีกำลังใจในการปฏิบัติไปสู่เป้าหมายเหมือนกับบุคคลต้นแบบ

2.2 การกำหนดให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลหรือเชิญรุ่นพี่ที่ประสบผลสำเร็จในสาขาอาชีพที่ตนเองกำลังศึกษาอยู่มากล่าวถึงประสบการณ์และการดำเนินงานจนกระทั้งมาประสบผลสำเร็จ เพื่อให้เป็นแบบอย่างต่อผู้เรียน

2.3 การกำหนดให้สืบค้นข้อมูลในคลังข้อมูลที่มีการรวบรวมข้อมูลเฉพาะ ส่งเสริมการรับรู้ความสามารถตนเองของผู้เรียน หรือเปิดสื่อนำเสนอโดยมีตัวแบบที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับผู้เรียน นำเสนอสื่อสร้างแนวความคิดเชิงบวกให้กับผู้เรียน และแสดงให้เห็นถึงผลดีจากการกระทำนั้น

2.4 การสร้างเครือข่ายตัวแบบที่ประสบผลสำเร็จไว้คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำกับผู้เรียน

3. กิจกรรมที่ส่งเสริมการใช้คำพูดชักจูง (Verbal Persuasion) เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการด้วยวิธีการสื่อสารกับผู้เรียน กับสังคมเพื่อให้ได้รับคำพูดสะท้อนเกี่ยวกับการทำงาน การสนับสนุนและเสริมแรงในเชิงบวก โดยเฉพาะบุคคลที่มีอิทธิพลกับผู้เรียน เช่น ผู้สอน ผู้ปกครอง การสื่อสารให้แนวคิดในสังคมปัจจุบัน พร้อมทั้งชี้ให้เห็นประโยชน์และข้อเสียของการกระทำดังกล่าว

3.1 กิจกรรมเปิดสื่อการสอน ผู้สอนจัดเตรียมสื่อการสอนที่ส่งเสริมแนวความคิดทางบวก เช่น วีดีโอแนวคิดของผู้ประสบผลสำเร็จ ผู้สอนใช้คำพูดชักจูงในการสร้างแนวคิดทางบวกให้กับผู้เรียน พร้อมชี้แนวทางให้ผู้เรียนเห็นผลการกระทำทั้งทางบวกและทางลบ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ในสถานการณ์ที่นำเสนอเช่น เหตุการณ์ข่าว สถานการณ์ในสื่อสังคมออนไลน์ ที่จากข้อความที่แสดงความคิดเห็นมายกตัวอย่างในห้องเรียน เพื่อกระตุ้นการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียน

3.2 กิจกรรมให้คำปรึกษา ในการทำงานกรณีประเด็นปัญหา ที่จะต้องร่วมกันปรึกษาหารือในกลุ่มผู้เรียนที่ได้รับผิดชอบ เสนอประเด็นปัญหาและหาแนวทางแก้ไข โดยมีผู้สอนใช้คำพูดได้ให้ข้อแนะนำ ให้ดูงานตัวอย่างในคลังข้อมูล และเสนอแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับประเด็นปัญหาที่กลุ่มนำเสนอ

3.3 กิจกรรมการพูดให้กำลังใจผู้เรียน ทั้งในการเรียนการสอนในห้องเรียน และส่วนของกิจกรรมการเรียนการสอนออนไลน์ โดยการแสดงข้อคิดเห็นในกลุ่มการทำงานหรือเปิดโอกาสให้ปรึกษารายบุคคล รายกลุ่มเพื่อช่วยสร้างสถานการณ์ทางบวก

4. กิจกรรมที่ส่งเสริมการกระตุ้นทางอารมณ์ (Emotional Arousal) สภาวะทางกายภาพและทัศนคติ (Physiological and Affective State) เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการเมื่อผู้เรียนอยู่ในสภาพพร้อมที่จะปฏิบัติดำเนินการเรียนรู้ด้วยทางกายหรือทางสภาพจิตใจ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้อาจทำได้ ดังนี้

4.1 การจัดกิจกรรมการสอนโดยให้สภาพร่างกายและจิตใจให้ผู้เรียนได้ผ่อนคลายก่อนเริ่มต้นกิจกรรมการเรียนรู้ สภาพบรรยากาศในห้องเรียนที่มีความพร้อม ห้องเรียนไม่แออัด อุณภูมิเย็นสบาย เก้าอี้สำหรับเรียนที่พร้อมการใช้งาน เป็นต้น

4.2 การจัดการสอนในช่วงเวลาที่เหมาะสมผู้เรียนอยู่ในสภาพพร้อมที่จะเรียนรู้ เช่น การนัดหมายผู้เรียนในเวลาที่ผู้เรียนมีความพร้อมมากที่สุด

4.3 การสร้างสถานการณ์เชิงบวก ผู้สอนสร้างบรรยากาศที่น่าเรียนรู้ขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้สึกร่วมอยากที่จะเรียนรู้ และกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากที่จะเรียนรู้ โดยการพูดให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสำคัญสิ่งที่นำเสนอ และให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น

4.4 กิจกรรมแบบทดสอบออนไลน์ ที่ให้ผู้เรียนได้ร่วมทำท้ายชั่วโมงเพื่อให้ผู้เรียนไม่เกิดสถานการณ์ตึงเครียดในเนื้อหาวิชาการเรียนการสอน สร้างสถานการณ์แข่งขันกระตุ้นการเรียนการสอน และมีส่วนของการเฉลยในแบบทดสอบออนไลน์ เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา และไม่สถานการณ์ตึงเครียด

Menon, & Sadler (2018, 835-855) ได้ศึกษาแหล่งที่มาของพลังสมรรถนะแห่งตนจากเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ มีแนวทางการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. สำรวจแหล่งที่มาของพลังสมรรถนะแห่งตนภายในบริบทเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ มุ่งเน้นการพัฒนานักศึกษาครู
2. หลักสูตรนี้มีการจัดการเรียนการสอนห้องปฏิบัติการบรรยายร่วมกัน
3. จุดประสงค์ของรายวิชาคือเสริมสร้างความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครู และทักษะการแก้ปัญหา.
4. เน้นให้นักศึกษาครูมีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้
5. มีการทำงานเป็นทีมร่วมกันและการอภิปรายกลุ่ม ผ่านการสอนแบบสืบสอบแบบ 5E (มีส่วนร่วมสำรวจ อธิบายและประเมินผล)
6. แนวทางวงจรการเรียนรู้
7. นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มสามคนมีส่วนร่วมในการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมกลุ่มและการนำเสนอเป็นกลุ่ม ชั้นเรียนได้พบ สัปดาห์ละสามครั้งรวม 270 นาทีต่อสัปดาห์ตลอดระยะเวลา 16 สัปดาห์

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เอกสารงานวิจัยในประเทศ

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคณะ (2548) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์พบว่าจากการวัดความรู้ในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ จำนวน 33 คน จากสถาบันการผลิตครู 7 แห่งทั่วประเทศ โดยใช้แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ใน 6 เรื่องหลัก ได้แก่ กลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และฟิสิกส์นิวเคลียร์และฟิสิกส์อะตอม ผู้วิจัยพบว่าในแต่ละเรื่องหลักนั้น นิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์มีแนวคิดที่หลากหลายตั้งแต่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จนถึงแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดที่ไม่ถูกต้องของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกฟิสิกส์ได้แสดงให้เห็นถึงสภาพปัญหาในการเตรียมความพร้อมด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ของสถาบันการผลิตครู

โชคชัย ยืนยง และคณะ (2548, น. 42-51) กล่าวว่าการสอนพลังงานน่าจะเริ่มจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ และประเด็นทางสังคมเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน การให้นักเรียนเริ่มต้นเรียนเรื่องพลังงานในลักษณะนี้อาจส่งเสริมให้นักเรียนรู้แนวคิดพลังงานอย่างมีความหมายมากขึ้น เพราะนักเรียนได้เรียนสิ่งที่สอดคล้องกับการรับรู้ของตน ส่วนการสอนพลังงานเรื่องกฎการอนุรักษ์พลังงานควรชี้ประเด็นให้นักเรียนเห็นความแตกต่างระหว่างการประหยัดพลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างนี้ น่าจะสอนกฎการอนุรักษ์ควบคู่กับการให้แนวคิดเปลี่ยนรูปพลังงาน (Energy transformation) และการลดค่าพลังงาน (Energy degradation) หรือ กฎข้อที่ 2 ของเทอร์โมไดนามิก (The Second Law of Thermodynamics) อย่างง่าย โดยการบูรณาการเข้ากับประเด็นทางสังคม

รัชนี อรัญนาค (2549) ได้ศึกษาอิทธิพลของคุณลักษณะครูวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเชื่อในความสามารถแห่งตนด้านการสอนวิทยาศาสตร์: การวิจัยแบบผสมผสาน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 258 คน โดยวิเคราะห์อิทธิพลของคุณลักษณะครูวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเชื่อในความสามารถแห่งตนด้านการสอนวิทยาศาสตร์ พบว่า คุณลักษณะด้านความรู้ ,ด้านการแสดง,วิชาเอก และระดับการศึกษาสามารถทำนายความเชื่อในความสามารถแห่งตนด้านการสอนวิทยาศาสตร์ได้ดี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R2) เท่ากับ .441 อธิบายความเชื่อในความสามารถแห่งตนด้านการสอนวิทยาศาสตร์ได้ร้อยละ 44.1 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลจากการศึกษาครูกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณีสรุปได้ว่าครูที่มีความเชื่อในความสามารถแห่งตนด้านการสอนวิทยาศาสตร์สูง จะมีการแสดงออกถึงความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนที่หลากหลายเหมาะสมกับผู้เรียน โดยการที่ครูได้สอนตรงตามวิชาเอกที่ได้เรียนมา การเป็นผู้กระตือรือร้นที่จะพัฒนาตนเอง พัฒนางานด้านการเรียนการสอน ผู้บริหารให้การส่งเสริมสนับสนุน คอยให้กำลังใจและเปิดโอกาสให้ปฏิบัติหน้าที่ที่รับผิดชอบเต็มตามศักยภาพ รวมทั้งการได้เห็นแบบอย่างจากเพื่อนครูที่ประสบความสำเร็จ เป็นแหล่งที่มาหรือปัจจัยสำคัญที่ทำให้ครูเกิดความเชื่อในความสามารถแห่งตนด้านการสอนวิทยาศาสตร์

นันทิยาวรรณ บุบผาคร (2550) ศึกษาและเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิด และแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อแนวคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติ: ฟิสิกส์ งาน พลังงานและโมเมนตัม และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีการคิด วิพากษ์วิจารณ์ต่างกัน จำนวน 78 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง 40 คน และกลุ่มควบคุม 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องงาน พลังงานและโมเมนตัม สำหรับกลุ่มทดลองเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิด 3 ประเภท คือ ความสามารถเข้าใจได้ (Intelligibility) ความสามารถเชื่อถือได้ (Plausibility) และความสามารถในการนำไปใช้ได้อย่าง

กว้างขวาง (Wide-Applicability) และแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับกลุ่มควบคุม เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น จำนวนกลุ่มละ 4 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แบบทดสอบวัดแนวความคิด เลือกเกี่ยวกับมโนมติฟิสิกส์: งาน จำนวน 5 ข้อ พลังงาน 5 ข้อ และโมเมนตัม 3 ข้อ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจำนวน 5 ด้าน 30 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t-test, F-test (Two –way ANCOVA และ Two-way MANCOVA) และ Chi- square test ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนที่มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์สูง และนักเรียนที่มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์ต่ำที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิด มีความเข้าใจสมบูรณ์มากที่สุด รองลงมามีความเข้าใจเพียงบางส่วนในมโนมติทั้ง 3 มโนมติ แต่นักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและแนวความคิดที่ผิดพลาดมากที่สุด รองลงมาคือความ เข้าใจเพียงบางส่วน 2) นักเรียนโดยส่วนรวมและจำแนกตามการคิดวิพากษ์วิจารณ์ ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิด มีความเข้าใจที่ถูกต้องมากกว่าแต่มีความคิดที่ผิดพลาดในมโนมติดังกล่าว น้อยกว่านักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนที่มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์สูงและนักเรียนที่มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์ต่ำ ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิด และแบบวัฏจักรกาเรียนรู้ 5 ขั้น มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้งโดยรวมและเป็นรายด้าน ทุกด้านเพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 4) นักเรียนที่เรียนรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิด มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวมและเป็นรายด้าน 2 ด้าน คือ ด้านการตั้งสมมติฐานและด้านการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมากกว่านักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่นักเรียนที่มีการคิดวิพากษ์วิจารณ์ต่างกันมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวมและเป็นรายด้าน ทั้ง 5 ด้านไม่แตกต่างกัน 5) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการคิดวิพากษ์วิจารณ์และรูปแบบการเรียนต่อ การมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวมและเป็นรายด้าน

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2558) ได้ศึกษาแนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์ว่าแนวคิดในวิชาฟิสิกส์ที่ถูกต้องและเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้นถือว่ามีความสำคัญอย่างมากในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนั้นแล้วยังเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้แนวคิดที่มีความซับซ้อนขึ้นหรือแนวคิดขั้นสูง แต่บางครั้งแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ทางฟิสิกส์อาจยากเกินความเข้าใจของผู้เรียน จึงทำให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดทางเลือกที่คลาดเคลื่อน งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศพบว่าแนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์ยังคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แสงและการมองเห็น เสียงและการได้ยิน ไฟฟ้า และคลื่นและปรากฏการณ์คลื่น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ

แนวคิดทางฟิสิกส์ส่วนใหญ่เป็นนามธรรม การใช้ภาษาที่ไม่ถูกต้องในการบรรยายแนวคิด นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานมาก่อนหรือยังไม่เข้าใจความรู้พื้นฐาน ความไม่ชัดเจนของหนังสือเรียนและนักเรียนจะใช้ความจำในการตอบคำถามและแก้โจทย์ปัญหาโดยไม่มีความเข้าใจ

เอมอร วันเอก (2559) การสอนแบบสืบสอบหาความรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสืบสอบหาความรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การสอนตามแนวการสืบสอบหาความรู้ในรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ ผลการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การสอนตามแนวการสืบสอบหาความรู้ในรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ และปัจจัยที่สนับสนุนและเป็นอุปสรรคต่อการเข้าใจและการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสืบสอบ หาความรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ การวิจัยเชิงธรรมชาติที่มีการบรรยายเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมในบริบทที่ศึกษาเป็นวิธีวิจัยที่ใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่งเครื่องมือการวิจัยที่สำคัญได้แก่ ผู้วิจัย ซึ่งในขณะเดียวกันผู้วิจัยเป็นผู้สร้างข้อสรุปของการวิจัยมากกว่าทดสอบสมมติฐาน กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในภาคเหนือที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 11 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์เอกสารแผนการจัดการเรียนรู้การบันทึกภาคสนาม การฝึกปฏิบัติการทดลองสอน การสนทนากลุ่ม บันทึกอนุทินและชิ้นงานของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงอุปนัย และใช้เทคนิคการตรวจสอบสามเส้าผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษานั้นได้แก่ พัฒนาแผนการสอนรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาโดยใช้หลักการสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย คือ มีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม มีการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ มีการเรียนรู้แบบเชิงรุก และมีการเขียนบันทึกสะท้อนความคิด การเป็นต้นแบบของผู้สอนรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา จัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับองค์ประกอบที่สำคัญของการสืบสอบหาความรู้ในชั้นเรียนของผู้เรียน การจัดลำดับการสอนเนื้อหาในรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา และเปิดโอกาสให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ได้ฝึกปฏิบัติการออกแบบการสอน เขียนแผน การจัดการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติการทดลองสอน 2) นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสืบสอบหาความรู้ในประเด็นต่าง ๆ อยู่ในระดับความเข้าใจถูกต้องบางส่วน และการปฏิบัติการทดลองสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสืบสอบหาความรู้สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ 3) ปัจจัยที่สนับสนุนต่อความเข้าใจและการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบหาความรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนการสอนของอาจารย์ผู้สอน การเข้าใจหลักสูตรของนักศึกษาครู

วิทยาศาสตร์ รูปแบบของกิจกรรมในแต่ละสัปดาห์ และความสนใจของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ปัจจัยที่เป็นอุปสรรค ได้แก่ สภาพแวดล้อม ระยะเวลา ภาระงาน และความหลากหลายของสื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล (2559) ได้ศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์: การพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูวิทยาศาสตร์ ในจังหวัดสระแก้ว เพื่อสำรวจความต้องการการส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์อย่างไม่เป็นทางการกับศึกษานิเทศและพบว่า จังหวัดสระแก้วมีอัตราการเคลื่อนย้ายพื้นที่ของครูวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง ปัญหานี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความต่อเนื่องของการจัดการเรียนรู้ในทุกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดทางฟิสิกส์ จากการประชุมได้สะท้อนให้เห็นว่าแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นแนวคิดที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม ยิ่งไปกว่านั้นการขาดแคลนครูฟิสิกส์ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในเขตพื้นที่นี้ จากปัญหาการขาดแคลนครูฟิสิกส์ดังกล่าว เกี่ยวข้องอย่างเห็นได้ชัดกับกลุ่มครูที่ไม่ได้จบการศึกษาทางฟิสิกส์โดยตรง ที่จำเป็นต้องสอนแนวคิดทางฟิสิกส์ระดับประถมและมัธยมศึกษา ครูกลุ่มนี้จำเป็นต้องเรียนรู้องค์ความรู้ทางฟิสิกส์เพิ่มเติม ดังนั้น การพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์จึงได้รับการพัฒนาขึ้นในรูปแบบของการอบรมเชิงปฏิบัติการเป็นเวลา 2 วัน และมีผู้เข้าร่วมในการอบรมเป็นครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในจังหวัดสระแก้ว จำนวน 44 คน เนื้อหาทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการอบรมสอดคล้องกับตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รูปแบบในการอบรมเป็นลักษณะการบรรยาย และให้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เน้นแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นสำคัญ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์และแบบสอบถามความพึงพอใจและความคิดเห็นที่มีต่อการอบรมเชิงปฏิบัติการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานและการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการฝึกอบรมครูผู้เข้าร่วมมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 11.20 คะแนน จากคะแนนเต็ม 19 คะแนน ความพึงพอใจของครูที่มีต่อการอบรมเชิงปฏิบัติการอยู่ในระดับมากในทุกด้าน นอกจากนี้จากผลการสะท้อนของครูพบว่า ยังมีแนวคิดทางฟิสิกส์อีกหลายแนวคิดที่ครูยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและจำเป็นต้องเรียนรู้เพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

2. เอกสารงานวิจัยต่างประเทศ

Marion (1998) ได้ศึกษาความเชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชาและความสามารถในการสอนวิทยาศาสตร์ของครูที่ผ่านการฝึกอบรมแนวการสอนแบบสรรค์สร้างความรู้ (Constructivism) ในการเรียนรู้ความหมายและเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์โดยการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry) ที่ให้ผู้เรียนเรียนแบบเป็นกลุ่มร่วมมือ โดยใช้วิธีการศึกษาระยะยาวแบบช่วงเวลา (Longitudinal times-series)

และเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ผลการวิจัยพบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความรู้ในเนื้อหาและการรับรู้ความสามารถในการสอนวิทยาศาสตร์

Cannon (1997) ได้ศึกษาเรื่อง อิทธิพลของประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการความเชื่อในความสามารถแห่งตนของครูวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างนักศึกษาครู 2 กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการสอนแตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาครูที่มีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์มากกว่าจะมีความเชื่อในความสามารถแห่งตนในการสอนวิทยาศาสตร์ที่สูงกว่า

Bryan (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ความเชื่อในการสอนวิทยาศาสตร์ของครูฝึกหัดที่มีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาถึงความซับซ้อนของความคิดความเชื่อของครูฝึกหัดว่ามีอิทธิพลอย่างไรต่อการสอนและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีศึกษาเฉพาะกรณี ประชากร คือ ครูฝึกหัด สาขาวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 คน ใช้เครื่องมือในการวิจัยได้แก่ แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน และแบบสังเกตการเตรียมการสอนและกระบวนการในการสอน ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 1 ปี ผลการวิจัยพบว่า ความเชื่อในการสอนของครูฝึกหัดมีอิทธิพลต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของครู คือ ครูฝึกหัดมีความเชื่อว่าวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนตลอดชีวิต ซึ่งความเชื่อดังกล่าวจะเป็นแนวทางให้ครูสามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความหมายให้กับผู้เรียนได้ และครูฝึกหัดมีความเชื่อว่า การเตรียมความพร้อมที่ดีจะเป็นแนวทางที่นำไปสู่การปฏิบัติการสอนเพื่อพัฒนาให้เป็นครูมืออาชีพต่อไป

Gunning (2011) การศึกษาครั้งนี้ตรวจสอบการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูโรงเรียน (Kasey) ระหว่างและหลังการเข้าร่วมวิทยาศาสตร์ในวัยเด็กการศึกษา - หลักสูตรวิธีการทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น 16 สัปดาห์ กรณีการศึกษาในชั้นเรียน โดยการสัมภาษณ์อาจารย์คนหนึ่งและตรวจสอบชิ้นงานและการสังเกตของชั้นเรียน ผลการศึกษาพบว่าการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูเป็นเช่นเดียวกับครูสอนประจำการ เพราะพลังสมรรถนะแห่งตนมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนผลของการศึกษาครั้งนี้มีนัยสำคัญสำหรับการออกแบบโปรแกรมการศึกษาระดับประถมศึกษาและการสนับสนุนครูประถมศึกษาในการสอนวิทยาศาสตร์

Molotsky (2011) ได้ศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบความรู้ ที่มีต่อหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการทดสอบผลกระทบจากการใช้ วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบความรู้ที่มีต่อหลักสูตรรายวิชาฟิสิกส์รวมทั้งเจตคติและประสิทธิภาพด้านการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนทางตอนใต้ของรัฐนิวเจอร์ซี่ การวิจัยใช้แบบแผนการทดลองซึ่งกำหนดให้นักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง

กระแสไฟฟ้าและพลังแม่เหล็กโดยวิธีการสอนปกติก่อน จากนั้นจึงได้รับการจัดการเรียนการสอนวิชาในเรื่องเดียวกัน โดยวิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต ใช้แบบทดสอบก่อน/หลังเรียน การสัมภาษณ์นักเรียนและครูใน ส่วนของทัศนคติของพวกเขาที่มีต่อการใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบความรู้และการ วิเคราะห์ผลงานนักเรียน ผลจากการใช้แบบวัดเจตคติชุด CLASS survey จำนวน 4 ชุด พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องกระแสไฟฟ้าและพลังแม่เหล็กโดยวิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ มีเจตคติในด้านบวกมากขึ้น นอกจากนี้ผลจากการสังเกต สัมภาษณ์และวิเคราะห์ผลงานนักเรียน พบว่า นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการมีส่วนร่วมมากขึ้นใน กิจกรรมและการเรียนในชั้นเรียนวิชาฟิสิกส์ น่าจะเป็นแนวทางให้กระบวนการจัดการเรียนการสอนด้วย วิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Suarez (2011) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาซึ่งใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวัดและประเมินผลโดยแบบประเมินผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของรัฐมิสซิสซิปปี้ (Mississippi State Science Assessment) และทำการสำรวจทัศนคติของครูในเรื่องเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ รวมถึงการสำรวจทัศนคติของครูในเรื่องเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูที่ใช้วิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ในการจัดการเรียนการสอน สำหรับนักเรียนของตน และทำการสำรวจปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้วิธีการสอนแบบสืบสอบ ความรู้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสำรวจที่ได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีข้อคำถาม 24 ข้อ กลุ่มตัวอย่างของครูวิทยาศาสตร์ 204 คน ที่ทำการสอนในระดับชั้น K-8 ในโรงเรียน 4 แห่ง ผลการวิจัย พบว่า มีความสัมพันธ์กันในด้านบวกอย่างมีนัยสำคัญระหว่างระยะเวลาซึ่งใช้ในการจัดการเรียนการ สอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของ นักเรียน นอกจากนี้ในการสำรวจทัศนคติของครูในเรื่องเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้, ทัศนคติของครูในเรื่องเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูที่ใช้วิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนของตน และในการสำรวจปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อวิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสำรวจซึ่งเป็นการประเมิน วัดค่า 5 ระดับคะแนนแบบ Likert scale ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างของครูทุกท่านแสดงทัศนคติว่าชอบวิธีการสอนแบบสืบสอบความรู้ และรู้สึกว่าเป็นกลยุทธ์ทางการสอนที่สำคัญ สามารถช่วยส่งเสริมให้ นักเรียนประสบความสำเร็จทางการเรียนได้

Menon (2015) ความเชื่อในพลังสมรรถนะแห่งตนที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจและการปฏิบัติของครูและความกังวลสำหรับการศึกษาของครูฝึกสอน การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการแบบผสมเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงนักศึกษาครูประถมในความเชื่อเกี่ยวกับการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนทางวิทยาศาสตร์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดฟิสิกส์ นอกจากนี้การศึกษาวิจัยนี้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของความเชื่อในการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนและการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มีผู้เข้าร่วมได้แก่นักศึกษาครูประถม 51 คนที่ลงทะเบียนเรียนหลักสูตรสองเทอมของหลักสูตรเนื้อหาฟิสิกส์ การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ประกอบด้วยทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การรวบรวมข้อมูลรวมถึงการนำความเชื่อไปใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ Instrument-B (STEBI-B) (Bleicher, & Lindgren, 2005) และการทดสอบแนวคิดทางฟิสิกส์ก่อนและหลัง – มีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับผู้เข้าร่วม 18 คน การสังเกตและชิ้นงานในห้องเรียน ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในความเชื่อในการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตนของผู้เข้าร่วมตามระดับของ STEBI-B - การวิเคราะห์ข้อมูล STEBI-B ถูกใช้เพื่อเลือกผู้เข้าร่วม 18 คน การสัมภาษณ์ ผู้เข้าร่วมเป็นของแต่ละกลุ่มที่เป็นตัวแทนของคนระดับต่ำ ระดับกลางและระดับสูง จุดเริ่มต้นของความเชื่อการรับรู้พลังสมรรถนะแห่งตน คำตอบของผู้เข้าร่วมแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวกต่อภาพลักษณ์ของครูวิทยาศาสตร์และความมั่นใจในการสอนวิทยาศาสตร์ในอนาคต ปัจจัย 4 อย่างที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนที่มีต่อพลังสมรรถนะแห่งตนทางวิทยาศาสตร์ 1) ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 2) ประสบการณ์การเรียนรู้เดิม 3) กลยุทธ์การสอน และ 4) การเป็นแบบอย่างของผู้สอน

Menon, & Sadler (2016) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อช่วยให้นักศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าเป็นตัวอย่างการสอนทั่วไปในหลักสูตร วัตถุประสงค์ของบทเรียนคือการช่วยให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิดของวงจรที่สมบูรณ์ เริ่มแรกนักศึกษาจะถูกกระตุ้นให้คิดและอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่จำเป็นในการทำให้หลอดไฟสว่าง (โมเดล 5E) นักเรียนต้องคิดว่ามีวัสดุชนิดใดที่นอกเหนือจากหลอดไฟที่จะนำมาต่อวงจรไฟฟ้า โดยพวกเขาจะต้องวาดภาพวงจรบนกระดานสีขาว หลังจากนั้นก็อภิปรายกัน นักศึกษาต้องแสดงเหตุผลของตัวเองกับเพื่อน หลังจากนั้นจะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบวงจรไฟฟ้า และทำการบันทึกข้อสังเกตลงบนใบบันทึกผลการทดลอง หลังจากนั้นก็จะแชร์ข้อมูลของตนเองกับเพื่อนพร้อมอภิปรายว่าสมมติฐานของตนเองถูกต้องหรือไม่ และครูก็จะขยายความโดยท้าทายให้นักเรียนต่อวงจรใหม่ โดยเพิ่มหลอดไฟให้มากขึ้น และสุดท้ายของการเรียนการสอนคือทุกกลุ่มจะต้องอภิปรายว่าจะต่อวงจรไฟฟ้าอย่างไรเพื่อให้หลอดไฟสว่าง หลังจากพัฒนาแล้วพบว่าทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และพลังสมรรถนะแห่งตนเพิ่มขึ้นในทิศทางบวกนอกจากนี้ยังมีการจัดกิจกรรมอื่น ๆ ขณะเดียวกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน และเพื่อพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ดำเนินการตามขั้นตอนซึ่งได้นำเสนอเป็นลำดับดังนี้

1. ระเบียบวิธีวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมวิจัย
3. บริบท
4. แนวทางการจัดการเรียนรู้ ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 1
5. เครื่องมือวิจัย
6. การพัฒนาและการหาประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย
7. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
8. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล
9. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยศึกษาการพัฒนาแนวคิดฟิสิกส์และพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 ประกอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ 1) ผู้ร่วมวิจัย 2) เครื่องมือวิจัย 3) การหาประสิทธิภาพเครื่องมือ 4) วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล 5) การวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับ Bogdan, & Biklen (1992)

ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้ร่วมวิจัยเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ปีการศึกษา 2562 จำนวน 18 คน ได้มาจากการเลือกเฉพาะเจาะจง โดยเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 ในภาคเรียนที่ 2/2562 สถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง

บริบท

1. บริบนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป สถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่างเป็นหลักสูตรที่เปิดการจัดการเรียนการสอนตั้งแต่ปี 2523 เป็นเวลาเกือบ 40 ปี โดยมีเป้าหมายในการผลิตครูวิทยาศาสตร์ โดยนักศึกษาส่วนใหญ่ที่เข้ามาศึกษาเป็นผู้มีภูมิลำเนาจังหวัดเพชรบูรณ์ร้อยละ 90 และจบจากโรงเรียนมัธยมขนาดกลางที่ให้ความสนใจเข้าศึกษาเนื่องด้วยปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ช่วยลดค่าใช้จ่ายของทางครอบครัว นักศึกษาบางคนไม่ยึดติดกับสถาบันการศึกษา จบที่ไหนก็สามารถสอบบรรจุเป็นข้าราชการครูได้ เป็นต้น จากบริบทที่กล่าวมาข้างต้นพบว่านักศึกษาที่เข้ามาเรียนส่วนใหญ่มีทัศนคติที่ดีต่อวิชาชีพครู แต่ถ้าพิจารณาประเด็นด้านการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่เข้ามาเรียนในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จากผลคะแนนการทดสอบเพื่อคัดเลือกนักศึกษาเข้าเรียน ผู้วิจัยพบว่าผู้เรียนมีผลคะแนนอยู่ในระดับ 40-50% ของคะแนนเต็ม ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ผู้วิจัยมีความสนใจเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาครู สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ในสถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง

ปีการศึกษา 2562 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปได้เปิดรับนักศึกษา จำนวน 3 รอบ โดยมีคุณสมบัติทั่วไปคือ เป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือกำลังศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายวิทย์-คณิต หรือในแผนการเรียนอื่นที่ผ่านการเรียนในรายวิชา ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา และต้องมีผลการเรียนเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรหรือผลการเรียน 5 ภาคการศึกษาไม่ต่ำกว่า 2.5 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์ ไม่ต่ำกว่า 2.75 และเป็นผู้มีความประพฤติเรียบร้อย มีจิตอาสา และมีความสนใจในด้านวิทยาศาสตร์

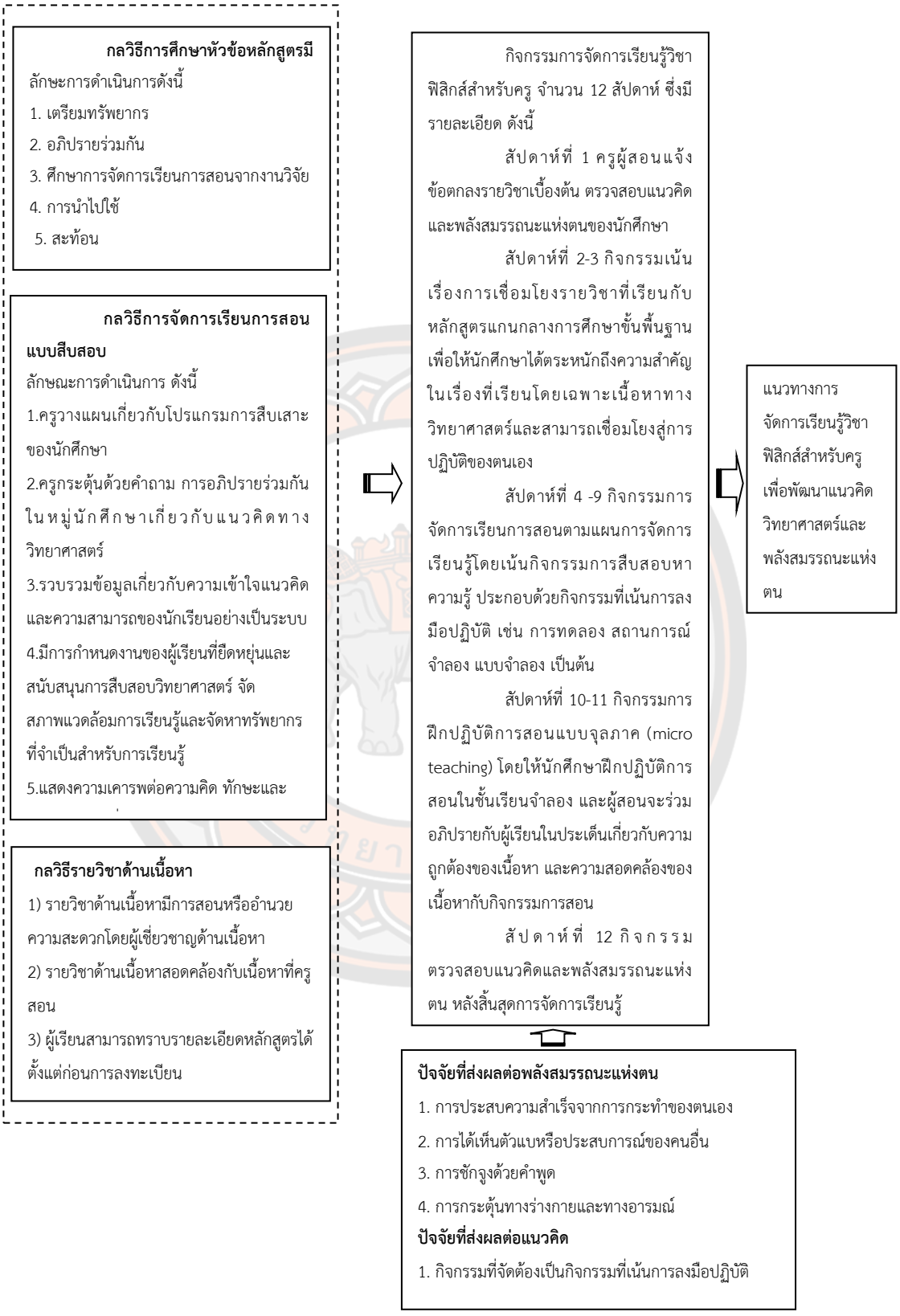
สรุปว่านักศึกษาครูสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปเป็นผู้ที่จบการศึกษาระดับมัธยมปลายสายวิทย์คณิต มีผลการเรียนเฉลี่ยตั้งแต่ 2.50-4.00 และผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 2.75-4.00

2. บริบทรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2

รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 เป็นรายวิชาใหม่ที่บรรจุอยู่ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4 ปี) (ฉบับปรับปรุง 2562) เริ่มใช้ปีการศึกษา 1/2562 เป็นครั้งแรก เดิมทีรายวิชาฟิสิกส์ในหลักสูตรเก่าจะแยกวิชาทฤษฎีและปฏิบัติออกจากกัน โดยวิชาทฤษฎีผู้สอนจะเน้นการสอนแบบบรรยาย และวิชาปฏิบัติจะเน้นการทำการทดลองตามคู่มือปฏิบัติการ พบว่านักศึกษาไม่สามารถเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง เนื่องจากนักศึกษาขาดการเชื่อมโยงภาคทฤษฎีและปฏิบัติ จากปัญหาข้างต้นได้ส่งผลต่อปัญหาในอนาคตเมื่อนักศึกษาไปปฏิบัติการสอนที่โรงเรียน นักศึกษาไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหานั้น ๆ ได้

แนวทางการจัดการเรียนรู้ ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2

คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 คือ ศึกษาและปฏิบัติการให้รอบรู้ ความร้อน และเทอร์มอไดนามิกส์ แสงและทัศนศาสตร์ ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ฟิสิกส์ยุคใหม่ นำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามหลักปฏิบัติสากล ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านฟิสิกส์เพื่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เหมาะสมกับสภาพและบริบทของท้องถิ่น และจากข้อมูลหลักสูตรเบื้องตนจะพบว่าวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 เป็นวิชาที่ถูกบรรจุให้อยู่ในชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 เพื่อให้ผู้เรียนมีสมรรถนะความรู้เนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานก่อนเพื่อจะได้นำความรู้ที่ได้ไปออกแบบการจัดการเรียนรู้ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้นโดยเฉพาะวิชาการสอนและวิชาชีพครู ดังแสดงในกรอบแนวคิดแนวทางการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู ดังแสดงในภาพ 4



ภาพ 4 กรอบแนวคิดแนวทางการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู

เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 แสดงองค์ประกอบ ดังนี้

คาบที่ จำนวนชั่วโมงการสอน แนวคิด กลวิธี/กิจกรรมหลัก สื่อ/เครื่องมือ

ดังนั้นผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยวิเคราะห์จากคำอธิบายรายวิชากับแนวคิด ประกอบไปด้วย 9 แผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมทั้งหมด 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง คิดเป็น 48 ชั่วโมง ดังแสดงในตาราง 3

แนวคิดที่พัฒนา

1. แนวคิดพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ
2. แนวคิดการนำความร้อน
3. แนวคิดการพาความร้อน
4. แนวคิดการแผ่รังสีความร้อน
5. แนวคิดสมดุลความร้อน
6. แนวคิดแสงเดินทางเป็นเส้นตรง 7. แนวคิดการเกิดเงา
8. แนวคิดการสะท้อนแสง
9. แนวคิดการหักเหแสง
10. แนวคิดทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

พลังสมรรถนะแห่งตน

1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง
2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น
3. การชักจูงด้วยคำพูด
4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

ตาราง 3 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
1	กลวิธีเนื้อหารายวิชา	ชี้แจงกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 - ทดสอบแนวคิดฟิสิกส์ - สำรวจพลังสมรรถนะแห่งตน	1. ชี้แจงกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ 2 ให้นักศึกษาทราบ 2. ทดสอบแนวคิดของนักศึกษา 3. สำรวจพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษา	1. ทำความเข้าใจในกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2	**แนวคิด** - **พลังสมรรถนะแห่งตน** - **หมายเหตุ** เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้เกิดแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
2	1.กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2.กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร	ครูและนักศึกษาร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดในแต่ละหัวข้อที่ปรากฏตามประมวลผลรายวิชาเชื่อมโยงกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและหนังสือเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	1.ครูใช้คำถามชี้นำเพื่อให้นักศึกษาร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเชื่อมโยงหัวข้อรายวิชาไปสู่มาตรฐานตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน	1. ผู้เรียนร่วมอภิปรายกับผู้สอน	**แนวคิด** - **พลังสมรรถนะแห่งตน** -
3	1.กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2.กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร	ครูและนักศึกษาร่วมศึกษาการแนวคิดคลาดเคลื่อนจากบทความวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องความร้อนและแสง	1. ครูใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์จากบทความวิจัย	1. ผู้เรียนร่วมอภิปรายกับผู้สอน	**แนวคิด** - **พลังสมรรถนะแห่งตน** - **หมายเหตุ** เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้เกิดแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
4	1. กลวิธี	1. ครูทบทวนความรู้เดิม	1. ครูปฏิบัติการสอน	1. นักศึกษาทำ	**แนวคิด**

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
	เนื้อหารายวิชา 2. กลวิธีการสืบสอบ	ของนักศึกษาโดยใช้การระดมความคิด (Brainstorming) โดยให้นักศึกษาเข้าไปตอบคำถามพร้อม ๆ กัน ผ่านแอฟพลิเคชั่น poll everywhere โดยใช้คำถาม 2. นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ซึ่งประกอบด้วยนักศึกษาที่เรียนเก่ง เรียนปานกลาง และเรียนอ่อนคละกันภายในกลุ่ม พร้อมกับรับและศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็ง 3. นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของกลุ่ม 4. ให้นักศึกษาศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะ และแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารแต่ละชนิดว่ามีความแตกต่างกันอย่างไรและออกมานำเสนอให้เพื่อน ๆ กลุ่มอื่น ๆ 5. ครูให้นักศึกษาเขียนแผนภาพแสดงกระบวนการเปลี่ยน	ตามแผนการจัดการเรียนรู้ 2. ครูจัดกิจกรรมการสอนเน้นเทคโนโลยี 3. ครูให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลอง 4. ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักศึกษา 5. ครูร่วมอภิปรายกับนักศึกษา 6. ครูเสริมแรงทางบวกโดยใช้คำพูด 7.ครูให้กำลังใจนักศึกษาเมื่อนักศึกษาไม่สามารถทำกิจกรรมบรรลุจุดประสงค์	กิจกรรมตามที่ผู้สอนกำหนด 2. นักศึกษาร่วมอภิปรายกับผู้สอน 3. นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องการเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็ง 3. นักศึกษาทำใบความรู้เรื่องพลังงานความร้อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะ	-แนวคิดพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ **พลังสมรรถนะแห่งตน** 1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3. การชักจูงด้วยคำพูด 4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
		สถานะของสสารจากของแข็ง เป็นของเหลว และก๊าซ พร้อมทั้งบอกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสถานะ แบบฝึกท้ายใบกิจกรรม เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็ง 6. ครูและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์เรื่องพลังงานความร้อนในชีวิตประจำวัน			
5	1. กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2. กลวิธีการสืบสอบ	1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักศึกษาโดยใช้ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม 2 กลุ่ม และร่วมกันเขียนแผนผังความคิด (concept map) เรื่อง พลังงานความร้อนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารอย่างไร 2. นักศึกษาดูวีดีโอเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน และร่วมกันอภิปราย 3. นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน 4. นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของกลุ่ม นำเสนอผลการทดลองและข้อสรุปจากการอภิปรายของกลุ่ม	1. ครูปฏิบัติการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ 2. ครูจัดกิจกรรมการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน 3. ครูให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลอง 4. ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักศึกษา 5. ครูร่วมอภิปรายกับนักศึกษา 6. ครูเสริมแรงทางบวกโดยใช้คำพูด 7. ครูให้กำลังใจนักศึกษาเมื่อนักศึกษาไม่สามารถทำกิจกรรมบรรลุจุดประสงค์	1. นักศึกษาทำกิจกรรมตามที่ผู้สอนกำหนด 2. นักศึกษาร่วมอภิปรายกับผู้สอน 3. นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องการถ่ายโอนความร้อน 3. นักศึกษาทำใบความรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อน	**แนวคิด** - แนวคิดการนำความร้อน - แนวคิดการพาความร้อน - แนวคิดการแผ่รังสีความร้อน **พลังสมรรถนะแห่งตน** 1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3. การชักจูงด้วยคำพูด 4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
		5. นักศึกษาศึกษาภาพการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน และเชื่อมโยงเข้ากับทฤษฎี 6. ครูและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์จากการศึกษาการถ่ายโอนพลังงานความร้อนและการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวัน			
6	1.กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2.กลวิธีการสืบสอบ	1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักศึกษาและนำนักศึกษาเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับสมดุลความร้อน โดยครูนำภาพสถาณการณ์ให้นักศึกษาร่วมกันอภิปราย 2. นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง สมดุลความร้อน 3. นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของกลุ่ม 4. แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทดลองและข้อสรุปจากการอภิปรายของกลุ่ม 5. ครูให้นักศึกษาดูวีดีทัศน์เรื่อง How cooling tower work? และร่วมกันอภิปรายกับนักศึกษา	1.ครูปฏิบัติการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ 2.ครูจัดกิจกรรมการสอนเรื่อง สมดุลความร้อน 3.ครูให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลอง 4.ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักศึกษา 5.ครูร่วมอภิปรายกับนักศึกษา 6.ครูเสริมแรงทางบวกโดยใช้คำพูด 7.ครูให้กำลังใจนักศึกษาเมื่อนักศึกษาไม่สามารถทำกิจกรรมบรรลุจุดประสงค์	1.นักศึกษาทำกิจกรรมตามที่ผู้สอนกำหนด 2.นักศึกษาร่วมอภิปรายกับผู้สอน 3.นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลความร้อน 3.นักศึกษาทำใบความรู้เรื่องสมดุลความร้อน	**แนวคิด** -แนวคิดสมดุลความร้อน **พลังสมรรถนะแห่งตน** 1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3. การชักจูงด้วยคำพูด 4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
		6. นักศึกษาเขียนร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม 7. ครูประเมินนักศึกษาจากแบบบันทึกผลการทดลองการทำกิจกกรม			
7	1.กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2.กลวิธีการสืบสอบ	1. ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักศึกษาโดยใช้คำถาม 2. ครูเปิดสวิตช์ไฟฉายและส่องลำแสงไปในทิศต่าง ๆ ให้นักศึกษาสังเกตพฤติกรรมแสงและร่วมอภิปรายเกี่ยวกับลักษระทางเดินของแสงจากไฟฉาย 3. นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ศึกษาและทำการทดลองกิจกรรมเรื่อง สมบัติของแสง 3 แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ แสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เงามืดเงามัว และการหาอัตราเร็วแสง 4. นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของกลุ่มออกมานำเสนอผลการทดลองและข้อสรุปจากการอภิปรายของกลุ่ม 5. นักศึกษาศึกษา วีดีทัศน์ เรื่อง ปืนเลเซอร์บนเรือสหรัฐและร่วมกันอภิปราย 6. ครูกนักศึกษาคิดว่าปรากฏการณ์ใด	1. ครูปฏิบัติการสอนตามแผนการจัดกาเรียนรู้ 2. ครูจัดกิจกรรมการสอนเรื่อง สมบัติของแสง 3. ครูให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องสมบัติของแสง 4. ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักศึกษา 5.ครูร่วมอภิปรายกับนักศึกษา 6.ครูเสริมแรงทางบวกโดยใช้คำพูด 7.ครูให้กำลังใจนักศึกษาเมื่อนักศึกษาไม่สามารถทำกิจกรรมบรรลุจุดประสงค์	1. นักศึกษาทำกิจกรรมตามที่ผู้สอนกำหนด 2. นักศึกษาร่วมอภิปรายกับผู้สอน 3. นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องสมบัติของแสง 3. นักศึกษาทำใบความรู้เรื่องสมบัติของแสง	**แนวคิด** - แนวคิดแสงเดินทางเป็นเส้นตรง - แนวคิดการเกิดเงา **พลังสมรรถนะแห่งตน** 1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3. การชักจูงด้วยคำพูด 4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
		สามารถอธิบายเรื่องธรรมชาติและสมบัติของแสงได้อย่างชัดเจน ถ้านักศึกษาต้องการยกตัวอย่างสำหรับการจัดการเรียนการสำหรับนักเรียนในอนาคต			
8	1. กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2. กลวิธีการสืบสอบ	1. ครูทบทวนความรู้เรื่องธรรมชาติของแสงและสมบัติของแสง โดยใช้คำถาม 2. ครูนำภาพสถาณการณ์จำนวน 2 ภาพให้นักศึกษาดูและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับรูปภาพ 3. นักศึกษาแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน ศึกษาวิธีการทดลอง ใบกิจกรรมที่ 1เรื่อง การสะท้อนและการหักเห พร้อมทั้งออกแบบการทดลองและออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองของกลุ่ม 4. นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของกลุ่มและออกมานำเสนอผลการทดลองและข้อสรุปจากการอภิปรายของกลุ่ม 5. ครูใช้คำถามโดยแสดงรูปภาพปรากฏการณ์ infinity mirror ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร 6. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาในระหว่างทำใบกิจกรรม	1. ครูปฏิบัติการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ 2. ครูจัดกิจกรรมการสอนเรื่อง การสะท้อนและการหักเห 3. ครูให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องการสะท้อนและการหักเห 4. ครูให้นักศึกษาออกแบบตารางบันทึกผลจากการทดลองด้วยตัวเอง 5. ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักศึกษา 6. ครูร่วมอภิปรายกับนักศึกษา 7. ครูเสริมแรงทางบวกโดยใช้คำพูด 8. ครูให้กำลังใจนักศึกษาเมื่อนักศึกษาไม่สามารถทำกิจกรรมบรรลุจุดประสงค์	1. นักศึกษาทำกิจกรรมตามที่ผู้สอนกำหนด 2. นักศึกษาร่วมอภิปรายกับผู้สอน 3. นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่อง การสะท้อนและการหักเห 3. นักศึกษาทำใบความรู้เรื่องการสะท้อนและการหักเห	**แนวคิด** - แนวคิดการสะท้อนแสง - แนวคิดการหักเหแสง **พลังสมรรถนะแห่งตน** 1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3. การชักจูงด้วยคำพูด 4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
		ที่ 1 เรื่อง การสะท้อนและการหักเหของแสง ทั้งการตอบคำถาม การทำการทดลอง และรายงานผลการทดลอง 7. ครูใช้คำถามเพื่อขยายความรู้ของนักศึกษาเรื่องการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน			
9	1.กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2.กลวิธีการสืบสอบ	1. ครูทบทวนความรู้เรื่องการสะท้อนและการหักเหแสง โดยใช้คำถาม 2. นักศึกษาศึกษาวีดีโอเรื่อง การแสดงสัตว์แบบ 3 มิตินักศึกษาและครูร่วมกันอภิปรายในประเด็นนักศึกษาสังเกตเห็นปรากฏการณ์ทางแสงอะไรบ้างจากการดูวีดีโอข้างต้น 3. ครูสาธิตการเกิดการแทรกสอดจากสลิตคู่และการเกิดการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวโดยใช้แหล่งกำเนินแสงเป็นแสงเลเซอร์ 4. นักศึกษาแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน ศึกษาวิธีการทดลองจากใบกิจกรรมเรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ อย่างละเอียด 5. นักศึกษาร่วมกันออกแบบการทดลองเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนจาก	1. ครูปฏิบัติการสอนตามแผนการจัดกาเรียนรู้ 2. ครูจัดกิจกรรมการสอนเรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ 3. ครูให้นักศึกษาออกแบบกิจกรรมการทดลองเรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ด้วยตัวเอง 3. ครูให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ 4. ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดของนักศึกษา 5. ครูร่วมอภิปรายกับนักศึกษา 6. ครูเสริมแรงทางบวกโดยใช้คำพูด 7. ครูให้กำลังใจนักศึกษาเมื่อนักศึกษาไม่สามารถทำกิจกรรมบรรลุจุดประสงค์	1. นักศึกษาทำกิจกรรมตามที่ผู้สอนกำหนด 2. นักศึกษาร่วมอภิปรายกับผู้สอน 3. นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ 4. นักศึกษาฝึกออแบบกิจกรรมการทดลองและใบบันทึกผลการทดลองด้วยตัวเอง 5. นักศึกษาทำใบความรู้เรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์	**แนวคิด** - แนวคิดทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ **พลังสมรรถนะแห่งตน** 1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3. การชักจูงด้วยคำพูด 4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
		อุปกรณ์ที่มีโดยยึดหลักการแทรกสอดการเลี้ยวเบน 6. นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของกลุ่มและออกมานำเสนอผลการทดลองและข้อสรุปจากการอภิปรายของกลุ่ม 7. นักศึกษานำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเขียนแผนภาพแสดงหลักการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนเพื่อสรุปผลการทดลอง 8. นักศึกษาศึกษาใบความรู้ ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ หลังจากนั้นครูสาธิตการประยุกต์ใช้หลักการเลี้ยวเบนเพื่อหาขนาดเส้นผม 9. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักศึกษาในระหว่างทำกิจกรรม ทั้งการตอบคำถามการทำการทดลองและรายงานผลการทดลอง 10. ครูใช้คำถามเพื่อแสดงถึงการนำความรู้ไปใช้ของนักศึกษา			
10	กลวิธีเนื้อหารายวิชา	การฝึกปฏิบัติสอนในหัวข้อความร้อนและแสง โดยให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 2 คน คิดกิจกรรม หรือหากิจกรรม เพื่อมาใช้สำหรับการทดลองสอนเพื่อนในชั้นเรียน	1. ครูให้คำชี้แนะนักศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการเขียนแผน 2. ครูให้กำลังใจนักศึกษา	1. นักศึกษาปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน	**แนวคิด** - **พลังสมรรถนะแห่งตน** - **หมายเหตุ** เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้

สัปดาห์ที่	กลวิธี	กิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักศึกษา	แนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
					เกิดแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
11	กลวิธีเนื้อหารายวิชา	การฝึกปฏิบัติสอนในหัวข้อความร้อนและแสง (ต่อ)	1. ครูให้คำชี้แนะนักศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการเขียนแผน 2. ครูให้กำลังใจนักศึกษา	1. นักศึกษาปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน	**แนวคิด** - **พลังสมรรถนะแห่งตน** - **หมายเหตุ** เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้เกิดแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน
12	-	- ทดสอบแนวคิดฟิสิกส์ - สำรวจพลังสมรรถนะแห่งตน		-	-

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

2.1 แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู โดยมีข้อคำถาม จำนวน 6 ข้อ ดังนี้ 1) นักศึกษาเข้าใจเนื้อหาที่อาจารย์สอน ในประเด็นไหนบ้าง 2) นักศึกษาไม่เข้าใจเนื้อหาที่อาจารย์สอน ในประเด็นไหนบ้าง 3) การลงมือปฏิบัติงาน/กิจกรรม ด้วยตนเองของนักศึกษา 4) การศึกษาการปฏิบัติจากเพื่อนและทำตามเพื่อนขอคำแนะนำจากเพื่อน 5) การรับฟังคำแนะนำของผู้สอนทำให้นักศึกษาเข้าใจในการเรียน 6) นักศึกษาเชื่อมั่นว่าสามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่ได้เรียนให้กับเพื่อน ๆ หรือการปฏิบัติการสอนในอนาคตได้อย่างไร

2.2 แบบบันทึกหลังสอน มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้สอนบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้งเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน โอยออกแบบข้อคำถามในแบบบันทึกหลังสอน มีหัวข้อหลักในการตรวจสอบแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน โดยมีประเด็นการบันทึก ได้แก่ ผลการจัดการเรียนการสอน ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอน

2.3 แบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู มีจุดประสงค์เพื่อวัดแนวคิดของนักศึกษาทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ มีคำมเกี่ยวกับแนวคิดของนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 ในเนื้อหาความร้อนและแสง ประกอบไปด้วยข้อคำถามปลายเปิด ที่ให้ผู้เรียนเขียนตอบ จำนวน 10 ข้อ จำนวน 10 แนวคิด ประกอบด้วย 1) แนวคิดพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ 2) แนวคิดการนำความร้อน 3) แนวคิดการพาความร้อน 4) แนวคิดการแผ่รังสีความร้อน 5) แนวคิดสมดุลความร้อน 6) แนวคิดแสงเดินทางเป็นเส้นตรง 7) แนวคิดการเกิดเงา 8) แนวคิดการสะท้อนแสง 9) แนวคิดการหักเหแสง 10) แนวคิดทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

2.4 แบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ประยุกต์จากแนวคิด Scheel (2004) คือSources of Self-efficacy in science Courses-Physics (SOSESC-P) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งสิ้น 33 ข้อ โดยข้อคำถามจำแนกความเห็นแบ่งเป็น 5 ระดับ ตามแบบ Likert rating scale ได้แก่ 5 หมายถึง เห็นด้วยที่สุด 4 หมายถึง เห็นด้วย 3 หมายถึง เฉย ๆ หรือ ปานกลาง 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ประเด็นคำถามเป็นไปตามทฤษฎีของ Bandura (1986) มี 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3) การชักจูงด้วยคำพูด 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

2.5 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เรื่อง พลังสมรรถนะแห่งตน มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาหลังจากการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยคำถามหลักที่ใช้ในการสัมภาษณ์ 4 ข้อ และผู้วิจัยมีการถามคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของคำตอบจากข้อคำถามหลัก โดยการใช้คำถาม 4 ประเด็นหลักตามทฤษฎีของ Bandura (1986) มี 4 ประเด็น ได้แก่ 1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง 2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3. การชักจูงด้วยคำพูด 4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

การพัฒนาเครื่องมือวิจัย

1. ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู

1.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบ รวมถึงศึกษา หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (4 ปี) (ฉบับปรับปรุง 2562) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้านสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ขอบข่ายเนื้อหาวิชา วิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทาแผนการจัดการเรียนรู้

1.2 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จาก เอกสารหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ วิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2562 เรื่องความร้อนและแสง ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป หลักสูตรปรับปรุง 2562 (4 ปี) คณะครุศาสตร์ สถาบันการผลิตครูแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง โดยเขียนแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 12 สัปดาห์ ๆ ละ 4 ชั่วโมง ประกอบด้วย 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุม 10 แนวคิด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความสอดคล้องหัวข้อหลักสูตรกับระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน
2. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดคลาดเคลื่อนในหัวข้อหลักสูตร
3. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ

- แนวคิดพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ

4. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน

- แนวคิดการนำความร้อน
- แนวคิดการพาความร้อน
- แนวคิดการแผ่รังสีความร้อน

5. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลความร้อน

- แนวคิดสมดุลความร้อน

6. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แสงและสมบัติของแสง

- แนวคิดแสงเดินทางเป็นเส้นตรง
- แนวคิดการเกิดเงา

7. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต

- แนวคิดการสะท้อนแสง
- แนวคิดการหักเหแสง

8. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

- แนวคิดทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

9. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การฝึกปฏิบัติสอนในหัวข้อความร้อนและแสง

1.3 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 โดยในขั้นดำเนินการสอนจะมีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบ ตามขั้นของการเรียนรู้ตามแนวคิด Eisenkraft มีโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

1.3.1 แนวคิดวิทยาศาสตร์

1.3.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.3.3 กิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบสอบหาความรู้ 7 ขั้น (7E)

ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม
2. ขั้นเร้าความสนใจ
3. ขั้นสำรวจค้นหา
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
5. ขั้นขยายความรู้
6. ขั้นประเมินผล
7. ขั้นนำความรู้ไปใช้

1.3.4 สื่อการเรียนรู้

1.3.5 แหล่งเรียนรู้

1.3.6 การวัดและประเมินผล

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาตรวจสอบเพื่อให้ ข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 1 ท่าน ตรวจพิจารณาในด้าน ความตรงตามจุดประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนการสอน การประเมินผล และสื่อ

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถามโดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนนดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

คะแนน 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

คะแนน 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

แปลความหมายโดยการเปรียบเทียบเกณฑ์ความหมาย (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 120-121) ดังนี้

ระดับคะแนน	ระดับความคิดเห็น
4.51 – 5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.51 – 5.50	เห็นด้วยมาก
2.51 – 3.50	เห็นด้วยปานกลาง
1.51 – 2.50	เห็นด้วยน้อย
1.00 – 1.50	เห็นด้วยน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมคือถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น จากการประเมินความเหมาะสม พบว่ามีค่าความเหมาะสมองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 4.13 – 4.46 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.44 - 0.53

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 ท่าน พบว่า องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีมาตรฐานและจุดประสงค์การเรียนรู้มีความเชื่อมโยงโดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนวทาง การแก้ไขสรุปได้ ดังนี้

1. เพิ่มจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการวัดที่สอดคล้องกับแนวคิดครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ
2. การวัดผลประเมินผลให้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้
3. ในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายโอนพลังงาน ให้ปรับเปลี่ยนกิจกรรมการทดลอง เรื่องการแผ่รังสีความร้อน จากแก้วเก็บความเย็นความร้อน เป็น การใช้แอปพลิเคชันที่ตรวจสอบคลื่นความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ เช่น แอฟพลิเคชั่น Thermal scanner หรือ แอปพลิเคชันที่วัดรังสีอินฟราเรดอื่น ๆ เป็นต้น
4. ถ้าในแผนการจัดการเรียนรู้มีการตั้งคำถาม ควรมีแนวคำตอบเสมอ
5. ภาพถ่ายอุปกรณ์การทดลองให้เปลี่ยนเป็นภาพถ่ายของจริง
6. เขียนคำชี้แจง วิธีการทดลองให้ละเอียดมากขึ้น
7. การเลือกงานวิจัยมาใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การศึกษางานวัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดคลาดเคลื่อนในหัวข้อหลักสูตรควรสอดคล้องกับความร้อนและแสง
8. ปรับเปลี่ยนกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง แสงและสมบัติของแสง ตอนที่ 3 เรื่อง การหาอัตราเร็วแสง วัสดุที่ใช้เปลี่ยนจากสบู่ เป็น ไข่ขาว เพราะจากการทดลองด้วยตนเองผู้วิจัยพบว่าเมื่อนำสบู่ใส่ไมโครเวฟทำให้เกิดกลิ่นไหม้ที่รุนแรงและสังเกตตำแหน่งปฏิบัติได้ยาก จึงได้ศึกษาข้อมูลใหม่พบว่าไข่ขาวสามารถนำมาทำการทดลองได้เช่นเดียวกัน

9. ปรับข้อความในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต ในแนวคิดวิทยาศาสตร์การสะท้อนแสง จาก “แสงจากวัตถุนั้นมาเข้าตา” เป็น “แสงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าสู่ตา”

1.6 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ได้แก่ เพิ่มจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับแนวคิด ตรวจสอบการการวัดและประเมินผล และปรับกิจกรรมการจัดการเรินการสอนให้เหมาะสมตามคำแนะนำ

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ไปจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมาย

2. ขั้นตอนการสร้างแบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

2.1 ศึกษาเอกสาร รายงานวิจัย แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำผลที่ได้มาใช้เป็นกรอบแนวคิด กำหนดนิยาม โครงสร้างของตัวแปรที่ต้องการวัดและเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามแบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบ และคำถามเกี่ยวกับแนวคิดของนักศึกษา เนื้อหารายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 ประกอบไปด้วยข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 12 ข้อ ได้แก่ แนวคิดพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ แนวคิดการนำความร้อน แนวคิดการพาความร้อน แนวคิดการแผ่รังสีความร้อน แนวคิดสมดุลความร้อน แนวคิดแสงเดินทางเป็นเส้นตรง แนวคิดการเกิดเงา แนวคิดการสะท้อนแสง แนวคิดการหักเหแสง แนวคิดทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

2.2 นำแบบวัดแนวคิดที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความครอบคลุมของข้อคำถามกับเนื้อหา ความเหมาะสม ปริมาณข้อคำถาม ความชัดเจนภาษา และรูปแบบสำรวจแนวคิด ตรงตามจุดมุ่งหมายการศึกษาหรือไม่ และนำมาปรับปรุง

2.3 นำแบบวัดแนวคิดที่สร้างขึ้นมา ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องมือวิจัย และด้านการศึกษา ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความถูกต้อง จำนวน 3 ท่าน ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 1 ท่าน

2.4 วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือโดยหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 67) โดยพิจารณาความสอดคล้องรายข้อที่มากกว่า 0.50 – 1.00 โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นไม่มีความสอดคล้อง

จากการวิเคราะห์ระดับความสอดคล้องพบว่าอยู่ระว่าง 0.33-1.00 มีข้อที่ IOC น้อยกว่า 0.5 จำนวน 1 ข้อ และข้อที่มี IOC มากกว่า 0.5 จำนวน 11 ข้อ โดยพบว่าข้อคำถามที่จะใช้สำหรับการเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกมา 10 ข้อ ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนวทางการแก้ไขสรุปได้ ดังนี้

1. ข้อ 1 คำถามไม่ชัดเจน ไม่สามารถแยกแนวคิดได้ว่าต้องการวัดแนวคิดใดจึงให้ตัดออก

2. ข้อ 3 ให้เพิ่มว่า อุณหภูมิห้องนั้นคือเท่าไร เพราะนักศึกษาอาจจะสับสน โดยให้เพิ่มข้อความในวลเล็บว่า (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส)

3. ข้อ 10 ให้เปลี่ยนวัตถุที่ใส่ไว้ในอ่าง จาก “ปลา” เป็น “เหรียญ” เพราะปลาสามารถเคลื่อนที่ได้ทำให้การจับปลาในอ่างมีปัจจัยอื่นนอกจากปัจจัยการหักเหแสงที่ทำให้จับปลาไม่ได้ ดังนั้นควรเปลี่ยนวัตถุเป็นสิ่งไม่มีชีวิต

4. ข้อ 12 ปรากฏการณ์ที่เลือกมาในข้อคำถามนี้ไม่ชัดเจนควรเปลี่ยนปรากฏการณ์ใหม่

2.5 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงได้แก่ การปรับคำถามให้เป็นประเด็น ๆ แยกตามแนวคิด และให้มีความชัดเจนของข้อคำถาม

2.6 นำแบบวัดแนวคิดฉบับสมบูรณ์ที่ผ่านการปรับปรุงมาเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

3. ขั้นตอนสร้างแบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร รายงานวิจัย แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำผลที่ได้มาใช้เป็นกรอบแนวคิด กำหนดนิยาม โครงสร้างของตัวแปรที่ต้องการวัดและเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน

3.2 ออกแบบข้อคำถามโดยประยุกต์แนวคิดของ Sources of Self-Efficacy in Science Courses - Physics (SOSESC-P) ตามแนวคิด Scheel (2004) ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งสิ้น 33 ข้อ ประเด็นคำถามเป็นไปตามทฤษฎีของ Bandura (1986) มี 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment (PA) 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) 3) การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA)

3.3 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความครอบคลุมของข้อคำถามกับเนื้อหา ความเหมาะสม ปริมาณข้อคำถาม ความชัดเจนภาษา และรูปแบบสำรวจแนวคิด ตรงตามจุดมุ่งหมายการศึกษาหรือไม่ และนำมาปรับปรุง

3.4 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมา ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องมือวิจัย และด้านการศึกษา ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความถูกต้อง จำนวน 3 ท่าน ประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 ท่าน

3.5 วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือโดยหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 67) โดยพิจารณาความสอดคล้องรายข้อที่มากกว่า 0.50 – 1.00 โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความนั้นไม่มีความสอดคล้อง

พบว่ามีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ดังนั้นพบว่าข้อคำถาม จำนวน 33 ข้อ สามารถนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนวทางการแก้ไขสรุปได้ ดังนี้

1. ข้อ 1 ปรับข้อคำถามจาก “ฉันได้ผลการเรียนวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับดี” เป็น “ฉันสามารถรับเกรดดี ๆ จากงานที่ได้รับมอบหมายในชั้นเรียนนี้”

2. ข้อ 20 ปรับข้อคำถามจาก “ไม่มีใครที่สนับสนุน ส่งเสริมให้ฉันเรียนวิชาฟิสิกส์” เป็น “ไม่มีใครห้องเรียนฟิสิกส์ ที่สนับสนุนให้ฉันไปในวิชาฟิสิกส์หลังจากฉันจบหลักสูตร”

3. ข้อ 28 ปรับข้อคำถามจาก “วิชาฟิสิกส์ทำให้ฉันรู้สึกไม่สบายใจและสับสน” เป็น “วิชาฟิสิกส์ทำให้ฉันรู้สึกอึดอัดและสับสน”

4. ข้อ 29 ปรับข้อคำถามจาก “การอภิปรายและกิจกรรมในห้องเรียนช่วยให้ฉันผ่อนคลาย เข้าใจ และสนุกไปกับประสบการณ์ในวิชาฟิสิกส์” เป็น “การอภิปรายและกิจกรรมในห้องเรียนช่วยให้ฉันผ่อนคลายเข้าใจและสนุกไปกับประสบการณ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์”

3.6 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับข้อคำถามในแบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน

3.7 นำแบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตนฉบับสมบูรณ์ที่ผ่านการปรับปรุงเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

4. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เรื่อง พลังสมรรถนะแห่งตน

4.1 ศึกษาเอกสาร รายงานวิจัย แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำผลที่ได้มาใช้เป็นกรอบแนวคิด กำหนดนิยาม โครงสร้างของตัวแปรที่ต้องการวัดและเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน

4.2 ออกแบบข้อคำถามโดยประยุกต์แนวคิดของ ของ Sources of Self-Efficacy in Science Courses - Physics (SOSESC-P) ตามแนวคิด Scheel (2004) ประกอบไปด้วยข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ คำถามที่ 1 นักศึกษาจะสามารถบรรลุเป้าหมายการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามที่ตั้งไว้สำหรับตัวเองอย่างไร คำถามที่ 2 “เมื่อเห็นว่าเพื่อนเรียนหรือทำงานในวิชาฟิสิกส์สำหรับครูได้ นักศึกษาก็คิดว่าตัวเองก็ต้องทำได้เช่นกัน” นักศึกษามีความคิดเห็นอย่างไรต่อประโยคดังกล่าวข้างต้น คำถามที่ 3 อาจารย์ผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครูอย่างไร และคำถามที่ 4 ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อความรู้สึกของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครู แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เรื่อง พลังสมรรถนะแห่งตน ประเด็นคำถามเป็นไปตามทฤษฎีของ Bandura (1986) มี 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment (PA) 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) 3) การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA)

4.3 นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความครอบคลุมของข้อคำถามกับเนื้อหา ความเหมาะสม ปริมาณข้อคำถาม ความชัดเจนภาษา และรูปแบบสำรวจแนวคิด ตรงตามจุดมุ่งหมายการศึกษาหรือไม่ และนำมาปรับปรุง

4.4 นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นมา ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องมือวิจัย และด้านการศึกษา ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้อง จำนวน 3 ท่าน ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 ท่าน

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนวทางการแก้ไขสรุปได้ ดังนี้

1. คำถามต้องครอบคลุมประเด็นทั้ง 4 ของตามทฤษฎีของ Bandura (1986)

4.5 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาตรวจสอบว่าครอบคลุมทั้ง 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment (PA) 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) 3) การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA)

4.6 นำแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างฉบับสมบูรณ์ มาเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

5. ขั้นตอนการสร้างแบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา ดังนี้

5.1 ศึกษาการเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนการเรียนรู้ และการปฏิบัติของนักศึกษาตามประเด็นพลังสมรรถนะของตนเองครอบคลุมทั้ง 4 ประเด็น

5.2 สร้างแบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษาประกอบด้วย ประเด็นดังต่อไปนี้ นักศึกษาเข้าใจเนื้อหาที่อาจารย์สอน ในประเด็นไหนบ้าง นักศึกษาไม่เข้าใจเนื้อหาที่อาจารย์สอน ในประเด็นไหนบ้าง การลงมือปฏิบัติงาน/กิจกรรม ด้วยตนเองของนักศึกษา การศึกษาการปฏิบัติจากเพื่อนและทำตามเพื่อนขอคำแนะนำจากเพื่อน การรับฟังคำแนะนำของผู้สอนทำให้นักศึกษาเข้าใจในการเรียน นักศึกษาเชื่อมั่นว่าสามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่ได้เรียนให้กับเพื่อน ๆ หรือการปฏิบัติการสอนในอนาคตได้อย่างไร จัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบสิ่งที่นักศึกษาได้เรียนรู้และตรวจสอบการปฏิบัติตัวของนักศึกษาหลังจากสิ้นสุดการเรียน

5.3 นำแบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษาที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความครอบคลุมของข้อคำถามกับเนื้อหา ความเหมาะสม ปริมาณข้อคำถาม ความชัดเจนภาษา และรูปแบบสำรวจแนวคิด ตรงตามจุดมุ่งหมายการศึกษาหรือไม่ และนำมาปรับปรุง

5.3 นำแบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษาที่สร้างขึ้นมา ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องมือวิจัย และด้านการศึกษา ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้อง จำนวน 3 ท่าน ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 1 ท่าน

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนวทางการแก้ไขสรุปได้ ดังนี้

1. ข้อคำถามควรจะสามารถตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดของเรื่องที่เรียนแต่ละครั้งได้

2. คำถามต้องครอบคลุมประเด็นทั้ง 4 ของตามทฤษฎีของ Bandura (1986)

5.4 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับข้อคำถามให้สามารถเชื่อมโยงไปยังแนวคิดและมีข้อคำถามที่ครอบคลุมทั้ง 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment (PA) 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) 3) การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA)

5.5 นำแบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษาฉบับสมบูรณ์ มาเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

6. ขั้นตอนสร้างแบบบันทึกหลังสอน ดังนี้

6.1 ศึกษาการกิจกรรมการเรียนรู้ การเขียนแผนการสอน กำหนดการวางรูปแบบแบบบันทึกหลังสอน

6.2 ศึกษารูปแบบและวิธีการเขียนแบบบันทึกหลังสอน เพื่อเป็นแนวทางสร้างแบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย

6.3 ออกแบบข้อคำถามในแบบบันทึกหลังสอน โดยมีประเด็นการบันทึก มีหัวข้อหลัก ได้แก่ ผลการจัดการเรียนการสอน ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอน

6.4 นำแบบบันทึกหลังสอน ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความครอบคลุมของข้อคำถามกับเนื้อหา ความเหมาะสม ปริมาณข้อคำถาม ความชัดเจนภาษา และรูปแบบสำรวจแนวคิด ตรงตามจุดมุ่งหมายการศึกษาหรือไม่ และนำมาปรับปรุง

6.5 นำแบบบันทึกหลังสอนที่สร้างขึ้นมา ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องมือวิจัย และด้านการศึกษา ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้อง จำนวน 3 ท่าน ประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 ท่าน พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุง

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนวทางการแก้ไขสรุปได้ ดังนี้

1. แบบบันทึกหลังสอนควรออกแบบข้อคำถามที่สามารถแสดงถึงผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ปัญหาอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอน เพื่อผู้สอนจะได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์และใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนได้

6.6 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาตรวจสอบข้อคำถามในแบบบันทึกหลักสอน

6.7 นำแบบบันทึกหลังสอนฉบับสมบูรณ์ ที่ผ่านการปรับปรุงมาเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ดังนี้

1. ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ เครื่องมือที่ 1 แบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ผู้วิจัยดำเนินการให้กลุ่มเป้าหมาย จำวน 18 คน ทำแบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครูก่อนการจัดการรเรียนรู้ (pre-test) โดยใช้แบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครูในรูปแบบคำถามปลายเปิด จำนวน 10 ข้อ ในวันที่ 3 ธันวาคม 2562 โดยให้เวลาในการทำแบบวัด 3 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 13.00-16.00 น. ศึกษามโนมติที่ผิดพลาดมาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ 2 แบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน ผู้วิจัยดำเนินการให้กลุ่มเป้าหมายจำวน 18 คน ทำแบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตนก่อนการจัดการรเรียนรู้ โดยใช้แบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน ประกอบไปด้วยข้อคำถามทั้งสิ้น 33 ข้อ โดยข้อคำถามจำแนกความเห็นแบ่งเป็น 5 ระดับ ตามแบบ Likert rating scale ได้แก่ 5 หมายถึง เห็นด้วยที่สุด 4 หมายถึง เห็นด้วย 3 หมายถึง เฉย ๆ หรือ ปานกลาง

2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ในวันที่ 3 ธันวาคม 2562 ให้เวลาทำแบบสอบถาม 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 16.00-17.00 น.

2. ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้ เครื่องมือที่ 3 แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา โดยผู้วิจัยให้นักศึกษาเป็นผู้บันทึกหลังจากจบกระบวนการเรียนการสอนแต่ละสัปดาห์ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวนทั้งสิ้น 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้จำนวนทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ ๆ ละ 4 ชั่วโมง และเครื่องมือที่ 4 แบบบันทึกหลังสอน ผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกแบบบันทึกหลังสอน เพราะผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยในการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 9 แผน จำนวนทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ ๆ ละ 4 ชั่วโมง ว่านักศึกษาได้เรียนรู้สิ่งใดบ้าง การเรียนการสอนเมีผลต่อแนวคิดของนักศึกษาอย่างไร และในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้พิจารณาชิ้นงานจากการทำกิจกรรม ถ่ายภาพประกอบการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3. หลังจากการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้ เครื่องมือที่ 1 แบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู และเครื่องมือที่ 2 แบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน สำหรับวัดหลังการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2563 ให้เวลาในการทำทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง สำหรับการทำแบบทดสอบโดยแบ่งเป็นเวลาในการทำแบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 3 ชั่วโมง เวลาในการทำแบบสอบถามพลังสมรรถนะแห่งตน 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 13.00-17.00 น. และเครื่องมือที่ 5 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างพลังสมรรถนะแห่งตน ผู้วิจัยใช้กระบวนการสัมมนากลุ่ม (Focus Group) การเลือกกลุ่มเป้าหมายสำหรับการสัมภาษณ์พิจารณาจากระดับคะนนวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 1 จากกลุ่มเป้าหมาย 18 คน โดยพิจารณาจาก กลุ่มเก่ง จำนวน 2 คน กลุ่มกลางจำนวน 2 คน กลุ่มอ่อนจำนวน 2 คน รวมทั้งสิ้น 6 คน ใช้เวลาในการสัมภาษณ์ 30 นาที ดำเนินการสัมภาษณ์ในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2563 ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกเสียงการสัมภาษณ์ โดยใช้คำถาม 4 คำถาม ได้แก่

คำถามที่ 1 นักศึกษาจะสามารถบรรลุเป้าหมายการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามที่ตั้งไว้สำหรับตัวเองอย่างไร

คำถามที่ 2 “เมื่อเห็นว่าเพื่อนเรียนหรือทำงานในวิชาฟิสิกส์สำหรับครูได้ นักศึกษาก็คิดว่าตัวเองก็ต้องทำได้เช่นกัน” นักศึกษามีความคิดเห็นอย่างไรต่อประโยคดังกล่าวข้างต้น

คำถามที่ 3 อาจารย์ผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครูอย่างไร

คำถามที่ 4 ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อความรู้สึกของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 5 เครื่องมือ ได้แก่ แบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู แบบวัดพลังสมรรถนะแห่งตน แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา แบบบันทึกหลังสอน และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างพลังสมรรถนะแห่งตนซึ่งมีวิธีวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามประเภทเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ 1 แบบวัดแนวคิดวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ผู้วิจัยอ่านคำตอบของนักศึกษาเป็นรายบุคคล

1.2 ผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบเทียบกับเกณฑ์การแบ่งระดับแนวคิดจากงานวิจัยของ Haidar แบ่งระดับความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน 5 ระดับ ได้แก่

1.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific conception: SC) หมายถึง ตัวเลือกถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

1.2.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial conception: PC) หมายถึงตอบตัวเลือกถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องแต่ยังอธิบายไม่สมบูรณ์

1.2.3 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial conception, & Complete misconception: PC&CM) หมายถึง ตอบตัวเลือกถูกต้องแต่ให้เหตุผลผิดหรือให้เหตุผลถูกและผิดปนกัน หรือตอบตัวเลือกผิดและให้เหตุผลถูกและผิดปนกัน

1.2.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete misconception: CM) หมายถึง ตอบตัวเลือกและให้เหตุผลผิดหรือไม่ตรงตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

1.2.5 กลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (No response: NR) หมายถึง ไม่ตอบคำถาม หรืออธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

1.3 ระบุประเภทคำตอบตามระดับ และนำข้อมูลที่ได้มาหาความถี่และค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคำตอบ นำเสนอข้อมูลที่ได้ในรูปของตารางและบรรยายสรุป

1.4 นำคำตอบของนักศึกษาหลังจากแบ่งระดับมาจัดกลุ่มและนำเสนอในรูปแบบความเรียงและยกตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม

2. เครื่องมือที่ 2 แบบวัดพลังสมรรถนะแห่งตน ซึ่งจะได้ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยข้อคำถามจำแนกความเห็นแบ่งเป็น 5 ระดับ ตามแบบ Likert rating scale ได้แก่ 5 หมายถึง เห็นด้วยที่สุด 4 หมายถึง เห็นด้วย 3 หมายถึง เฉย ๆ หรือ ปานกลาง 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2.1 นำข้อมูลที่ได้มาทำการบันทึกลงคอมพิวเตอร์และทำการหา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t-test

2.2 นำผลจากการวิเคราะห์มาแสดงเป็นตารางเพื่อนำเสนอ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t-test

2.3 แปลผลข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ในรูปแบบความเรียง

3. เครื่องมือที่ 3 แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา เป็นการบันทึกหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยนักศึกษา เพื่อนำมาตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหา และการปฏิบัติของนักศึกษาเมื่อมีการจัดเรียนการการสอน เพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิจัย และกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้

3.1 นำข้อมูลที่นักศึกษาทำการบันทึกมาบันทึกลงคอมพิวเตอร์

3.2 แยกข้อมูลส่วนที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนออกจากกัน

3.3 นำข้อมูลมาจัดกลุ่มและนำเสนอในรูปแบบความเรียงรายข้อ

ตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหา

ประเด็น มอบหมายให้นักศึกษาทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้เห็นแบบอย่างจากเพื่อนในการทำงานให้ประสบความสำเร็จและการกระตุ้นให้เกิดการช่วยเหลือกันในกลุ่มผู้ที่เก่งกว่าช่วยผู้ที่อ่อนกว่า

ตาราง 4 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา

รหัส	ความหมาย	ตัวอย่าง
A1	ทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้เห็นแบบอย่างจากเพื่อน	“การที่ผู้สอนได้มอบหมายให้นักศึกษาทำงานเป็นกลุ่มและปลูกฝังให้เพื่อนช่วยเพื่อนในการทำงานทำให้สามารถเห็นแบบอย่างการทำงานที่ดีจากเพื่อน (A1) นักศึกษาจึงพยายามที่จะทำให้ได้แบบเพื่อน
A2	แบบอย่างจากเพื่อนในการทำงานให้ประสบความสำเร็จ	“ บรรยากาศในการเรียนดี ผู้สอนออกแบบกิจกรรมให้เกิดความรู้ความเข้าใจจากการทดลอง และในการทำงานสามารถปรึกษาเพื่อนได้ บทบาทหน้าที่ของนักศึกษาในกลุ่ม (A1)เอื้อต่อการทำงานเป็นทีมทำให้งานสำเร็จลุล่วง การสังเกตการณ์ทำงานของเพื่อนที่เก่งกว่า สามารถกระตุ้นให้อยากทำได้เหมือนเพื่อน”(A2)
A3	การช่วยเหลือกันในกลุ่มผู้ที่เก่งกว่าช่วยผู้ที่อ่อนกว่า	“ การทำงานกิจกรรมในการเรียนที่สอนจัดขึ้นทำให้สนุกกับการเรียน การทำงานกลุ่ม สามารถปรึกษาเพื่อนได้เมื่อเกิดปัญหา เพื่อนที่เก่งกว่าสามารถช่วยเหลือเพื่อนที่อ่อนกว่า ถ้ารู้ว่าไม่เข้าใจส่วนไหนก็จะถามเพื่อนในกลุ่มเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น” (A3)

4. เครื่องมือที่ 4 แบบบันทึกหลังสอน เป็นการบันทึกที่ได้จากการประเมินการเรียนรู้เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปัญหาในการจัดการเรียนการสอนและทำวิจัยต่อไป โดยหัวข้อที่ ได้แก่ ผลการจัดการเรียนรู้ ปัญหาที่และอุปสรรคที่เกิดขึ้นขณะจัดการเรียนรู้ และแนวทางการจัดการเรียนรู้

4.1 นำข้อมูลจากแบบบันทึกหลังสอน มาบันทึกลงคอมพิวเตอร์

4.2 แยกข้อมูลส่วนที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนออกจากกัน

4.3 นำข้อมูลมาจัดกลุ่มและนำเสนอในรูปแบบความเรียง

ตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหา

ประเด็นใช้สถานการณ์สำหรับตรวจสอบความรู้เดิมและเชื่อมโยงการนำไปใช้ประโยชน์

ตาราง 5 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหาข้อมูลจากแบบบันทึกหลังสอน

รหัส	ความหมาย	ตัวอย่าง
B1	การใช้สถานการณ์ตรวจสอบความรู้เดิม	ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักศึกษาด้วยการให้นักศึกษาได้ศึกษาวีดีโอเกี่ยวกับการทำป๊อปคอนแบบโบราณ (B1) พบว่านักศึกษาบอกได้เพียงว่ากระบวนการที่ทำให้ป๊อปคอนสุกเกิดจากความร้อนจากไฟไปสู่ก้นหม้อหลังจากนั้นทำให้ข้าวโพดพองตัวเป็นป๊อปคอน โดยนักศึกษายังไม่สามารถระบุคำสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดการถ่ายโอนความร้อน อันได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้ เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมให้นักศึกษาปฏิบัติการทดลองเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน หลังจากนั้นจัดกิจกรรมอภิปรายร่วมกันโดยเชื่อมโยงสถานการณ์การทำป๊อปคอนกับผลการทดลอง (แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 10 มกราคม 2563)
B2	การเชื่อมโยงการนำไปใช้ประโยชน์	ผู้วิจัยได้เสริมประสบการณ์อื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับเรื่องสมดุลความร้อน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำภาพสถานการณ์การต้มพาสต้าและมีการนำทัพพีไม้วางไว้ที่ขอบหม้อ (B2) พบว่านักศึกษาสามารถให้คำตอบว่าเพราะทัพพีมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนมีการถ่ายโอนความร้อนจากฟอง ไอน้ำ และน้ำร้อน ไปยังทัพพี ทำให้ความร้อนของระบบลดลง ในวิจัยนี้ผู้วิจัยมอบหมายให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลความร้อนเพื่อตรวจสอบแนวคิดว่าสิ่งที่นักศึกษาคิดถูกต้องหรือไม่ ดังภาพ 17 (แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 15 มกราคม 2563)

5. เครื่องมือที่ 5 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างพลังสมรรถนะแห่งตน นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์โดยวิธีวิเคราะห์เนื้อหา ดังนี้

5.1 ผู้วิจัยถอดเสียงสัมภาษณ์ของนักศึกษาแต่ละคน โดยใช้รหัสแทนชื่อของนักศึกษา

5.2 นำข้อความมาแบ่งกลุ่มตามประเด็นทั้ง 4 ของแบนดูรา มี 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment (PA) 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) 3) การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์วา (Emotional Arousal, EA)

5.3 หลังจากนั้นนำข้อมูลมาจัดกลุ่มย่อยภายใน 4 ประเด็นหลักข้างต้น และทำการนำเสนอเป็นความเรียงพร้อมแสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษา

ตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหา

ประเด็น การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง

ตาราง 6 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหาคำตอบจากการสัมภาษณ์พลังสมรรถนะแห่งตน

รหัส	ความหมาย	ตัวอย่าง
C1	การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง	- “ วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ต้องหมั่นฝึกทำแบบฝึกหัด” (C1) - “ ฟิสิกส์ต้องใช้คณิตศาสตร์ และเป็นวิชาที่ยาก คิดว่าสามารถเรียนได้โดยการฝึกทำแบบฝึกหัด” (C1)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยของแบบวัดแนวคิดก่อนและหลังเรียน ($\overline{X}$) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญชมศรีสะอาด, 2553, น. 105)

$$\text{สูตร} \quad \overline{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูล

2. หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของแบบวัดก่อนและหลังเรียน ใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 106)

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

เมื่อ S.D. แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

ΣX^2 แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูล

3. หาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 67)

สูตร $IOC = \frac{\Sigma R}{N}$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ t-test (Dependent samples) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 133) ดังนั้น

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

เมื่อ t แทน การตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

D แทน ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทุกคน

D^2 แทน ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสอง

$\sum D^2$ แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสอง

$(\sum D^2)$ แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนทุกคนยกกำลังสอง

$n \sum D^2$ แทน จำนวนนักเรียนคูณผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสอง

$n - 1$ แทน จำนวนนักเรียน ลบ 1

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน เพื่อพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู และเพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู โดยเก็บข้อมูลจากการใช้แบบวัดแนวคิดฟิสิกส์ และแบบวัดพลังสมรรถนะแห่งตน ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลโดยมีผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูก่อนและหลังการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้เรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูก่อนและหลังการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

ตอนที่ 1 แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

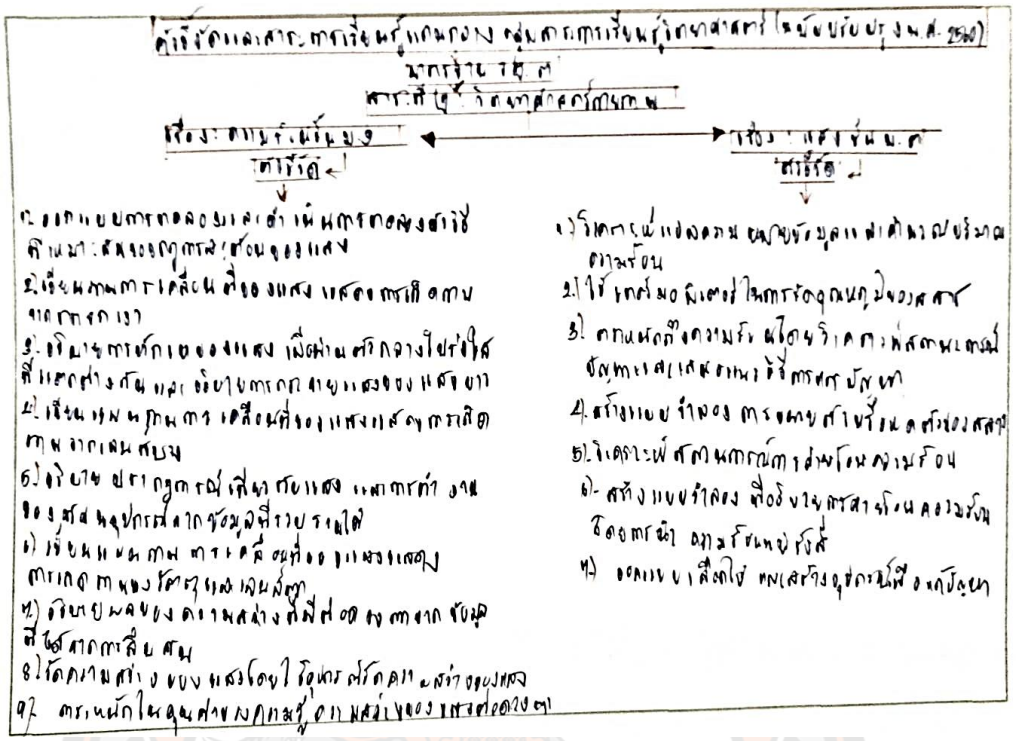
1. แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิด มีดังนี้

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดแนวคิดฟิสิกส์ เรื่อง พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน สมดุลความร้อน แสงเดินทางเป็นเส้นตรง การเกิดเงา การสะท้อนแสง การหักเหแสง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 18 คน ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ จัดกิจกรรมพัฒนาแนวคิดโดยใช้กลวิธี 3 กลวิธี ได้แก่ กลวิธีเนื้อหารายวิชา กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตรและกลวิธีแบบสืบสอบ กิจกรรมทั้งหมด 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

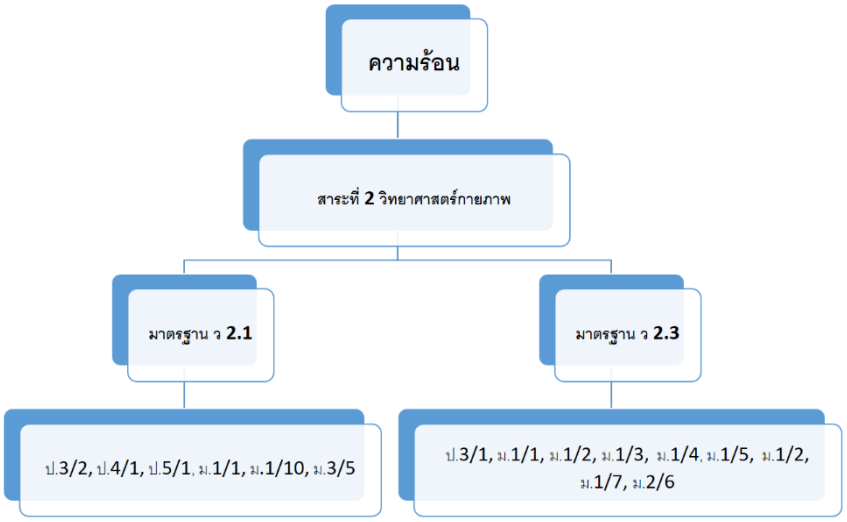
1.1 ศึกษามาตรฐานตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อทำให้นักศึกษาทราบถึงเป้าหมายและแนวคิดสำคัญที่จะทำการเรียนการสอน

ผู้วิจัยนำมาตรฐานตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางขึ้นพื้นฐานมาให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้า เนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญที่นักศึกษาจะต้องทราบเมื่อไปปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา ผู้วิจัยมุ่งหวังให้นักศึกษาทราบเป้าหมายและแนวคิดสำคัญที่นักศึกษาต้องเรียนรู้ ดังนั้นในการปฏิบัติการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิด ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชากับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังความคิด เป็นกิจกรรมที่เป็นการสร้างความตระหนักให้นักศึกษาได้ทราบว่าแนวคิดในภาคเรียน 2/2562 มีความสำคัญอย่างไร ทำไมต้องเรียน ลักษณะกิจกรรมในการเรียนการสอนเป็นอย่างไร และนักศึกษาจะต้องนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติการสอนในโรงเรียนอย่างไร เมื่อผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาร่วมกันอภิปรายแผนผังความคิดที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น พบว่าการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของนักศึกษาบางกลุ่มไม่ครอบคลุมทุกระดับชั้น ดังภาพ 5 ตัวอย่างที่แนบมานั้นขาดมาตรฐานที่ 2.1 และขาดตัวชี้วัดในระดับประถมศึกษา

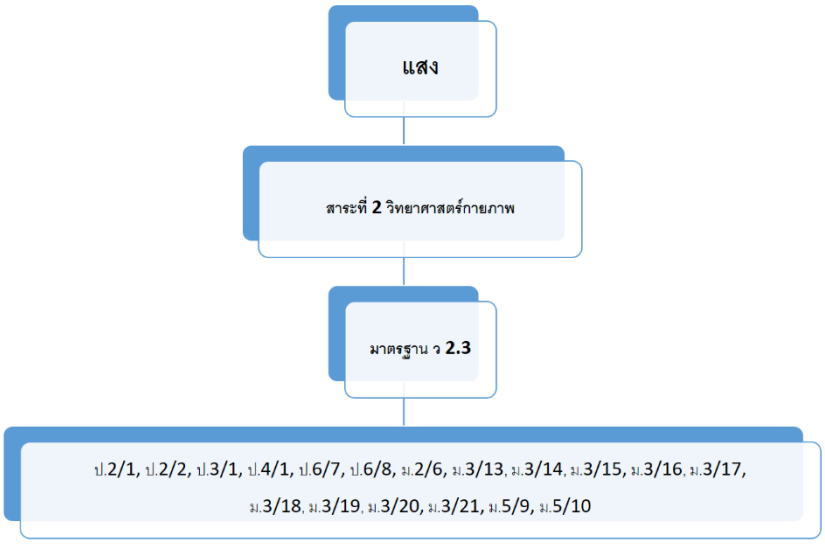
นอกจากนั้นผู้วิจัยได้จัดหาทรัพยากรประเภทสื่อสิ่งพิมพ์ครอบคลุมที่ตามสถาบันการศึกษาขั้นพื้นฐานใช้ในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากสามารถทำให้นักศึกษาได้เรียนรู้กิจกรรมต่าง ๆ ที่หลากหลายที่ปรากฏในหนังสือแต่ละสำนักพิมพ์ ซึ่งมีการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เตรียมจัดหาทรัพยากรประเภทแบบเรียนมาให้นักศึกษา จำนวน 5 สำนักพิมพ์ ได้แก่ สำนักพิมพ์ สสวท. สำนักพิมพ์ พว. สำนักพิมพ์แม็ค สำนักพิมพ์ อจท. และสำนักพิมพ์ วพ. นั้น พบว่าหนังสือแต่ละสำนักพิมพ์มีความแตกต่างกันในเรื่องการจัดเรียงเนื้อหาและกิจกรรมแต่ละเรื่องมีความแตกต่างกัน และยังพบว่าสำนักพิมพ์ สสวท. เป็นสำนักพิมพ์ที่จัดเรียงเนื้อหาได้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางมากที่สุด (แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 17 ธันวาคม 2562)



ภาพ 5 ตัวอย่างการการวิเคราะห์ตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางเรื่อง ความร้อน



ภาพ 6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางเรื่อง ความร้อน



ภาพ 7 ตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางเรื่อง แสง

1.2 ศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนจากบทความวิจัยทำให้นักศึกษาครูตระหนักถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนของตนเองและของนักเรียนที่จะต้องไปสอนในอนาคต

ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักศึกษาศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนจากบทความวิจัยมุ่งหวังว่ากิจกรรมนี้ส่งเสริมให้นักศึกษาครูตระหนักถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนของตนเองและของนักเรียนที่จะต้องไปสอนในอนาคต การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดผู้วิจัยเตรียมบทความวิจัยจำนวน 2 เรื่อง ได้แก่ 1) แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์ (ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, 2558) 2) กรณีศึกษา: การสำรวจแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดเชียงใหม่ เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน (กรีฑา แก้วคง, และชนิตา อยู่สุขขี, 2560) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาได้ตระหนักในเรื่องของแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนในเรื่องความร้อนและแสง และเมื่อผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ในสิ่งที่นักศึกษาได้เรียนรู้พบว่านักศึกษาสามารถบอกแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ จากกิจกรรมการอภิรายร่วมกับนักศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนที่ปรากฏในบทความวิจัย และร่วมกันอภิปรายว่าจากแนวคิดคลาดเคลื่อนนั้นนักศึกษาสามารถระบุแนวคิดที่ถูกต้องอย่างไรนั้น ผู้วิจัยขอตัวอย่างการอภิปราย เช่น คำถามว่า เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบจะเกิดเงาของวัตถุบนกระจก นักศึกษาได้ให้แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 กล่าวว่า เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบจะเกิดเงาของวัตถุบนกระจกจริง และกลุ่มที่ 2 กล่าวว่า เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบจะเกิดภาพของวัตถุบนกระจก ไม่ได้เกิดเงา ซึ่งแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ เมื่อวางวัตถุหน้ากระจกเงาราบจะเกิดภาพของวัตถุบนกระจก จะพบว่า

นักศึกษากลุ่มที่ 2 มีแนวคิดที่ถูกต้อง (การสะท้อนการสอนของผู้วิจัยจากแบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 24 ธันวาคม 2562)

1.3 ใช้สถานการณ์สำหรับตรวจสอบความรู้เดิมและเชื่อมโยงการนำไปใช้ประโยชน์

ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ตรวจสอบความรู้เดิมของนักศึกษา โดยสถานการณ์ที่เลือกเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยมุ่งหวังวาจะสามารถทำให้นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ที่กำลังจะได้รับในการเรียน และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดกับการนำไปใช้ประโยชน์

1.3.1 แนวทางการจัดการเรียนนการสอนเรื่องพลังงานความร้อนและอุณหภูมิ ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความรู้เดิม โดยให้นักศึกษาบอกสิ่งที่เคยเรียนรู้ผ่านการตั้งคำถาม และการระดมความคิดเพื่อผู้วิจัยจะได้ให้ทราบภาพรวมความรู้เดิมของนักศึกษา รายละเอียดดังนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบความรู้เดิมของนักศึกษาโดยใช้การระดมความคิด (Brainstorming) ผ่านแอฟพลิเคชั่น poll everywhere เพราะแอพพลิเคชั่นนี้ช่วยแสดงคำตอบของนักศึกษา ณ ปัจจุบัน และสามารถแสดงคำตอบว่าส่วนใหญ่ทุกคนในชั้นเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร ทำให้สามารถนำคำตอบมาวิเคราะห์หรืออภิปรายอย่างง่ายดาย ขณะเดียวกันผู้วิจัยเลือกใช้ข้อคำถามที่เน้นประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน และเป็นคำถามที่ใช้เวลาคิดเพียงสั้น ๆ เพื่อให้นักศึกษาสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างวดเร็ว ด้วยคำถามว่า

คำถามที่ 1 ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส แตกต่างกันอย่างไร

ตัวอย่างคำตอบ

“สถานะแตกต่างกัน จุดเดือด ความหนาแน่น ต่างกัน เป็นต้น”

คำถามที่ 2 ถ้าวางน้ำแข็งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นักศึกษาสามารถอธิบายตามหลักวิทยาศาสตร์ได้ว่าอย่างไร

ตัวอย่างคำตอบ

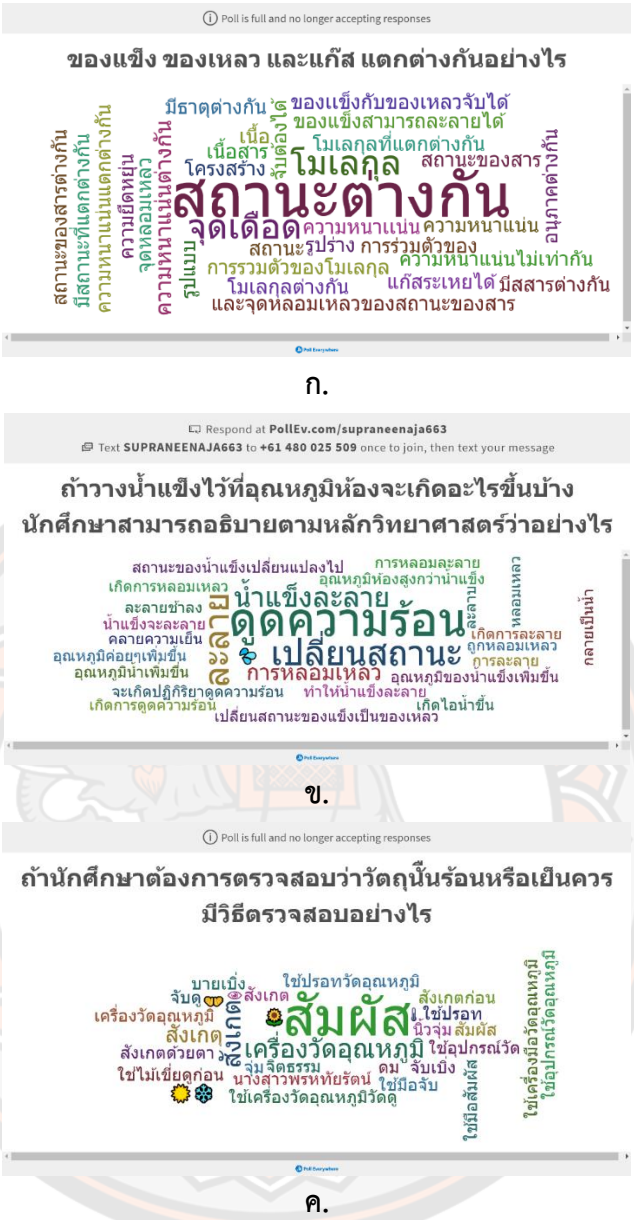
“การดูดความร้อน เปลี่ยนสถานะ ละลาย การหลอมเหลว เป็นต้น”

คำถามที่ 3 ถ้านักศึกษาต้องการตรวจสอบว่าวัตถุนั้นร้อนหรือเย็นควรมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร

ตัวอย่างคำตอบ

“สัมผัส สังเกต เครื่องวัดอุณหภูมิ เป็นต้น”

(บันทึกหลังสอน วันที่ 7 มกราคม 2563)



ภาพ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักศึกษาที่ตอบคำถามทั้ง 3 ข้อ

หมายเหตุ: ก. ข้อ 1 ข. ข้อ 2 ค. ข้อ 3

1.3.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักศึกษาด้วยการให้นักศึกษาได้ศึกษาวีดีโอเกี่ยวกับการทำป๊อปคอนแบบโบราณ พบว่านักศึกษาบอกได้เพียงว่ากระบวนการที่ทำให้ป๊อปคอนสุกเกิดจากความร้อนจากไฟไปสู่ก้นหม้อหลังจากนั้นทำให้ข้าวโพดพองตัวเป็นป๊อปคอน โดยนักศึกษายังไม่

สามารถระบุคำสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดการถ่ายโอนความร้อน อันได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้ เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมให้นักศึกษาปฏิบัติการทดลองเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน หลังจากนั้นจัดกิจกรรมอภิปรายร่วมกันโดยเชื่อมโยงสถานการณ์การทำป๊อปคอนกับผลการทดลอง

ตัวอย่างคำตอบของนักศึกษากลุ่มที่ 1

“การนำความร้อนเกิดขึ้นบริเวณเปลวไฟ จึงสามารถทำให้ป๊อปคอนสุก”

(แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 10 มกราคม 2563)

จากการวิเคราะห์คำตอบนักศึกษาพบว่านักศึกษามีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในแนวคิดเรื่องการนำความร้อน

1.3.3 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่อง สมดุลความร้อน ผู้สอนควรตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน เพื่อสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องใหม่ได้ง่ายขึ้น การตรวจสอบความรู้เดิมเรื่องการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยพบว่าจากการเลือกภาพหม้อวางบนเตาไฟ มาร่วมอภิปราย ผู้วิจัยใช้คำถามว่าจากภาพนักศึกษาสามารถระบุว่าการถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นตรงไหนบ้าง

ตัวอย่างคำตอบนักศึกษา กลุ่มที่ 1

“การพาความร้อนเกิดกับน้ำที่อยู่ภายในหม้อ การนำความร้อนเกิดบริเวณหม้อ”

ตัวอย่างคำตอบนักศึกษา กลุ่มที่ 2

“การนำความร้อนเกิดบริเวณหม้อ การแผ่รังสีความร้อนเกิดบริเวณด้านข้างหม้อ และข้าง ๆ เตาไฟ”

(แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 15 มกราคม 2563)

จากคำตอบพบว่านักศึกษาสามารถวิเคราะห์ได้ว่าบริเวณใดเกิดปรากฏการณ์การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

1.3.4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดการสะท้อนแสงและการหักเหแสงนั้นผู้วิจัยตรวจสอบความรู้เดิมของนักศึกษานด้วยการนำสถานการณ์ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ เพื่อให้นักศึกษาร่วมกันอภิปราย ในครั้งนี้สถานการณ์ที่ผู้วิจัยนำมา ได้แก่

ภาพ 9 การสะท้อนแสง

ที่มา: https://matadornetwork.com/bnt/reflections-46-quotes-and-photos-for-deeper-contemplation/

ภาพ 10 การหักเหแสงผ่านน้ำ 1

ที่มา: https://www.pinterest.com/pin/386746686750603610/?nic=1a

ภาพ 11 การหักเหผ่านน้ำ 2

ผู้วิจัยจะใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงสู่เรื่องแนวคิดการสะท้อนแสงและการหักเหแสง

คำถาม คือ นักศึกษาคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังภาพ

คำตอบของนักศึกษากลุ่มที่ 1

“ระบุว่าภาพ 1 คือ ภาพการท้อนแสง สิ่งที่ทำให้เกิดการสะท้อนแสง คือ แสงเดินทางตกกระทบตัวกลางและสะท้อนออกมา

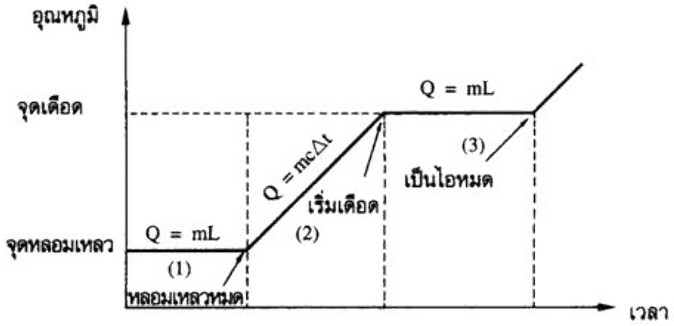
ภาพ 2 และ 3 คือ ภาพการหักเหแสง เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางจะเกิดการหักเหทำให้เห็นแถบสีที่สลับกัน”

(แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 24 มกราคม 2563)

ภาพ 12 กิจกรรมการสาธิตการหักเหแสง

จากภาพกิจกรรมการสาธิตหักเหแสง สามารถทำให้นักศึกษามีความสนใจในปรากฏการณ์ดังกล่าว สามารถอธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวคือปรากฏการณ์หักเหแสงแต่ไม่สามารถกล่าวถึงหลักการของการหักแหแสงได้

1.3.4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่องพลังงานและอุณหภูมิ ผู้วิจัยเชื่อมโยงเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิสู่การเปลี่ยนสถานะของสาร โดยการใช้คำถามดังต่อไปนี้ สารมีทั้งหมดกี่สถานะอะไรบ้าง ของแข็งมีสมบัติอย่างไร ของเหลวมีสมบัติอย่างไรแก๊สมีสมบัติอย่างไร หลังจากนั้นแสดงความเชื่อมโยงจากกราฟความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนสถานะของสสาร ภาพ 13 สู่คำอธิบายที่นักศึกษาสร้างขึ้นจากผลการทดลอง



ภาพ 13 กราฟการเปลี่ยนสถานะของสสาร

ที่มา: https://sites.google.com/site/lamaiyodpho/bth-thi-1-sar-laea-kar-peliyn-plng/4-phlangngan-kab-kar-peliynpaelng-khxng-sar

ผู้วิจัยอธิบายสรุปให้อีกครั้งว่า พลังงานความร้อนจะทำให้สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และจากของเหลวเป็นแก๊ส สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเรียกว่า การหลอมเหลว อุณหภูมิของสารจะคงที่ เรียกว่า จุดหลอมเหลวของสาร จนกระทั่งสารเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวจนหมด ถ้าให้ความร้อนต่อไปอุณหภูมิของของเหลวจะเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง ๆ ของเหลวจะเกิดการเดือด อุณหภูมิของของเหลวจะคงที่ และของเหลวบางส่วนเริ่มเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำเรียกว่า จุดเดือดของสาร ที่สภาวะนี้ของเหลวจะกลายเป็นไอหรือแก๊ส ซึ่งอุณหภูมิของสารจะคงที่ไปจนกระทั่งของเหลวกลายเป็นไอหมด

ผู้วิจัยค้นพบว่านอกเหนือจากการอภิปรายผลการวิจัยด้วยวาจาเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอสำหรับความเข้าใจในเรื่องการเปลี่ยนสถานะของสสาร ดังนั้นผู้วิจัยควรเชื่อมโยงความสัมพันธ์จากทฤษฎีและผลการทดลองให้นักศึกษาได้มีโอกาสตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง

1.3.5 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน ผู้วิจัยจัดประสบการณ์การเรียนที่แตกต่าง เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดจากหลากหลายเหตุการณ์ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกภาพที่เกี่ยวข้องกับ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนมาให้นักศึกษาร่วมกันอภิปรายในห้อง พบว่านักศึกษาสามารถระบุถึงความหมายและบอกถึงความแตกต่างของการถ่ายโอนความร้อนทั้ง 3 ประเด็น โดยผู้วิจัยดำเนินการหลังจากที่ร่วมกันนำเสนอผลการทดลองเสร็จ

ภาพ 14 การนำความร้อน

ที่มา: https://www.thairath.co.th/news/society/1259227

ภาพ 15 การพาความร้อน

ที่มา: https://www.amazon.com/NutriChef-Convection-Countertop-Stainless-PKAIRFR48/dp/B01L7TOZJO

ภาพ 16 การแผ่รังสีความร้อน

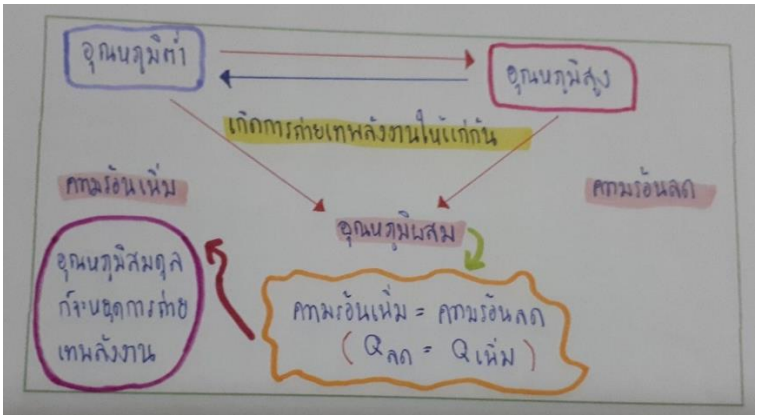
ที่มา: https://health.kapook.com/view40044.html

ผู้วิจัยถามนักศึกษาด้วยคำถามว่าภาพสถานการณ์ที่นักศึกษาเห็นนี้เป็นการถ่ายโอนความร้อนแบบใด นักศึกษาตอบว่าภาพ 14 เป็นภาพการนำความร้อน โดยให้เหตุผลว่าไข่สุกเพราะความร้อนจากแสงแดดทำให้กระทะร้อนและเป็นตัวนำความร้อนทำให้ไข่สุก ภาพ 15 เป็นภาพการพาความร้อน โดยให้เหตุผลว่าเป็นหม้อที่เห็นในภาพเป็นหม้ออบลมร้อมมีหลักการทำงานคือมีพัดลมพัดความร้อนจากขดลวดร้อนส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนส่งผลทำให้ไก่สุกได้ ภาพ 16 เป็นภาพการแผ่รังสีความร้อนโดยให้เหตุผลว่ารังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์แผ่มายังโลกทกให้เกิดความแห้งแล้ง เกิดปรากฏการดินแห้งและแตก (แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 10 มกราคม 2563)

1.6.6 ผู้วิจัยได้เสริมประสบการณ์อื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับเรื่องสมดุลความร้อน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำภาพสถานการณ์การต้มพาสต้าและมีการนำทัพพีไม้วางไว้ที่ขอบหม้อ และได้ตรวจสอบแนวคิดโดยใช้คำถามว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากภาพวางทัพพีไว้ขอบหม้อนั้นมีคุณสมบัติอย่างไรพบว่านักศึกษาสามารถว่าการที่นำทัพพีไปไว้ที่ขอบหม้อสามารถช่วยไม่ให้ฟองล้นออกมาจากหม้อ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบแนวคิดต่อด้วยคำถามว่าทำไมทัพพีถึงช่วยในการป้องกันการล้นของฟองพบว่านักศึกษาสามารถให้คำตอบว่าเพราะทัพพีมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนมีการถ่ายโอนความร้อนจากฟอง ไอน้ำ และน้ำร้อน ไปยังทัพพี ทำให้ความร้อนของระบบลดลง ในวิจัยนี้ผู้วิจัยมอบหมายให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลความร้อนเพื่อตรวจสอบแนวคิดว่าสิ่งที่นักศึกษาคิดถูกต้องหรือไม่ ดังภาพ 17 (แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 15 มกราคม 2563)

ภาพ 17 ตัวอย่างภาพกิจกรรมการทดลองเรื่องสมดุลความร้อน

และได้ประเมินผลในความเข้าใจแนวคิดเรื่องสมดุลความร้อนโดยการให้นักศึกษาวาดแผนภาพแสดงกระบวนการสมดุลความร้อนพร้อมทั้งบอกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสถานะได้ดังภาพ 18



ภาพ 18 ตัวอย่างชิ้นงานนักศึกษาเรื่องสมดุลความร้อน

จากแผนภาพ 18 พบว่านักศึกษามีความเข้าใจในเรื่องสมดุลความร้อนว่าอุณหภูมิมีผลต่อสมดุลความร้อนคือสสารที่มีคุณหภูมิต่ำเมื่อได้รับความร้อนจากสสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะเกิดการถ่ายเทพลังงานให้แก่กันโดยจะพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะคงที่และเท่ากับอุณหภูมิห้อง โดยสามารถอธิบายได้ว่า ความร้อนที่เพิ่มเท่ากับความร้อนที่ลดลง

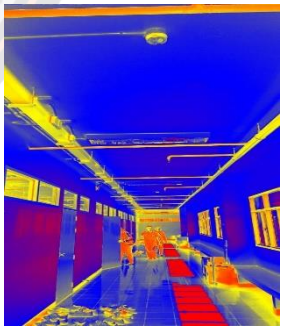
1.4 เน้นให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรง เช่น การทดลอง การลงมือปฏิบัติกิจกรรม

ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนที่เน้นให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรง เพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงความรู้ หรือสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นในตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยเป็นผู้แนะนำ กระตุ้น หรืออำนวยความสะดวก ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้น

1.4.1 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการทดลองประกอบไปด้วย การค้นหาคำตอบของปัญหาจากการวางแผนกำหนดแนวทาง ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล มีวิธีการตรวจสอบแนวคิดจากการให้นักศึกษาทำกิจกรรมการทดลองที่เน้นการปฏิบัติจริงเพื่อให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรงและเป็นผู้ค้นพบคำตอบของปัญหาที่ตั้งขึ้นด้วยตนเองดังนี้ ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักศึกษาทำกิจกรรมกลุ่ม ร่วมกันศึกษาและทำการทดลองตามใบกิจกรรม เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็ง โดยนักศึกษาจะต้องร่วมกันสังเกตและบันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของการเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็ง ดังภาพ 19 (บันทึกหลังสอนวันที่ 7 มกราคม 2563)

ภาพ 19 กิจกรรมการทดลองเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ

1.4.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง ซึ่งในเรื่องการถ่ายโอนความร้อน แบ่งเป็น 3 แนวคิด ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน พบว่าการทดลองทั้ง 3 ตอน สามารถทำให้นักศึกษามีความเข้าใจในแนวคิดที่เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนได้อย่างชัดเจน โดยสามารถตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดจากการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันในชั้นเรียน



ก. **ข.** **ค.**

ภาพ 20 กิจกรรมการถ่ายโอนความร้อน

หมายเหตุ: ก. การนำความร้อน ข. การพาความร้อน ค. การแผ่รังสีความร้อน

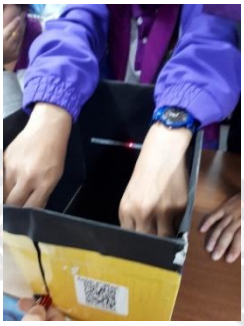
1.4.3 ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมในเรื่องนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการทดลองที่เน้นให้นักศึกษาได้ทำการทดลองที่หลากหลายมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษามีความเข้าใจในแนวคิดแสงเดินทางเป็นเส้นตรง และการเกิดเงา ขณะเดียวกันผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมเพิ่มเติมเพื่อให้นักศึกษาเข้าใจเรื่องอัตราเร็วแสง เพื่อให้นักศึกษาสามารถเข้าใจและเชื่อมโยงไปยังเรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรงและการเกิดเงา ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดได้ชัดเจนมากขึ้น ดังนั้นในการเรียนเรื่องนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองให้นักศึกษาได้ทำการทดลอง 3 ตอน ได้แก่ 1) แสงเดินทางเป็นเส้นตรง 2) การเกิดเงา 3) การหาอัตราเร็วแสง พบว่า

ตอนที่ 1 แสงเดินทางเป็นเส้นตรง เนื่องจากการยิงลำแสงเลเซอร์เข้าไปในกล่องการทดลองก็ยังไม่สามารถเห็นลำแสงของแสงเลเซอร์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้นักศึกษายิงเลเซอร์จากผนังฝั่งนึงไปยังผนังอีกฝั่งหนึ่งและเอียงทำมุมตามที่นักศึกษาต้องการ และทำการวัดระยะแสงจากแนวฉาก หลังจากนั้นพบว่าสามารถตรวจสอบว่าแสงเลเซอร์เดินทางเป็นเส้นตรงจริงหรือไม่ โดยนักศึกษาทำการวัดความยาวด้านของสามเหลี่ยม และวัดมุมของลำแสงที่ทำการทดลองกับระยะห่างจากแนวฉากนำค่ามุมและด้านที่ได้มาคำนวณหาด้านของสามเหลี่ยมตามทฤษฎีของปีทากอรัสเพื่อตรวจสอบขนาดและทิศทางของลำแสง ถ้าตรงตามทฤษฎีปีทากอรัสก็สามารถยืนยันได้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

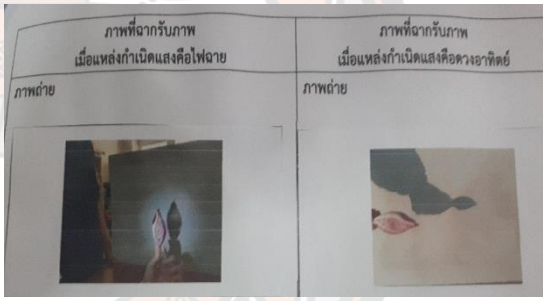
ตอนที่ 2 การจัดกิจกรรมการทดลองเรื่องการเกิดเงาผู้วิจัยให้นักศึกษาเลือกวัตถุ จำนวน 5 ชิ้น และนำไปกั้นลำแสงของไฟฉาย และดวงอาทิตย์ พร้อมให้นักศึกษาสังเกตภาพเงาที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพ ผลการทดลองที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎี เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้กำหนดวัตถุในการทดลอง จากการที่นักศึกษาเลือกวัตถุที่เล็กกว่าแหล่งกำเนิดแสงทั้งหมดทำให้ผลการทดลองที่ได้นั้นเกิดเฉพาะเงามืดและเงามัวไม่ชัดเจน ดังนั้นผู้สอนควรกำชับเรื่องการเลือกวัตถุในการทดลอง โดยจะต้องให้นักศึกษาเลือกวัตถุที่มีขนาดใหญ่และเล็กกว่าแหล่งกำเนิดแสงเพื่อจะได้เห็นเงามืดและเงามัวที่ชัดเจนขึ้น เมื่อผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนส่งผลให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน เช่น นักศึกษาให้ความคิดเห็นว่าเงาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดเฉพาะเงามัว หรือบางกลุ่มให้ความคิดเห็นว่าเกิดขึ้นเฉพาะเงามืด เป็นต้น ดังนั้นผู้สอนต้องให้ความสำคัญต่อกิจกรรมการอภิปราย เพื่อชี้แนะแนวคิดที่ถูกต้องให้กับผู้เรียน

ตอนที่ 3 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการทดลองเรื่องการหาอัตราเร็วแสง โดยให้นักศึกษานำไข่ขาวใส่ในไมโครเวฟ เพื่อคำนวณหาค่าอัตราเร็วแสง โดยนักศึกษาจะต้องสังเกตรอยไหม้ที่เกิดขึ้นบนไข่ขาวอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง และทำการวัดระยะห่างระหว่างคลื่น ดังภาพ 13(ค) ผลการทดลองพบว่านักศึกษาบางกลุ่มสามารถคำนวณอัตราเร็วแสงได้ใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี แต่ก็พบว่าบางกลุ่มได้ผลการทดลองที่แตกต่างออกไป จากการร่วมกันอภิปรายผลการทดลองผู้วิจัยพบว่ากลุ่มที่ได้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับทฤษฎีนั้นได้ทำการสังเกตรอยไหม้ตั้งแต่เริ่มเกิดจาก 1 จุด จนครบ

2 จุด และทำการวัดระยะห่าง ส่วนกลุ่มที่ได้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนนั้นปล่อยให้รอยไหม้เกิดหลาย ๆ จุด และทำการเลือกวัดระยะภายหลัง ดังนั้นผู้สอนต้องกำชับนักศึกษาให้สังเกตการเกิดรอยไหม้ที่เกิดขึ้นตั้งแต่แรกและทำการวัดระยะห่างได้เลย (การสะท้อนการสอนของผู้วิจัยจากแบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 22 มกราคม 2563)



ก.



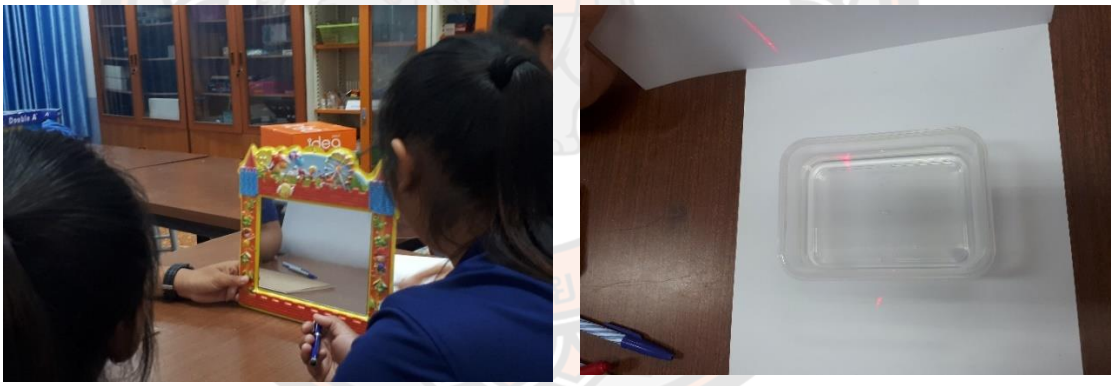
ข.

ค.

ภาพ 21 กิจกรรมการทดลองเรื่องสมบัติของแสง

หมายเหตุ: ก. แสงเดินทางเป็นเส้นตรง ข. การเกิดเงา ค. การหาอัตราเร็วแสง

1.4.4 แนวทางการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาแนวคิดการสะท้อนแสงและการหักเหแสง ผู้สอนใช้กิจกรรมการทดลองตามหลักการของแนวคิดการสะท้อนและการหักเหแสงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนาเข้าใจแนวคิดเรื่องการสะท้อนและการหักเหแสงจากการทำการทดลองได้มากขึ้น ผู้วสอนได้ออกแบบโดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้จากในบ้าน เช่น กระจกเงา น้ำเชื่อม น้ำเกลือ กระปุก เป็นต้น หลังจากที่นักศึกษาทำการทดลองเสร็จ ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักศึกษาวาดแผนภาพองค์ประกอบการสะท้อนแสงและการหักเหแสง พบว่าว่านักศึกษาไม่เข้าใจองค์ประกอบว่าเส้นต่าง ๆ ที่นักศึกษาวาดทิศทางแสงนั้นเรียกว่าอะไร และมีความหมายอย่างไร ผู้สอนต้องอธิบายเพิ่มเติมว่าองค์ประกอบการสะท้อนแสงและการหักเหแสงมีอะไรบ้าง หลังจากนั้นนักศึกษาจึงสามารถเขียนองค์ประกอบการเดินทางของแสงสะท้อน และการหักเหได้ และเข้าใจหลักการสะท้อนว่ามุมตกกระทบจะต้องเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ และเข้าใจหลักการหักเหแสงว่าแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากแสงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ และในทางกลับกันถ้าแสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยแสงจะเบนออกจากเส้นปกติ (การสะท้อนการสอนของผู้วิจัยจากแบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 24 มกราคม 2563)



ก ข

ภาพ 22 กิจกรรมการสะท้อนและการหักเห

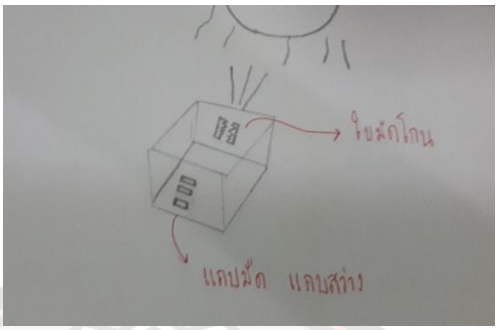
หมายเหตุ: ก. กิจกรรมการสะท้อน ข. กิจกรรมการหักเห

ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมเพื่อตรวจสอบว่านักศึกษาสามารถเชื่อมโยงความรู้ในชีวิตประจำวันจากกิจกรรม สร้างชิ้นงานเกี่ยวกับ Infinity mirror ดังภาพ 23 พบว่านักศึกษามีความสนใจและสามารถสร้างชิ้นงานออกมาได้อย่างดี และสามารถอธิบายหลักการเกิดภาพ infinity mirror ได้ว่าเกิดจากการสะท้อนกลับไปกลับมาของวัตถุผ่านกระจก

ภาพ 23 ตัวอย่างชิ้นงาน infinity mirror ของนักศึกษา

1.4.5 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง ผู้วิจัยเตรียมสื่อวีดีโอการแสดงละครสัตว์ 3 มิติ มาเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาได้ร่วมกันอภิรายว่าปรากฏการณ์ที่เห็นจากวีดีโอเกิดขึ้นได้อย่างไร พบว่าสามารถสร้างความสนใจให้นักศึกษาได้อย่างดี และทำให้เกิดข้อสงสัยว่าภาพ 3 มิติเหล่านั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร ผู้วิจัยพบว่าคำตอบของนักศึกษาเกิดขึ้นหลายประเด็น ได้แก่ การสะท้อนแสง การหักเหแสง แต่ก็พบว่ายังไม่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนในวันนี้ ผู้วิจัยต้องเพิ่มกิจกรรมการสาธิตการทดลองเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงโดยนำปืนเลเซอร์ยิงผ่านแผ่นสลิตเดี่ยวและแผ่นสลิตคู่ และให้นักศึกษาสังเกตภาพที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพ และร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ได้เห็น และผู้วิจัยได้อธิบายเรื่องความแตกต่างระหว่างการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนให้กับนักศึกษาทราบเบื้องต้น ทำให้นักศึกษาได้แนวทางสำหรับการทำกิจกรรมการทดลองต่อไป ผู้วิจัยมอบหมายให้นักศึกษาออกแบบและสร้างอุปกรณ์การทดลองเรื่องการเลี้ยวเบนของแสง ตลอดจนออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ผลจากการทำกิจกรรมการทดลองวันนี้พบว่านักศึกษาสามารถสังเกตเห็นภาพแถบมืดและแถบสว่าง และสามารถนำกลับมาคำนวณหาขนาดช่องสลิตของนักศึกษได้สำเร็จ แต่ข้อด้อยการทดลองของนักศึกษาคือภาพที่ปรากฏในกล่องที่นักศึกษาสร้างขึ้นสามารถเห็นแถบมืดแถบสว่างเพียง 2 จุด เมื่อนำค่าที่ได้คำนวณหาขนาดของช่องว่างสลิต พบว่าผลการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยร่วมกับนักศึกษาร่วมกันอภิปรายผลที่เกิดขึ้นและร่วมกันวิเคราะห์ว่าผลที่คลาดเคลื่อนนั้นเกิดจากอะไร นักศึกษาเสนอแนะว่าระยะห่างกล่องดับเบิลเอ อาจจะไม่เหมาะสมในการนำมาทำการทดลองเพราะทางเดินของแสงสั้นที่ให้ภาพที่เกิดขึ้นมีเพียง 2 จุด ถ้าเปลี่ยนกล่องสำหรับการทดลองใหญ่กว่ากล่องดับเบิ้ลเอ เนื่องจากระยะทางเดินของแสงมีผลต่อการเกิดภาพ ดังนั้นเมื่อเพิ่มระยะห่างของช่องสลิตและฉากรับภาพผลที่

เกิดขึ้นคาดว่าจะได้ภาพของแถบมืดแถบสว่างจำนวนมากขึ้น (การสะท้อนการสอนของผู้วิจัยจากแบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 28 มกราคม 2563)



ก.

ข.

ค.

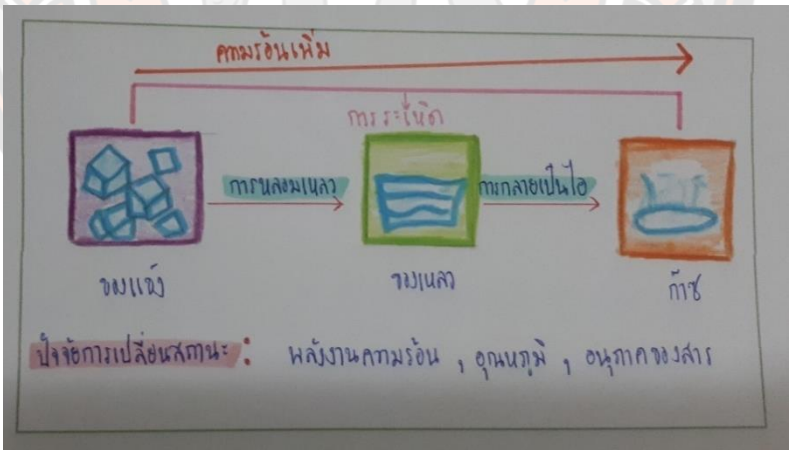
ภาพ 24 ตัวอย่างกิจกรรมเรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

หมายเหตุ: ก. ภาพโมเดลที่นักศึกษาออกแบบสำหรับการทดลองเรื่องการเลี้ยวเบน ข. แสดงกิจกรรมการแทรกสอด ค. แสดงกิจกรรมการเลี้ยวเบน

1.5 เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ระดมความคิดและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักศึกษามีกระบวนการระดมความคิดจากทุก ๆ มุมมองของเพื่อนในกลุ่มและเพื่อนร่วมชั้นเรียน โดยไม่มีการตัดสินถูกผิดของสมาชิก เพื่อหาทางเลือกในการตัดสินใจในการวางแผนการทำกิจกรรมให้สำเร็จลุล่วง และยังเปิดโอกาสให้นักศึกษาร่วมกันอภิปรายเพื่อพิจารณาว่ากิจกรรมที่ทำนั้นส่งเสริมให้เกิดแนวคิดเรื่องอะไรบ้าง

1.5.1 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่องพลังงานความร้อนและอุณหภูมิ ผู้วิจัยจะเปิดโอกาสให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของกลุ่มเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทดลอง หลังจากนั้นให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองและข้อสรุปจากการอภิปรายของกลุ่ม แสดงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแสดงหลักฐานประกอบการอธิบายให้เพื่อนในห้องฟัง หลังจากทุกกลุ่มนำเสนอจบผู้วิจัยจึงเริ่มการอภิปรายด้วยการใช้คำถามว่าสิ่งที่นักศึกษาสังเกตเห็นจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการทดลองของแต่ละกลุ่มเป็นอย่างไร และให้นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์ผลการทดลองของแต่ละกลุ่มมีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร หลังจากนั้นร่วมกันอภิปรายกรณีที่มีการทดลองบางกลุ่มไม่สอดคล้องกับการทดลองของกลุ่มอื่น จากการนำเสนอผลการทดลอง พบว่า มี 2 กลุ่มที่เหมือนกัน และ 2 กลุ่มที่ต่างกัน โดยพบว่ามี 2 กลุ่มที่ไม่สามารถแสดงจุดหลอมเหลวที่ได้จากการทดลองได้ ผู้วิจัยจึงถามว่าสาเหตุเพราะอะไร นักศึกษากล่าวว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำแข็งต่างกัน ซึ่งสามารถบอกสาเหตุได้ว่าผลการทดลองคลาดเคลื่อนเกิดจากการที่นักศึกษาไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิของน้ำแข็งก่อนทำการทดลอง ผู้วิจัยร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปจากผลการทดลองพบว่า นักศึกษาอธิบายว่าน้ำแข็งมีการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เมื่อได้รับความร้อนจากภายนอก สามารถแสดงแผนภาพการเปลี่ยนสถานะของสสารดังภาพ 25 (บันทึกหลังสอนวันที่ 7 มกราคม 2563)

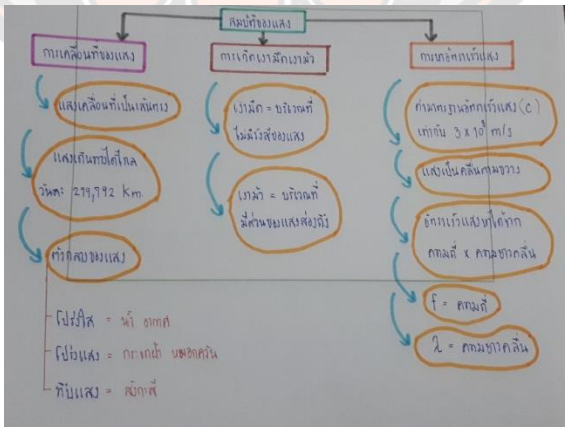


ภาพ 25 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของสสารจากชิ้นงานนักศึกษากลุ่มที่ 1

1.5.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน ผู้วิจัยให้นักศึกษาร่วมอภิปรายข้อค้นพบจากการทำกิจกรรมการทดลอง โดยให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทดลองเพื่อตรวจสอบสิ่งที่นักศึกษาค้นพบนั้นถูกต้องและสามารถอธิบายแนวคิดเรื่องการถ่ายโอนความร้อนได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีผลการทดลองที่ถูกต้องทุกกลุ่ม ผลเกิด

นั้นเนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองให้แบ่งแยกแนวคิดทั้ง 3 เพื่อความชัดเจนในการทำความเข้าใจของนักศึกษา หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ถามคำถามนักศึกษาเพื่อตรวจสอบแนวคิดว่า 4 คำถาม ได้แก่ 1) การถ่ายโอนพลังงานความร้อน คืออะไร นักศึกษาอธิบายว่าจากการทดลองการถ่ายโอนความร้อนคือพลังงานความร้อนที่ส่งต่อความร้อนในลักษณะต่าง ๆ เช่น การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน 2) การนำความร้อน คืออะไร นักศึกษาอธิบายว่าจากการทดลองการนำความร้อนมีปัจจัยที่สำคัญคือชนิดของวัตถุทำจะนำความร้อน ซึ่งแต่ละชนิดมีความสามารถในการนำความร้อนแตกต่างกัน และอธิบายเพิ่มเติมว่าการที่ความร้อนผ่านวัตถุทำให้ความร้อนเคลื่อนไปทั่ววัตถุนั้น 3) การพาความร้อน คืออะไร นักศึกษาอธิบายว่าจากการทดลองการพาความร้อนมีปัจจัยที่สำคัญคือลมเป็นตัวทำให้ความร้อนเคลื่อนที่ไป 4) การแผ่รังสีความร้อน คืออะไร นักศึกษาอธิบายว่าจากการทดลองเรื่องการแผ่รังสีความร้อนนั้นปัจจัยที่สำคัญทำให้เกิดสเปกตรัมของแสงสีต่าง ๆ นั้นเกิดจากความร้อน (แบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 10 มกราคม 2563)

1.5.3 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเรื่องสมบัติของแสง ผู้วิจัยใช้วิธีการอภิปรายร่วมกันโดยให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทดลอง พบว่ามีบางกลุ่มที่ผลการทดลองผิดพลาดโดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการเกิดเงา นักศึกษาหลายกลุ่มที่ไม่สามารถระบุได้ว่าเงามืดเงามัว เกิดขึ้นได้ในสถานการณ์ใดบ้าง ผู้วิจัยจึงให้นักศึกษาได้ลองเปรียบเทียบงานของตัวเองและกลุ่มเพื่อน พบว่าข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นทำให้เข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้แก่การเลือกวัสดุที่ที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยได้อธิบายหลักการเกิดเงามืดและเงามัวโดยเชื่อมโยงทฤษฎีกับการทดลองเพื่อให้นักศึกษามีความเข้าใจและเกิดแนวคิดที่ถูกต้อง และผู้วิจัยประเมินความเข้าใจแนวคิดเรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรงและแนวคิดการเกิดเงาด้วยการให้นักศึกษาเขียนแผนภาพสรุปสิ่งที่ได้เรียนในวันนี้ดังแสดงในภาพ 26



ภาพ 26 ตัวอย่างแสดงสิ่งที่นักศึกษาได้เรียนรู้ในวันนี้

จากตัวอย่างแผนภาพ พบว่านักศึกษามีความเข้าใจในเรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรงโดยนักศึกษายกตัวอย่างว่าจากการสังเกตเห็นลำแสงผ่านฝุ่นละอองจะพบว่าสามารถมองเห็นลำแสงเดินทางเป็นเส้นตรงชัดเจน เข้าใจการเกิดเงามืด เงามัว ว่าเงามืดคือบริเวณที่ไม่มีรังสีของแสงและเงามัวคือบริเวณที่มีส่วนของแสงส่องถึง และเรื่องอัตราเร็วแสงนักศึกษาสามารถบอกได้ว่าอัตราเร็วแสงมีค่าเท่ากับ $3x10^8$ m/s (การสะท้อนการสอนของผู้วิจัยจากแบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 22 มกราคม 2563)

1.6 เปิดโอกาสให้นักศึกษามีการฝึกปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถถ่ายทอดความรู้แก่ผู้อื่น

แนวทางการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดนั้นผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักศึกษา ทดลองปฏิบัติการสอนให้กับเพื่อน ๆ ในเรื่องความร้อนและแสง มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดของนักศึกษาว่าถูกต้องหรือไม่จากการถ่ายทอดสู่เพื่อนในห้อง โดยให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 2 คน และให้แบ่งหน้าที่กันให้ชัดเจนสำหรับการปฏิบัติการทดลองสอนว่าใครจะทำหน้าที่สอนขั้นไหนเพื่อง่ายต่อการประเมินของผู้วิจัย ผู้วิจัยพบว่า นักศึกษามีความเข้าใจในมาตรฐานตัวชี้วัดที่เลือกมาร้อยละ 77.77 สามารถเลือกกิจกรรมการสอนให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดได้ ร้อยละ 88.88 และยังพบว่ากิจกรรมการสอนที่นักศึกษาได้เตรียมมานั้นเป็นกิจกรรมที่ทำให้เพื่อนในชั้นเรียนมีความสนใจในการเรียน และได้เห็นกิจกรรมที่สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องความร้อนและแสงที่หลากหลายกิจกรรมแต่พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ขาดความมั่นใจในการปฏิบัติการสอนในช่วงแรก แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะเริ่มมีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น จากการสะท้อนตนเองของนักศึกษาพบว่านักศึกษามีความเห็นว่าการปฏิบัติการสอนในวันนี้นักศึกษาขาดความมั่นใจเนื่องจากไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ขณะเดียวกันในการปฏิบัติการสอนในวันนี้ทำให้นักศึกษามีโอกาสได้ศึกษาเนื้อหาฟิสิกส์เชิงลึกมากขึ้นเพราะก่อนการปฏิบัติการสอนนักศึกษาจะต้องเตรียมการสอน นักศึกษาให้ความเห็นว่าการสอนจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับการเตรียมการสอนด้วย และมีนักศึกษาบางส่วนให้ความคิดเห็นว่าจากการปฏิบัติการสอนในวันนี้ทำให้ทราบว่าตัวเองมีจุดอ่อนเรื่องอะไรบ้าง จากผลการสะท้อนของอาจารย์ผู้สอนและจากผลการสะท้อนของเพื่อน ซึ่งนักศึกษาพร้อมที่จะนำไปปรับปรุงและคิดว่าถ้ามีการปฏิบัติการสอนครั้งถัดไปจะเตรียมตัวให้มากขึ้นและจะทำให้มีความมั่นใจเพิ่มขึ้น (การสะท้อนการสอนของผู้วิจัยจากแบบบันทึกหลังสอน บันทึกวันที่ 4 และ 11 กุมภาพันธ์ 2563)

2. แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน มีดังนี้

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับ 4 ประเด็น ผู้วิจัยนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนของงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment, PA) คือ ประสบการณ์ของบุคคลในการประสบความสำเร็จในอดีตซึ่งไม่เพียงเพิ่มความมั่นใจในตนเองของบุคคลเพื่อให้ประสบความสำเร็จในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน แต่ยังเพิ่มการรับมือและความพยายามเมื่อเจอสถานการณ์ที่ท้าทาย

2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) คือ การได้เห็นประสบการณ์ของผู้อื่นกระทำพฤติกรรมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันแล้วประสบความสำเร็จก็จะทำให้บุคคลเชื่อมั่นในตนเองและเกิดการรับรู้เกี่ยวกับพลังสมรรถนะแห่งตนว่าตนเองจะต้องประสบความสำเร็จได้

3. การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) คือ ข้อเสนอแนะเชิงบวกจากผู้อื่นเกี่ยวกับการปฏิบัติตัวของตัวเอง

4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA) คือ การปรับสภาวะทางร่างกายและอารมณ์ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมไม่แปรปรวน เพื่อให้นักศึกษารับรู้ถึงพลังสมรรถนะแห่งตน

ผู้วิจัยขอนำเสนอแนวทางงการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน โดยเชื่อมโยงประเด็นดังกล่าวข้างต้น ดังนี้

2.1 มอบหมายให้นักศึกษาทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้เห็นแบบอย่างจากเพื่อนในการทำงานให้ประสบความสำเร็จและการกระตุ้นให้เกิดการช่วยเหลือกันในกลุ่มผู้ที่เก่งกว่าช่วยผู้ที่อ่อนกว่า

ผู้วิจัยได้ทำการจัดสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนให้เอื้ออำนวยต่อการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยจัดให้นักศึกษานั่งเป็นกลุ่ม และมีกระบวนการคละนักศึกษาที่เก่งและอ่อนโดยใช้ผลการเรียนจากวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 1 มาเป็นเกณฑ์ในการคละกลุ่ม ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักศึกษากำหนดบทบาทหน้าที่ของตนเองในกลุ่ม ดังแสดงในภาพ 27 จะพบว่าเมื่อกำหนดบทบาทหน้าที่แล้วนักศึกษามีความตั้งใจในการปฏิบัติหน้าที่ของตนเองเป็นอย่างดี ขณะเดียวกันนักศึกษามีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการช่วยเหลือเพื่อนที่มีหน้าที่ต่างออกไป และยังพบอีกว่าเมื่อเกิดปัญหาภายในกลุ่มทุกคนจะร่วมกันแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นแสดงถึงการทำงานเป็นทีมของนักศึกษา นอกจากนี้ผู้วิจัยส่งเสริมให้ผู้ที่เก่งกว่าช่วยเหลือเพื่อนที่อ่อนกว่าไม่ว่าจะภายในกลุ่มของตัวเองหรือเพื่อนอกกลุ่ม โดยขณะที่มีการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยจะใช้กระตุ้นให้นักศึกษาได้แสดงความเห็นแสดงพฤติกรรมการช่วยเหลือกันเช่นให้นักศึกษากลุ่มที่ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องอธิบายให้กลุ่มที่มีผลการทดลองที่ผิดพลาด และช่วยเพื่อนวิเคราะห์ว่าความผิดพลาดนี้เกิดจากสาเหตุใดได้บ้าง ผู้วิจัยพบว่าเมื่อได้มีการมอบหมายครั้งแรกครั้งต่อไปนักศึกษาจะมีพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปโดยจะนำข้อมูลของกลุ่มไปอภิปรายเปรียบเทียบกับของกลุ่มเพื่อนว่าได้ผลใกล้เคียงกันและถูกต้องหรือไม่ นักศึกษาจะไม่รอให้ผลการทดลองผิดพลาดแล้ว

ค่อยกลับมาแก้ไขใหม่ทั้งหมดแต่จะค่อย ๆ แก้ไขข้อผิดพลาดนั้นก่อนจนกระทั่งทำการทดลองประสบความสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับด้านที่ 1 การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง ด้านที่ 2 การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (บันทึกหลังสอนวันที่ 7 มกราคม 2563)

บทบาทหน้าที่สมาชิกในกลุ่ม

คนที่ 1 จดบันทึกผลการทดลอง

คนที่ 2 ผู้สังเกตผลการทดลอง

คนที 3 ผู้สังเกตผลการทดลอง

คนที่ 4 ผู้ทำการทดลอง

ภาพ 27 บทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม

จากการตรวจสอบการทำงานกลุ่ม นักศึกษาได้สะท้อนให้ทราบว่า นักศึกษาลำดับที่ 5 กล่าวว่า

...การทำงานกิจกรรมในการเรียนที่สอนจัดขึ้นทำให้สนุกกับการเรียน การทำงานกลุ่มสามารถปรึกษาเพื่อนได้เมื่อเกิดปัญหา เพื่อนที่เก่งกว่าสามารถช่วยเหลือเพื่อนที่อ่อนกว่า ถ้ารู้ว่าไม่เข้าใจส่วนไหนก็จะถามเพื่อนในกลุ่มเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น

(แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของผู้เรียน บันทึกวันที่ 7 มกราคม 2563)

นักศึกษาลำดับที่ 14 กล่าวว่า

...บรรยากาศในการเรียนดี ผู้สอนออกแบบกิจกรรมให้เกิดความรู้ความเข้าใจจากการทดลอง และในการทำงานสามารถปรึกษาเพื่อนได้ บทบาทหน้าที่ของนักศึกษาในกลุ่มเอื้อต่อการทำงานเป็นทีมทำให้งานสำเร็จลุล่วง การสังเกตการณ์ทำงานของเพื่อนที่เก่งกว่าสามารถกระตุ้นให้อยากทำได้เหมือนเพื่อน

(แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของผู้เรียน บันทึกวันที่ 10 มกราคม 2563)

2.2 ใช้คำพูดเสริมแรงทางบวกและการสื่อสารของผู้สอนในชั้นเรียนเน้นการให้กำลังใจผู้เรียน เพื่อสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความหาย

ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีเสริมแรงทางบวกโดยใช้คำพูด ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยพยายามใช้คำพูดเพื่อเสริมแรงทางบวกนักศึกษา คำพูดที่ใช้ประจำ ได้แก่ ไม่เป็นไร ลองตรวจสอบใหม่ พวกเราทำได้ ปัญหามีไว้แก้ เป็นต้น ตัวอย่างการเสริมแรงทางบวก เช่น กิจกรรมนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน เมื่อนักศึกษาออกไปนำเสนอผลการทำลองหน้าชั้นเรียนและพบว่าได้ผลการทดลองที่ผิดพลาด ผู้วิจัยจะใช้คำพูดให้กำลังใจเช่น ไม่เป็นไร การทดลองผิดพลาดกันได้ แต่ผู้วิจัยจะพยายามกระตุ้นให้นักศึกษาวิเคราะห์ว่าผลการทดลองว่าผิดพลาดจากอะไรได้บ้าง ผู้วิจัยให้เวลานักศึกษาได้ลองคิดทบทวนตั้งแต่กระบวนการทดลองจนกระทั่งการบันทึกผลการทดลองและการสรุปผลการทดลอง ตลอดจนให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้มีโอกาสร่วมกันวิเคราะห์ผลการทดลองของเพื่อน เพื่อช่วยกันตรวจสอบผลการทดลองของเพื่อนจนได้ประเด็นที่อาจทำให้เกิดปัญหาในครั้งนี้ ถ้านักศึกษาสามารถบอกได้ว่าผลการทดลองที่ผิดพลาดเกิดจากขั้นตอนไหน ผู้วิจัยก็จะเสนอแนะให้นำไปปรับปรุงการทดลองลองครั้งหน้าเพื่อป้องกันการผิดพลาด ผลที่เกิดขึ้นคือนักศึกษาจะทำการทดลองอย่างระมัดระวังและช่วยกันป้องกันไม่ให้ปัญหาเดิมเกิดขึ้นระหว่างการทำการทดลอง ซึ่งจะพบว่าสอดคล้องกับด้านที่ 3 การชักจูงด้วยคำพูด และด้านที่ 4 การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (บันทึกหลังสอนวันที่ 7 มกราคม 2563)

จากการสะท้อนของนักศึกษาพบว่า

นักศึกษาลำดับที่ 1 กล่าวว่า

...คอยให้คำปรึกษาได้ตลอดเวลา พูดจาดี ให้กำลังใจนักศึกษา และเดินดูนักศึกษาทำกิจกรรมด้วยความเอาใจใส่ ทำให้บรรยากาศในการเรียนน่าเรียนไม่เครียด

(แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของผู้เรียน บันทึกวันที่ 10 มกราคม 2563)

นักศึกษาลำดับที่ 6 กล่าวว่า

...อาจารย์ใจดี ใจเย็น คอยชี้แนะให้คำปรึกษาตลอด

(แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของผู้เรียน บันทึกวันที่ 15 มกราคม 2563)

นักศึกษาลำดับที่ 4 กล่าวว่า

...อาจารย์พูดเพราะ ใช้คำพูดที่ให้กำลังใจนักศึกษา ทำให้ไม่กลัวต่อการเรียน และการทำกิจกรรมต่าง ๆ กล้าจับอุปกรณ์ และกล้าลงมือทำงานด้วยตัวเองมากขึ้น

(แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของผู้เรียน บันทึกวันที่ 28 มกราคม 2563)

นักศึกษาลำดับที่ 8 กล่าวว่า

...การได้ฟังอาจารย์แล้วทำให้เข้าใจมากขึ้น อาจารย์อธิบายได้ชัดเจน ใช้คำพูดที่ให้กำลังใจ

(แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของผู้เรียน บันทึกวันที่ 28 มกราคม 2563)

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูก่อนและหลังการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้เรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้แบบวัดแนวคิดฟิสิกส์ เรื่องความร้อนและแสงของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 18 คน ซึ่งเป็นแบบวัดแนวคิดแบบคำถามปลายเปิด จำนวน 10 ข้อ จำแนกประเภทแนวคิด 5 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific conception: SC) หมายถึง คำตอบที่เขียนอธิบายถูกต้อง ครบถ้วน สอดคล้องกับคำอธิบายซึ่งเป็นที่ยอมรับของประชาคมทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันทั้งหมด

2. กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial conception: PC) หมายถึง คำตอบที่เขียนอธิบายสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน และไม่พบคำอธิบายที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3. กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial conception, & Complete misconception: PC&CM) หมายถึง คำตอบที่เขียนอธิบายบางส่วนสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีคำตอบที่เขียนอธิบายบางส่วนไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4. กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete misconception: CM) หมายถึงคำตอบที่เขียนอธิบายทั้งหมดไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้องกับคำอธิบาย ซึ่งเป็นที่ยอมรับของประชาคมทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันทั้งหมด

5. กลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (No response: NR) หมายถึง ไม่ได้ตอบคำถาม ตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม ตอบว่าไม่รู้ตอบทวนคำถามหรือไม่ได้อธิบายเหตุผล

ซึ่งมีแนวคิดทั้งหมดจำนวน 10 แนวคิด ได้แก่

1. พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ
2. การนำความร้อน
3. การพาความร้อน
4. การแผ่รังสีความร้อน
5. สมดุลความร้อน
6. แสงเดินทางเป็นเส้นตรง
7. การเกิดเงา
8. การสะท้อนแสง
9. การหักเหแสง
10. ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

ผู้วิจัยที่ได้ทำการศึกษา มีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. แนวคิดเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ

ในเรื่องนี้ผู้วิจัยต้องการให้นักศึกษาเกิดแนวคิดว่าความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เรารู้จักและคุ้นเคยเป็นอย่างดี มนุษย์ใช้ประโยชน์จากความร้อนหลายกรณี อาทิ การเผาไหม้ การหุงต้ม ให้ความอบอุ่น ให้เกิดการหลอมละลาย เป็นต้น แหล่งพลังงานความร้อนตามธรรมชาติใหญ่สุดคือดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อนจะทำให้สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และจากของเหลวเป็นแก๊ส สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเรียกว่า การหลอมเหลว อุณหภูมิของสารจะคงที่ เรียกว่า จุดหลอมเหลวของสาร จนกระทั่งสารหลอมเหลวจนหมด ถ้าให้ความร้อนต่อไปอุณหภูมิของของเหลวจะเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิหนึ่งของเหลวจะเกิดการเดือดมีฟองปุดขึ้น อุณหภูมิของของเหลวจะคงที่ และอยู่ในสถานะเหลว มีบางส่วนเริ่มระเหยกลายเป็นไอน้ำเรียกว่า จุดเดือดของสาร ที่สภาวะนี้ของเหลวจะกลายเป็นไอหรือแก๊ส ซึ่งอุณหภูมิของสารจะคงที่ไปจนกระทั่งของเหลวกลายเป็นไอหมด เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ คือ เทอร์มอมิเตอร์ โดยให้นักศึกษาทำการทดลองเรื่องการเปลี่ยนสถานะของสสารโดยการสังเกตการละลายของน้ำแข็งพร้อมทั้งทำการวัดอุณหภูมิเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการละลาย

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิของนักศึกษาด้วยคำถาม โดยคำถามนี้จะถูกใช้ทดสอบนักศึกษาทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม เมื่อเราตักไอศกรีมวางไว้ในอากาศ ในพื้นที่อากาศร้อนและพื้นที่อากาศเย็น เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ จะพบว่าเกิดอะไรขึ้น จงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 บริเวณนี้

แนวคำตอบ บริเวณที่อากาศร้อนไอศกรีมจะละลายเร็วกว่า เพราะความร้อนจากอากาศถ่ายเทไปยังไอศกรีมได้ง่ายกว่าบริเวณพื้นที่อากาศเย็น หรือกล่าวได้ว่าไอศกรีมดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมทำให้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว

จากการทดสอบนักศึกษาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานความร้อนและอุณหภูมิได้ผลการทดลองดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการวัดแนวคิด เรื่อง พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ

การวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1 (5.56)	10 (55.55)	4 (22.22)	0 (0.00)	4 (22.22)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5 (27.78)	5 (27.78)	8 (44.44)	0 (0.00)	0 (0.00)

จากตาราง 7 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มแนวคิดที่มากที่สุดคือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ร้อยละ 55.55 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 22.22 และกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 5.56 กลุ่มแนวคิดที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็น คิดเป็นร้อยละ 0.00 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่าสามารถกลุ่มที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 44.44 รองลงมาคือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) และกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มที่ได้น้อยที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) และ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

1.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

1.1.1 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) ผู้วิจัยพบว่ามีนักศึกษา จำนวน 1 คน ที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักศึกษาสามารถบอกได้ว่าไอศกรีมมีการดูดและคายความร้อนในบริเวณสภาพอากาศต่างกัน โดยสามารถแสดงตัวอย่างคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เมื่อเวลาผ่านไปไอศกรีมที่ตักวางไว้ในอากาศที่ต่างกันมีการดูดความร้อนทำให้ไอศกรีมละลายแต่ละลายไม่เท่ากัน โดยไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่ต่างกันจะมีการดูดความร้อนที่ต่างกันเพราะความร้อนใน 2 พื้นที่มีค่าไม่เท่ากัน ไอศกรีมจึงละลายไม่เท่ากันไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนจะดูดความร้อนได้มากกว่าไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศเย็น

(เลขที่ 20)

1.1.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ผู้วิจัยพบว่าแบ่งกลุ่มคำตอบนักศึกษาได้ 1 กลุ่ม โดยนักศึกษา จำนวน 10 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ การตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่ครอบคลุมทั้งหมด โดยนักศึกษากล่าวว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่ร้อนจะทำให้ไอศกรีมละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่เย็น แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงว่าผลเกิดจากการถ่ายเทความร้อน ตัวอย่างคำตอบนักศึกษา 6 คำตอบ ดังนี้

...เมื่อเวลาผ่านไปพื้นที่อากาศร้อนไอศกรีมจะละลายเร็วกว่าพื้นที่อากาศเย็นพื้นที่อากาศร้อนมีความร้อนมากกว่าจึงทำให้ไอศกรีมละลายได้เร็ว แต่พื้นที่อากาศเย็นมีความร้อนน้อยกว่าจึงทำให้ไอศกรีมละลายได้ช้ากว่าพื้นที่อากาศร้อน

(เลขที่ 1)

...เมื่อเวลาผ่านไปไอศกรีมที่วางไว้ในพื้นที่อากาศร้อนจะละลายและในพื้นที่อากาศเย็นจะละลายได้น้อยกว่าอากาศร้อน พื้นที่อากาศร้อนจะทำให้ไอศกรีมละลายได้มากกว่าพื้นที่อากาศเย็น เพราะไอศรีมได้รับความร้อนจากอากาศร้อน

(เลขที่ 2)

...พบว่าไอศกรีมที่ตักไว้นั้นจะละลายกลายเป็นของเหลว ในพื้นที่อากาศร้อนไอศกรีมจะละลายเร็วกว่าเพราะไอศกรีมเป็นน้ำแข็งเหมือนกัน ในพื้นที่อากาศเย็นไอศกรีมก็อาจจะละลายเช่นกันอาจจะละลายช้ากว่าอากาศร้อน

(เลขที่ 7)

...จะพบว่าในพื้นที่มีอากาศร้อนไอศกรีมจะละลายได้เร็วกว่าพื้นที่ที่มีอากาศเย็นในขณะที่อากาศไอศกรีมก็จะละลายไปแบบช้า ๆ ในบริเวณที่มีอากาศร้อนอุณหภูมิจะสูงในขณะพื้นที่ที่มีอากาศเย็นอุณหภูมิจะต่ำ

(เลขที่ 15)

...เมื่อเวลาผ่านไป พบว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศนั้นละลาย พื้นที่ที่มีอากาศร้อนไอศกรีมจะละลายเร็ว และถึงจะเป็นพื้นที่ที่มีอากาศเย็นไอศกรีมก็ละลายเช่นกันไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่ร้อนจะทำให้ไอศกรีมละลายได้เร็วกว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศเย็น

(เลขที่ 16)

...ไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนจะเกิดการละลายได้เร็วกว่าจะกลายเป็นของเหลว ไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศเย็นจะคงสภาพเดิมหรือเกิดการละลายที่ช้ากว่าสภาพอากาศร้อน อากาศมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันไป

(เลขที่ 18)

1.1.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ซึ่งผู้วิจัยสามารถแบ่งกลุ่มคำตอบนักศึกษาได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 พบว่านักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่ร้อนจะทำให้ไอศกรีมละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่เย็น แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอากาศร้อนทำให้ของแข็งสามารถเป็นของเหลวได้ ซึ่งในความเป็นจริงอากาศร้อนไม่ได้สามารถทำให้วัตถุทุกชนิดเป็นของเหลวได้ สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษาได้ ดังต่อไปนี้

...พื้นที่อากาศร้อนจะทำให้ไอศกรีมละลาย อากาศร้อนจะทำให้ของแข็งสามารถเป็นของเหลวได้เพราะมีพลังงานความร้อนมากในอากาศ อากาศเย็นก็จะทำให้ของเหลวกลายเป็นของแข็งได้หากในที่นั้นมีอุณหภูมิมากพอ

(เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าพื้นที่อากาศเย็นมีความร้อนน้อย แต่มีการแนวคิดคลาดเคลื่อนอากาศเย็นทำให้ไอศกรีมแข็งตัว ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักศึกษา 1 คำตอบ ดังนี้

...ไอศกรีมที่วางในพื้นที่ร้อนจะเกิดการละลายอย่างรวดเร็วและไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศเย็นจะทำให้ไอศกรีมแข็งตัวและละลายช้าลง พื้นที่ที่มีอากาศร้อนจะมีพลังงานความร้อนมากจึงทำให้เมื่อนำไอศกรีมไปวางไว้ในบริเวณนั้นจะทำให้ไอศกรีมละลายส่วนในพื้นที่อากาศเย็นจะมีความร้อนน้อยและมีความชื้นน้อย อากาศแห้งทำให้เมื่อไอศกรีมไปวางไว้ทำให้ไอศกรีมแข็งตัวและเกิดการละลายได้ช้า

(เลขที่ 11)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 2 คน นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศรีมเมื่ออยู่บริเวณอาศร้อนจะละลาย แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไอศกรีมเป็นของแข็งเมื่ออยู่ในอากาศเย็นจึงไม่ละลาย ดังแสดงคำตอบนักศึกษา 1 คำตอบ ดังนี้

...ไอศกรีมละลายเป็นของเหลวเมื่ออยู่บริเวณอากาศร้อน อยู่ในอากาศเย็นไอศกรีมจะคงสภาพตามเดิมที่จัดวางไว้และไอศกรีมเป็นของแข็งเมื่ออยู่ในอากาศเย็นทำให้ไอศกรีมไม่ละลายหรือละลายในเวลานาน ไอศกรีมมีความเย็นเมื่อถูกความร้อน ไอศกรีมจึงละลายและเมื่อไอศกรีมอยู่ที่เย็นก็จะคงสภาพเดิมแต่จะละลายเมื่อวางไว้เวลานานไอศกรีมวางอยู่ในอากาศเย็นจะละลายช้ากว่าวางไว้ในอากาศร้อน

(เลขที่ 10)

1.2 ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

1.2.1 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) ผู้วิจัยพบว่าสามารถแบ่งกลุ่มคำตอบนักศึกษาได้ 1 กลุ่ม จำนวน 5 คน โดยนักศึกษาสามารถให้เหตุผลได้ชัดเจนขึ้นเรื่องในบริเวณที่มีอากาศร้อนไอศกรีมจะดูดความร้อนได้เร็วกว่าบริเวณที่มีอากาศเย็น ทำให้บริเวณที่มีอากาศร้อนละลายเร็วกว่าบริเวณที่มีอากาศเย็น โดยสามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ ดังนี้

...เมื่อเวลาผ่านไปไอศกรีมละลายเพราะมีการดูดความร้อนทำให้เกิดการละลายแต่ไอศกรีมที่วางไว้ในพื้นที่ที่มีอากาศต่างกันจะละลายไม่เท่ากันเพราะความร้อนในอากาศไม่เท่ากันไอศกรีมที่อยู่ในอากาศร้อนจะละลายมากกว่าไอศกรีมที่อยู่ในอากาศเย็นเพราะในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนไอศกรีมดูดความร้อนได้มากกว่าจึงใช้เวลาในการละลายน้อยกว่าในอากาศเย็น

(เลขที่ 20)

...เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ จะพบว่าไอศกรีมจะละลายแต่จะละลายไม่พร้อมกัน เพราะบริเวณที่มีอากาศร้อนจะทำให้ไอศกรีมดูดความร้อนได้เร็วกว่าส่วนบริเวณกที่มีอากาศเย็นไอศกรีมจะดูดความร้อนได้ช้ากว่าเพราะฉะนั้นบริเวณที่มีอากาศร้อนจะทำให้ไอศกรีมละลายเร็วกว่า

(เลขที่ 7)

...ในพื้นที่ที่มีอากาศเย็นไอศกรีมจะค่อย ๆ ละลายจนอุณหภูมิจะสมดุลกับอากาศ ในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนไอศกรีมจะละลายเร็วมาก เพราะในพื้นที่นั้นมีอุณหภูมิสูง ส่วนไอศกรีมมีความเย็นหรืออุณหภูมิต่ำจึงทำให้ไอศกรีมละลายง่าย

(เลขที่ 15)

1.2.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษายังมีการตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่ครอบคลุมทั้งหมด สามารถแบ่งกลุ่มได้ 1 กลุ่ม นักศึกษา จำนวน 5 คน นักศึกษากล่าวถึงเรื่องการละลายของไอศกรีมในบริเวณอากาศร้อนจะเร็วกว่าบริเวณอากาศเย็น แต่ไม่ได้กล่าวถึงถ่ายโอนความร้อนจากอากาศสู่ไอศกรีม โดยสามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ 3 คำตอบ ดังนี้

...ไอศกรีมที่ตกวางไว้ในอากาศร้อนจะพบว่า ไอศกรีมละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่ตักวางไว้ในพื้นที่เย็น เพราะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของระหว่าง 2 บริเวณนี้ พบว่าการที่ตักไอศกรีมวางไว้ในพื้นที่เย็นไอศกรีมจะละลายค่อนข้างช้า แต่เมื่อตักไอศกรีมไว้ในอากาศร้อนพบว่าไอศกรีมละลายเร็วกว่า

(เลขที่ 13)

...เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ จะพบว่าไอศกรีมที่อยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนจะละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่อยู่ในสภาพเย็น ความแตกต่างระหว่างไอศกรีมทั้งสองอันแตกต่างกันที่สภาพอากาศคืออากาศร้อนทำให้ไอศกรีทละลายไวเมื่อเจอกับความร้อนที่ให้ละลายไว้เมื่อความเย็นก่อตัวอาจจะทำให้ไอศกรีมละลายได้แต่ช้ากว่าความร้อน

(เลขที่ 19)

...เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ จะพบว่าเกิดการละลายเพราะอุณหภูมิต่างกันตอนอยู่ในตู้คุณภูมิต่ำ เมื่อตักไอศกรีมวางไว้อากาศจะมีอุณหภูมิที่สูงจึงทำให้ไอศกรีมเกิดการละลาย เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 บริเวณนี้ปรากฏว่าเมื่อไอศกรีมอยู่ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้ไอศกรีมนั้นแข็งตัวเมื่อตักไอศกรีมออกมานอกอากาศจะมีอุณหภูมิที่สูง ไอศกรีมจึงเกิดการละลายความแตกต่างอยู่ที่อุณหภูมิและขนาดของวัตถุ

(เลขที่ 18)

1.2.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 8 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ผู้วิจัยสามารถแบ่งกลุ่มคำตอบของนักศึกษาได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 พบว่านักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนเริ่มมีการละลายจากของแข็งเป็นของเหลว แต่ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าความร้อนในอุณหภูมิที่สูงเกิดการแผ่รังสีทำให้ไอศกรีมละลายเร็ว แสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษาได้ ดังนี้

...เมื่อเวลาผ่านไปจะพบว่าไอศกรีมที่วางไว้ในพื้นที่ที่อากาศร้อนจะละลายมากกว่าไอศกรีมที่วางไว้ในพื้นที่ที่อากาศเย็นกว่า บริเวณพื้นที่ ๆ มีอากาศร้อนจะมีอุณหภูมิสูงมาก และไอศกรีมอุณหภูมิเย็นมาก ทำให้ความร้อนในอุณหภูมิที่สูงเกิดการแผ่รังสีเข้ามาในไอศกรีมทำให้ไอศกรีมละลายเร็วเพราะมีความร้อนที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก บริเวณที่มีอากาศเย็นไอศกรีมจะละลายน้อยบริเวณที่มีอากาศร้อนเพราะว่าค่าอุณหภูมิไม่ค่อยต่างกันมากเหมือนอากาศร้อน

(เลขที่ 4)

...เมื่อเวลาผ่านไปไอศกรีมที่ตักวางไว้ในอากาศที่ร้อนและอากาศที่เย็นจะค่อยจะละลาย แต่ไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่ร้อน จะละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่อยู่ในตู้เย็น เพราะอากาศร้อนมีการแผ่รังสี ของความร้อนอยู่รอบ ๆ ทำให้ไอศกรีมได้รับความร้อนมากกว่าอากาศที่เย็น เป็นบริเวณที่อากาศร้อนจะละลายได้เร็วกว่าบริเวณที่มีอากาศเย็น

(เลขที่ 16)

กลุ่มที่ 2 พบว่านักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนมีการละลายจากของแข็งเป็นของเหลว แต่ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอากาศร้อนทำให้วัตถุที่เป็นของแข็งสามารถละลายกลายเป็นน้ำได้ซึ่งของแข็งบางชนิดไม่สามารถละลายได้เมื่อโดนความร้อน แสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...ไอศกรีม ที่อยู่ในอากาศร้อน จะเกิดการหลอมเหลวกลายเป็นน้ำ ไอศกรีมที่อยู่ในอากาศเย็น จะยังคงสภาพเดิมหรืออาจจะมี การละลายเพียงบางส่วน อากาศร้อนทำให้วัตถุที่เป็นของแข็งสามารถละลายกลายเป็นน้ำได้ อากาศเย็นทำให้วัตถุสามารถแข็งตัวได้แต่อาจมีเพียงเล็กน้อยที่จะเกิดการหลอมเหลวของวัตถุ
>
> (เลขที่ 5)

> ...เกิดการละลายและเกิดจากแช่แข็ง ไอศกรีมที่ตักไว้ในการที่ร้อนเกิดการดูดความร้อนเข้ามาแทนที่ความเย็นอากาศที่ต่ำกว่าแต่ไอศกรีมวางไว้ในพื้นที่ที่มีอากาศเย็นการละลายเกิดขึ้นได้ช้าและอาจจะไม่เกิดเลย
>
> (เลขที่ 17)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน โดยนักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศกรีมที่วางอยู่ในพื้นที่อากาศร้อนจะละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่วางอยู่ในพื้นที่อากาศเย็นเพราะในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนมีความร้อนมากกว่าพื้นที่อากาศเย็น แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือความร้อนเป็นตัวทำละลาย ดังแสดงในตัวอย่างคำตอบ ดังนี้

> ...ไอศกรีมที่วางอยู่ในพื้นที่อากาศร้อนจะละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่วางอยู่ในพื้นที่อากาศเย็นเพราะในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนมีความร้อนมากกว่าพื้นที่อากาศเย็นความร้อนเป็นตัวทำละลายได้ดีเมื่อไอศกรีมงานไว้ในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนจะละลายเร็วกว่าพื้นที่ที่มีอากาศเย็น พื้นที่อากาศร้อนมีความร้อนมากกว่าพื้นที่ที่มีอากาศเย็นการถ่ายโอนพลังงานความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออยู่ในพื้นที่อากาศร้อนและในพื้นที่อากาศเย็นจะมีการถ่ายทอดพลังงานความร้อนได้ไม่ดีเท่าพื้นที่ที่มีอากาศร้อนพื้นที่ที่มีอากาศร้อนจะมีความร้อนมากกว่าพื้นที่ที่มีอากาศเย็นแต่พื้นที่ที่มีอากาศเย็นจะมีความเย็นหนาวและจุดเดือดต่ำกว่าพื้นที่มีอากาศร้อน
>
> (เลขที่ 1)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนเริ่มมีการละลายจากของแข็งเป็นของเหลว แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าพื้นที่ร้อนจึงทำให้ไอศกรีมเริ่มคงสถานะเนื่องจากอุณหภูมินั้นจะน้อยกว่าอุณหภูมิของไอศกรีม สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

> ...พบว่าไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนเริ่มมีการละลายจากของแข็งเป็นของเหลว เกิดจากอุณหภูมิของพื้นที่นั้นร้อนจึงทำให้ไอศกรีมเริ่มคงสถานะเนื่องจากอุณหภูมินั้นจะน้อยกว่าอุณหภูมิของไอศกรีม ไอศกรีมที่อยู่พื้นที่อากาศเย็นสามารถรักษาสถานะของไอศกรีมไว้คงที่หรือละลายได้ช้ากว่าไอศกรีมที่อยู่พื้นที่อากาศร้อนเพราะความร้อนทำให้ไอศกรีมละลายจึงเกิดเป็นของเหลว
>
> (เลขที่ 10)

1.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานความร้อน ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	- นักศึกษาสามารถบอกได้ว่าไอศกรีมมีการดูดและคายความร้อน ในบริเวณสภาพอากาศต่างกัน (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษาสามารถให้เหตุผลได้ชัดเจนขึ้นเรื่องในบริเวณที่มีอากาศร้อนไอศกรีมจะดูดความร้อนได้เร็วกว่าบริเวณที่มีอากาศเย็น ทำให้บริเวณที่มีอากาศร้อนละลายเร็วกว่าบริเวณที่มีอากาศเย็น (จำนวน 5 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์การตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่ครอบคลุมทั้งหมด โดยนักศึกษากล่าวว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่ร้อนจะทำให้ไอศกรีมละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่วางไว้ใน	- นักศึกษากล่าวถึงเรื่องการละลายของไอศกรีมในบริเวณอากาศร้อนจะเร็วกว่าบริเวณอากาศเย็น แต่ไม่ได้กล่าวถึงถ่ายโอนความร้อนจากอากาศสู่ไอศกรีม (จำนวน 5 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	อากาศที่เย็น แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงว่าผลเกิดจากการถ่ายเทความร้อน (จำนวน 10 คน)	
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่ร้อนจะทำให้ไอศกรีมละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่วางไว้ในอากาศที่เย็น แต่นักศึกษาเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าอากาศร้อนทำให้ของแข็งสามารถเป็นของเหลวได้ ซึ่งในความเป็นจริงอากาศร้อนไม่ได้สามารถทำให้วัตถุทุกชนิดเป็นของเหลวได้ (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนเริ่มมีการละลายจากของแข็งเป็นของเหลว แต่ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าความร้อนในอุณหภูมิที่สูงเกิดการแผ่รังสีทำให้ไอศกรีมละลายเร็ว (จำนวน 3 คน)
	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าพื้นที่อากาศเย็นมีความร้อนน้อย แต่มีการเข้าใจคลาดเคลื่อนอากาศเย็นทำให้ไอศกรีมแข็งตัว (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนมีการละลายจากของแข็งเป็นของเหลว แต่ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอากาศร้อนทำให้วัตถุที่เป็นของแข็งสามารถละลายกลายเป็นน้ำได้ซึ่งของแข็งบางชนิดไม่สามารถละลายได้เมื่อโดนความ(จำนวน 3 คน)
	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไอศรีมเมื่ออยู่บริเวณอาศร้อนจะละลาย แต่นักศึกษามีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าไอศกรีมเป็นของแข็งเมื่ออยู่ในอากาศเย็นจึงไม่ละลาย (จำนวน 2 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ไอศกรีมที่วางอยู่ในพื้นที่อากาศร้อนจะละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่วางอยู่ในพื้นที่อากาศเย็นเพราะในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนมีความร้อนมากกว่าพื้นที่อากาศเย็น แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือความร้อนเป็นตัวทำละลาย (จำนวน 1 คน)
		- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือไอศกรีมที่อยู่ในพื้นที่อากาศร้อนเริ่มมีการละลายจากของแข็งเป็นของเหลว แต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าพื้นที่นั้นร้อนจึงทำให้

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
		ไอศกรีมเริ่มคงสถานะเนื่องจากอุณหภูมินั้นจะน้อยกว่าอุณหภูมิของไอศกรีม (จำนวน 1 คน)

2. แนวคิดเรื่องการนำความร้อน

การนำความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการสั่นของอนุภาคตัวกลาง โดยที่อนุภาคตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อนไม่ได้เคลื่อนที่

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่อง การนำความร้อน ของนักศึกษาด้วยคำถาม โดยคำถามนี้จะใช้ทดสอบแนวคิดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม เมื่อใช้มือจับโต๊ะไม้และโต๊ะอลูมิเนียม ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) เพราะเหตุใดนักศึกษาจึงรู้สึกว่า โต๊ะอลูมิเนียมเย็นกว่าไม้ เพราะสาเหตุใด จงให้เหตุผล (การนำความร้อน)

แนวคำตอบ ความร้อนจากมือสามารถถ่ายโอนไปสู่โต๊ะอลูมิเนียม ได้ดีกว่าไม้ ความร้อนจากตัวเราจะถ่ายโอนไปสู่วัตถุ (เพราะตัวเรามีอุณหภูมิสูงกว่า) โดยโต๊ะอลูมิเนียม สามารถนำความร้อนได้ดีกว่าไม้ เนื่องจากอลูมิเนียมมีความหนาแน่นของโมเลกุลมากกว่า ดังนั้นความร้อนจากตัวเราจะถ่ายโอนไปสู่โต๊ะอลูมิเนียมได้รวดเร็วกว่าไม้

จากการทดสอบแนวคิดเรื่องการนำความร้อน ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ผลการทดลองดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ แนวคิด เรื่อง การนำความร้อน

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	3 (16.67)	2 (11.11)	10 (55.56)	3 (16.67)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5 (27.78)	6 (33.33)	7 (38.89)	0 (11.11)	0 (0.00)

จากตาราง 9 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มที่มีค่ามากที่สุดคือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 55.56 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 11.11 กลุ่มที่มีค่าน้อยที่สุดคือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่ากลุ่มที่มีค่ามากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 38.89 รองลงมาคือ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 33.33 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 และ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 11.11 ตามลำดับ และกลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

2.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

2.1.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาจำนวน 3 คน มีกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ สามารถแบ่งคำตอบได้ 1 กลุ่ม คือ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คืออลูมิเนียมสามารถนำความร้อนและความเย็นได้ดีกว่าไม้หรือไวต่อสภาวะหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงดีกว่าไม้ คำตอบของนักศึกษาไม่ครอบคลุมถึงการถ่ายโอนความร้อน สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษาได้ดังนี้

...เพราะโต๊ะอลูมิเนียมจะนำความร้อนและความเย็นได้มากกว่าโต๊ะไม้

(เลขที่ 2)

...เพราะอลูมิเนียมไวต่อสภาวะหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงดีกว่าไม้ ซึ่งไม้จะไวต่อสภาพอากาศช้ากว่าอลูมิเนียม

(เลขที่ 8)

...เพราะว่าไม้เป็นวัตถุที่ไม่นำความร้อน ก็เปรียบเหมือนความเย็นก็เช่นกัน ไม้จึงเย็นน้อยกว่าโต๊ะอลูมิเนียม โต๊ะอลูมิเนียมจึงมีการนำความเย็นหรือความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะไม้

(เลขที่ 14)

2.1.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ผู้วิจัยพบว่าสมารถแบ่งกลุ่มคำตอบนักศึกษาได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าอลูมิเนียมไวต่อสภาวะหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนได้แก่อลูมิเนียมมีการนำพาความร้อนซึ่งจริง ๆ แล้วอลูมิเนียมนำความร้อนได้เพียงอย่างเดียวไม่สามารถพาความร้อนได้ แสดงคำตอบได้ดังนี้

> ...เพราะอลูมิเนียมมีการนำพาความร้อนได้มากกว่าไม้ ดังนั่นเมื่ออลูมิเนียมอยู่ในที่ที่มีอากาศเย็นก็จะทำให้เย็น แต่เมื่อใดที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอากาศร้อนอลูมิเนียมก็จะร้อนได้เร็วกว่าไม้เช่นกัน
>
> (เลขที่ 15)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไม้และอลูมิเนียมสร้างจากวัสดุต่างกันการดูดและคายความร้อนจึงต่างกันทำให้ความรู้สึกเมื่อสัมผัสโต๊ะทั้งสองจึงต่างกัน และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอลูมิเนียมยังทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศทำให้รู้สึกเย็นเมื่อสัมผัส ซึ่งการทำปฏิกิริยาของอลูมิเนียมกับน้ำนั้นไม่ได้ทำให้เกิดรู้สึกเย็นเมื่อสัมผัส แสดงคำตอบได้ดังนี้

> ...เนื่องจากไม้และอลูมิเนียมสร้างจากวัสดุต่างกันการดูดและคายความร้อนจึงต่างกันทำให้ความรู้สึกเมื่อ สัมผัสโต๊ะทั้งสองจึงต่างกัน โต๊ะอลูมิเนียมเมื่อสัมผัสแล้วเย็นกว่าโต๊ะไม้เพราะมีการ คายความร้อนได้ดีกว่าตัวไม้และผิวของอลูมิเนียมยังทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศจึงทำให้รู้สึกเย็นเมื่อสัมผัส
>
> (เลขที่ 20)

2.1.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 10 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 10 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไม้สามารถดูดความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะอลูมิเนียม แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คืออลูมิเนียมสามารถดูดความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะไม้ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เพราะโต๊ะอลูมิเนียมมีความเย็นมากกว่าโต๊ะไม้ และในอุณหภูมิห้องมีความร้อนโต๊ะที่เป็นไม้สามารถดูดความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะที่เป็นอลูมิเนียม จึงทำให้โต๊ะที่เป็นอลูมิเนียมเย็นกว่า

(เลขที่ 1)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าคุณสมบัติของโต๊ะอลูมิเนียมมีการถ่ายโอนความร้อนต่ำ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คืออลูมิเนียมมีการถ่ายโอนความร้อนสูง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...คุณสมบัติของโต๊ะอลูมิเนียมมีอุณหภูมิต่ำกว่าไม้ และมีการถ่ายโอนความร้อนต่ำ

(เลขที่ 3)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอลูมิเนียมไม่สามารถทำให้อากาศผ่านได้จึงทำให้เย็นกว่าไม้ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คืออากาศผ่านได้หรือไม่สามารถผ่านได้ไม่เกี่ยวข้องกับการเย็นหรือร้อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เพราะอลูมิเนียมไม่สามารถทำให้อากาศผ่านได้จึงทำให้เย็นกว่าไม้เพราะไม่มีพื้นที่ถ่ายเท อลูมิเนียมถ้าได้ร้อนก็จะร้อนไปเลยถ้าเย็นก็เย็นไปเลยเพราะอลูมิเนียมไม่มีตัวกลางที่จะทำให้อากาศผ่าน

(เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเพราะโต๊ะไม้อาจจะหนากว่าโต๊ะอลูมิเนียม สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เมื่อเราจับโต๊ะไม้แล้วไม่รู้สึกเย็นเหมือนจับโต๊ะอลูมิเนียมเป็นเพราะโต๊ะไม้อาจจะหนากว่าและเนื้อไม้นำความเย็นไม่ดีเท่ากับโต๊ะอลูมิเนียม เพราะโต๊ะอลูมิเนียมนำความเย็นได้ดีกว่า

(เลขที่ 7)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าโต๊ะไม้ไม่มีการดูดความร้อนหรือความเย็นทำให้โต๊ะไม้ไม่มีความเย็น สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...โต๊ะไม้ไม่มีการดูดความร้อนหรือความเย็นทำให้โต๊ะไม้ไม่มีความเย็น โต๊ะอลูมิเนียมจะดูดความชื้นเข้าไปทำให้รู้สึกเย็น เมื่อดูดเข้าไปทำให้เกิดสนิมได้

(เลขที่ 10)

กลุ่มที่ 6 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอลูมิเนียมเป็นวัตถุที่อากาศถ่ายเทอากาศไม่ได้ ส่วนโต๊ะไม้อากาศถ่ายเทได้ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เพราะว่า อลูมิเนียมเป็นวัตถุที่อากาศถ่ายเทอากาศไม่ได้จึงทำให้เมื่อโดยความเย็นหรืออยู่ในอุณหภูมิ ที่พอดีแต่ก็ยังทำให้เย็น ซึ่งไม้เป็นวัตถุที่สามารถที่จะมีอากาศถ่ายเทได้

(เลขที่ 11)

กลุ่มที่ 7 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอลูมิเนียมสามารถเก็บความร้อนหรือความเย็นได้ดีกว่าไม้ นักศึกษาไม่สามารถอธิบายการถ่ายโอนความร้อนได้ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เพราะโต๊ะอลูมิเนียมสามารถเก็บความร้อนหรือความเย็นได้ดีกว่าไม้

(เลขที่ 13)

กลุ่มที่ 8 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอลูมิเนียมเหล็กซึ่งเป็นวัสดุที่มีความเย็นอยู่แล้ว และไม้จะมีความหนาแน่นมากกว่าอลูมิเนียม สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เพราะโต๊ะอลูมิเนียมเหล็กซึ่งเป็นวัสดุที่มีความเย็นอยู่แล้ว เมื่ออยู่ในอุณหภูมิห้องจะมีความเย็นกว่าไม้ ไม้จะมีความหนาแน่นมากกว่าอลูมิเนียม

(เลขที่ 16)

กลุ่มที่ 9 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าโต๊ะอลูมิเนียมมีองค์ประกอบมากกว่าโต๊ะไม้ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เพราะว่าโต๊ะอลูมิเนียมมีองค์ประกอบมากกว่าโต๊ะไม้

(เลขที่ 18)

กลุ่มที่ 10 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไม้จะไม่นำความเย็นหรืออุณหภูมิใด สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...อลูมิเนียมเย็นกว่าไม้เพราะว่าอลูมิเนียมจะสามารถเกิดอุณหภูมิต่ำหรือมีความเย็นได้มากกว่าไม้ ไม้จะไม่นำความเย็นหรืออุณหภูมิใด จะทำให้อุณหภูมิอลูมิเนียมต่ำกว่าไม้

(เลขที่ 19)

2.2. ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

2.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 5 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือเกิดจากการกระจายความร้อนของอลูมิเนียมมีการนำความร้อนได้ดีกว่าไม้ และเมื่อมีอากาศเย็น จะทำให้อลูมิเนียม คายความร้อนได้ดีกว่าไม้ สามารถแสดงคำตอบนักศึกษา 3 คำตอบ ดังนี้

...เพราะโต๊ะอลูมิเนียมมีการนำความร้อนได้มากกว่าโต๊ะไม้ หากนำความร้อนได้ดีก็จะนำความมเย็นได้ดีเหมือนกัน

(เลขที่ 14)

...เพราะตัวอลูมิเนียมมีการดูดและคายความร้อนได้เร็วกว่าตัวไม้อลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่ดูดความร้อนได้เร็วเช่นตัวอย่างที่เราเห็นบ่อยคือการต้มน้ำหรือกระทะอลูมิเนียมที่มีคุณสมบัติที่เป็นโลหะจึงนำความร้อนได้ดีกว่าเพราะฉะนั้นโต๊ะอลูมิเนียมที่นักศึกษาจับเย็นกว่าโต๊ะไม้อลูมิเนียมดูดและคายความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะไม้

(เลขที่ 17)

...วัตถุต่างชนิดกันจะสามารถคายความร้อนได้ต่างกันเมื่อใช้มือจับโต๊ะที่ทำจากไม้และอลูมิเนียมจะรู้สึกว่าตัวอลูมิเนียมเย็นกว่าไม้เพราะอลูมิเนียมมีการคายความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะไม้เมื่อสัมผัสจึงเย็นกว่าตัวไม้มีการคายความร้อนได้น้อยกว่าโต๊ะอลูมิเนียมถ้าสัมผัสจึงรู้สึกว่าโต๊ะไม้มีอุณหภูมิสูงกว่า

(เลขที่ 20)

2.2.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 6 คน มีแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์ โดยสามารถคำตอบได้ 1 กลุ่ม โดยกล่าวเพียงว่าอลูมิเนียมมีการนำความร้อนได้มากกว่าโต๊ะไม้แต่ไม่กล่าวถึงกระบวนการดูดการคายความร้อน สามารถแสดงคำตอบนักศึกษา 3 คำตอบดังนี้

> ...เพราะว่าตัวกลางทำจากวัสดุที่เป็นโลหะนำความร้อนได้ดีและโลหะมีความว่องไวต่ออุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์ข้างต้นโลหะอยู่ในอุณหภูมิห้องซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติไม่ร้อนมากเกินไปดังนั้นโต๊ะอลูมิเนียมจึงเย็นกว่าไม้
>
> (เลขที่ 3)

> ...อลูมิเนียมนำทั้งความร้อนและความเย็น
>
> (เลขที่ 13)

> ...เพราะว่าโต๊ะไม้มีอุณหภูมิที่คงที่ส่วนโต๊ะอลูมิเนียมมีอุณหภูมิตามสภาพอากาศและเป็นตัวนำที่ดีกว่าโต๊ะไม้ เมื่อถูกอุณหภูมิตัวโต๊ะอลูมิเนียมเลยมีอุณหภูมิต่ำกว่าโต๊ะไม้
>
> (เลขที่ 18)

> ...โต๊ะอลูมิเนียมมีการถ่ายโอนความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะไม้ เพราะโต๊ะไม้ไม่มีการถ่ายโอนความร้อนได้ดีเท่ากับโต๊ะอลูมิเนียม
>
> (เลขที่ 19)

2.2.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) มีนักศึกษา จำนวน 7 คน ที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดแบบไม่สมบูรณ์คืออลูมิเนียมจะดูดอุณหภูมิมากกว่าโต๊ะไม้ มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือไม้มีความหนาแน่นมากกว่าอลูมิเนียม สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...เหตุที่ว่าโต๊ะไม้และโต๊ะอลูมิเนียม เราจะรู้สึกได้ว่าโต๊ะอลูมิเนียมเย็นกว่าโต๊ะไม้ก็เพราะว่า อลูมิเนียมมีความสามารถในการนำอากาศรอบนอกได้ดีกว่าไม้ ไม้มีความหนาแน่นมากกว่าอลูมิเนียม จึงทำให้เวลาเราจับโต๊ะไม้อาจจะไม่รู้สึกสัมผัสถึงอุณหภูมิได้

แต่อลูมิเนียมถ้าอยู่ในที่เย็นอลูมิเนียมก็ จะเย็นตามอุณหภูมิของจุด ๆ นั้นเช่นกัน อย่างไรก็แล้วแต่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

(เลขที่ 6)

...เพราะในอลูมิเนียมมีโมเลกุลที่ห่างกันทำให้เมื่ออุณหภูมิใดผ่านหรือไปอยู่ในบริเวณที่มีความร้อนใดก็ทำให้เกิดความร้อนหรือความเย็นสูงซึ่งจากโจทย์พบว่าเมื่อเราจับโต๊ะอลูมิเนียมใจเย็นกว่าโต๊ะไม้เพราะอลูมิเนียมจะดูดเอาอุณหภูมิมากกว่าโต๊ะไม้

(เลขที่ 11)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 5 คน มีแนวคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์คือ อลูมิเนียมมีความหนาแน่นที่ต่างกันและมีมากกว่าไม้ มีความคลาดเคลื่อนในแนวคิดที่ว่าอลูมิเนียมเกิดการถ่ายเทความร้อนได้น้อยกว่าไม้ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...เพราะอลูมิเนียมมีความหนาแน่นมากกว่าไม้จึงทำให้ เย็นกว่าเพราะการถ่ายเทของอลูมิเนียม เกิดการถ่ายเทความร้อนได้น้อยกว่าไม้จึงทำให้อลูมิเนียมสามารถเย็น ได้อยู่ตลอดเวลาเพราะเกิดการ สลายความร้อนได้ช้า

(เลขที่ 5)

...โต๊ะไม้และโต๊ะอลูมิเนียมมีความแตกต่างกันคือโต๊ะไม้จะมีความหนาแน่นที่ต่างจากโต๊ะอลูมิเนียมและไม้เร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ส่วนโต๊ะอลูมิเนียมเป็นตัวนำที่ดีทั้งความร้อน – เย็นจะเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

(เลขที่ 7)

...อากาศหรืออุณหภูมิที่ได้รับบุญหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมานั้นจะถ่ายโอนความร้อนเข้าไปในวัสดุสองสิ่งก็ต้องขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุด้วยโต๊ะอลูมิเนียมที่รู้สึกเย็นกว่าเพราะอลูมิเนียมเป็นโลหะผสมที่มีอุณหภูมิในตัวของมันที่ต่ำอยู่แล้วอีกทั้งยังนำความร้อนได้ช้ากว่าไม้ ซึ่งอุณหภูมิห้องจะถ่ายโอนเข้าไปยังวัสดุของไม้ได้เร็วกว่าอลูมิเนียม

(เลขที่ 8)

2.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการนำความร้อนดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการนำความร้อน

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	ไม่มี	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือเกิดจากการกระจายความร้อนของอลูมิเนียมมีการนำความร้อนได้ดีกว่าไม้ และเมื่อมีอากาศเย็น จะทำให้อลูมิเนียม คายความร้อนได้ดีกว่าไม้ (จำนวน 5 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คืออลูมิเนียมสามารถนำความร้อนและความเย็นได้ดีกว่าไม้ หรือไวต่อสภาวะหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงดีกว่าไม้ คำตอบของนักศึกษาไม่ครอบคลุมถึงการถ่ายโอนความร้อน (จำนวน 3 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือ กล่าวเพียงว่าอลูมิเนียมมีการนำความร้อนได้มากกว่าโต๊ะไม้แต่ไม่กล่าวถึงกระบวนการดูดการคายความร้อน(จำนวน 6 คน)
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าอลูมิเนียมไวต่อสภาวะหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนได้แก่อลูมิเนียมมีการนำพาความร้อนซึ่งจริง ๆ แล้วอลูมิเนียมนำความร้อนได้เพียงอย่างเดียวไม่สามารถพาความร้อนได้ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าไม้และอลูมิเนียมสร้างจากวัสดุต่างกันการดูดและคายความร้อนจึงต่างกันทำให้ความรู้สึกเมื่อ สัมผัสโต๊ะทั้งสองจึงต่างกัน และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอลูมิเนียมยังทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศจึงทำให้รู้สึกเย็นเมื่อสัมผัส ซึ่งการ	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าคืออลูมิเนียมจะดูดอุณหภูมิมากกว่าโต๊ะไม้ มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือไม้มีความหนาแน่นมากกว่าอลูมิเนียม (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าคืออลูมิเนียมมีความหนาแน่นที่ต่างกันและมีมากกว่าไม้ มีความคลาดเคลื่อนในแนวคิดที่ว่าอลูมิเนียมเกิดการถ่ายเทความร้อนได้น้อยกว่าไม้ (จำนวน 5 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	ทำปฏิกิริยาของอลูมิเนียมกับน้ำนั้นไม่ได้ ทำให้เกิดรู้สึกเย็นเมื่อสัมผัส (จำนวน 1 คน)	
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไม้สามารถดูดความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะอลูมิเนียม แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คืออลูมิเนียมสามารถดูดความร้อนได้ดีกว่าโต๊ะไม้ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าคุณสมบัติของโต๊ะอลูมิเนียมมีการถ่ายโอนความร้อนต่ำ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คืออลูมิเนียมมีการถ่ายโอนความร้อนสูง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอลูมิเนียมไม่สามารถทำให้อากาศผ่านได้ จึงทำให้เย็นกว่าไม้ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คืออากาศผ่านได้หรือไม่สามาถผ่านได้ไม่เกี่ยวข้องกับการเย็นหรือร้อน (จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเพราะโต๊ะไม้อาจจะหนากว่าโต๊ะอลูมิเนียม (จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าโต๊ะไม้ไม่มีการดูดความร้อนหรือความเย็นทำให้โต๊ะไม้ไม่มีความเย็น (จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอลูมิเนียมเป็นวัตถุที่อากาศถ่ายเทอากาศไม่ได้ ส่วนโต๊ะไม้อากาศถ่ายเทได้	

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	(จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า อลูมิเนียมสามารถเก็บความร้อนหรือความเย็นได้ดีกว่าไม้ นักศึกษาไม่สามารถอธิบายการถ่ายโอนความร้อนได้ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า อลูมิเนียมเหล็กซึ่งเป็นวัสดุที่มีความเย็นอยู่แล้ว และไม้จะมีความหนาแน่นมากกว่าอลูมิเนียม (จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าโต๊ะอลูมิเนียมมีองค์ประกอบมากกว่าโต๊ะไม้ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษา มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไม้จะไม่นำความเย็นหรืออุณหภูมิใด (จำนวน 1 คน)	

3. แนวคิดการพาความร้อน

การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยอนุภาคตัวกลางในการพาความร้อนจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับความร้อนที่พาไป

ผู้วิจัยใช้คำถามในการทดสอบแนวคิดเรื่องการพาความร้อน โดยคำถามถามนี้จะใช้ทดสอบทั้งก่อนและหลักงการจัดการเรียนรู้

คำถาม ช่วงฤดูหนาว คนสมัยก่อนนิยมก่อกองไฟเพื่อให้ความอบอุ่นกับร่างกาย นักศึกษาคิดว่าตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลอย่างไร

แนวคำตอบ ถ้านั่งใต้ลมจะทำให้ร้อนมากเพราะลมเป็นตัวพาความร้อนมาหาตัวเรา ถ้านั่งเหนือลม จะทำให้ไม่ร้อนมากเนื่องจากลมพัดผ่านตัวเราไปก่อนถึงกองไฟ ดังนั้นไม่มีตัวพาความร้อนพัดมากระทบตัวเรา

จากการทดสอบแนวคิดเรื่องการนพาความร้อนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ได้ผลการทดลองดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การพาความร้อน

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	3 (16.67)	6 (33.33)	5 (27.78)	4 (22.22)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	3 (16.67)	8 (44.44)	6 (33.33)	1 (5.56)	0 (0.00)

จากตาราง 11 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มแนวคิดที่มากที่สุดคือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 33.33 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 16.67 ตามลำดับ กลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 44.44 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 33.33 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 5.56 และกลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

3.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

3.1.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาจำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือกล่าวเพียงว่าการนั่งรอบกองไฟทุกคนจะได้รับความร้อนเท่ากันในเมื่ออากาศนิ่ง และเมื่อมีลมพัดจะทำให้ผู้ที่นั่งอยู่ฝั่งตรงข้างลมจะได้รับความร้อนมากกว่าอีกฝั่ง แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงระยะห่างของการนั่งก็มีผลต่อการได้รับความร้อนเช่นกัน และนักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงการพาความร้อน สามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟส่งผลกับความอบอุ่นที่ได้รับจากกองไฟเพราะหากนั่งไกลเกินไปอาจทำให้ความร้อนที่มาจากกองไฟไปไม่ถึงตำแหน่งที่นั่งเมื่อไม่มีลมพัดเอาความร้อนกระจายไปตามตำแหน่งต่าง ๆ

(เลขที่ 20)

...สภาวะอากาศนิ่งคิดว่าตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลกับคนที่นั่งอยู่ไกลกับกองไฟเพราะไม่มีลมพัดความร้อนไปหา สภาวะอากาศมีลมพัดคิดว่าตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟคนที่นั่งใกล้กับกองไฟอาจร้อนมากเมื่อตอนลมพัดเปลวไฟมาหาง

(เลขที่ 7)

3.1.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 6 คน ที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีทั้งแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่านักศึกษากล่าวถึงเมื่อมีลมพัดคนนั่งทิศตรงข้ามลมจะได้รับความร้อนมากกว่านั่งฝั่งลมพัดมา และแนวคิดคลาดเคลื่อนคือนักศึกษากล่าวถึงในสภาวะที่อากาศนิ่งได้รับความร้อนเท่า ๆ กัน ซึ่งในความเป็นจริงนั้นความร้อนจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับระยะห่าง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษา จำนวน 1 คำตอบ ดังนี้

...ทำให้ได้รับความร้อนเท่า ๆ กันที่นั่งรอบกองไฟ เมื่อมีลมพัดจะทำให้คนที่อยู่ทิศตรงข้ามกับลมพัดมาจะได้รับความร้อนจากไฟมากกว่าคนที่นั่งฝั่งลมพัดมา

(เลขที่ 11)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีทั้งแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่านักศึกษากล่าวถึงระยะการนั่งรอบกองไฟถ้านั่งใกล้มากจะร้อนถ้านั่งไกลจะได้รับความร้อนน้อยกว่า ยิ่งถ้ามีลมพัดก็จะยิ่งร้อนมากขึ้น และแนวคิดคลาดเคลื่อนคือนักศึกษากล่าวถึงสภาวะอากาศที่มีลมพัดจะทำให้อากาศเย็นขึ้นโดยไม่ได้กล่าวถึงตำแหน่งที่นั่งตามทิศทางลม สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษา จำนวน 1 คำตอบ ดังนี้

...ในสภาวะอากาศนิ่งจะทำให้อากาศอุ่น การนั่งรอบกองไฟจึงมีผล เพราะถ้านั่งใกล้กองไฟมากก็จะทำให้เกิดความร้อน และถ้านั่งไกลจากกองไฟออกมาอาจทำให้ร่างกายอุ่นพอดี ในสภาวะอากาศที่มีลมพัดจะทำให้อากาศเย็นขึ้น การนั่งรอบกองไฟจึงมีผล เพราะ

ถ้านั่งใกล้กองไฟมาก ๆ ก็จะทำให้อุ่นขึ้น ถ้านั่งไกลออกมาจะทำให้เย็นขึ้นกว่าการนั่งใกล้กองไฟ

(เลขที่ 1)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าในสภาวะที่อากาศนิ่งตำแหน่งของการนั่งรอบกองไฟมีผล ยิ่งนั่งใกล้ยิ่งทำให้ได้รับความร้อนมาก แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า ในสภาวะอากาศมีลมพัด ถ้านั่งไกลออกไปเท่าไหร่จะทำให้ได้รับลมมากขึ้น

...ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟจะมีผลต่อการได้รับความร้อน ยิ่งนั่งใกล้ก็ยิ่งทำให้ได้รับความร้อนมากกว่า สภาวะอากาศมีลมพัดถ้าเรายิ่งนั่งใกล้กองไฟเท่าไหร่จะทำให้ได้รับความร้อนมาก ถ้านั่งไกลออกไปเท่าไหร่จะทำให้ได้รับลมมากขึ้นเรื่อย ๆ

(เลขที่ 2)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือสภาวะอากาศมีลมพัดทำให้ความร้อนเคลื่อนที่ แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสภาพวะอากาศมีลมพัดควรนั่งไกลกว่าสภาวะอากาศนิ่ง

...ในสภาวะอากาศนิ่ง จะทำให้ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟของคนจะทำให้นั่งไกลจากกองไฟ ในสภาวะอากาศมีลม จะทำให้ตำแหน่งการนั่ง นั่งห่างจากกองไฟไปอีก เพราะว่าการที่ลมพัดอาจทำให้ความร้อนนั้นเคลื่อนที่

(เลขที่ 14)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือสภาวะอากาศมีลมพัดคนที่อยู่ทิศตรงข้ามลมจะได้รับความร้อนมากกว่าฝั่งลมพัดมา คนที่นั่งเหนือลมจะรู้สึกหนาว และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าในสภาวะอากาศนิ่งจะได้รับความร้อนเท่า ๆ กัน จะนั่งบริเวณใดก็ได้

...ได้รับความร้อนเท่า ๆ กันที่นั่งรอบกองไฟ เมื่อมีลมพัดจะทำให้คนที่อยู่ทิศตรงข้ามกับลมพัดมาจะได้รับความร้อนจากไฟมากกว่าคนที่นั่งฝั่งลมพัดมา

(เลขที่ 19)

...ผู้ที่อยู่รอบ ๆ กองไฟจะมีความอุ่นที่ได้รับจากเปลวไฟจะบริเวณใดก็ได้เพราะอากาศมีสภาพนิ่งไม่มีลม เมื่อลมผัดที่อยู่ในทิศทางที่ลมพัดเปลวไฟไปหาจะทำให้ผู้นั่นอุ่น ส่วนผู้ที่อยู่ด้านเหนือของลมจะมีความรู้สึกหนาว ดังนั้นจึงต้องนั่งบังทิศทางของลมเพื่อที่จะให้ลมไม่มีช่องว่างเข้าไปพัดกองไฟ

(เลขที่ 15)

3.1.3 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 5 คน สามารถแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนโดยกล่าวถึงสภาวะมีลมทำให้ร่างกายไม่อบอุ่นกว่าสภาวะอากาศนิ่ง สามารถแสดงคำตอบนักศึกษา 1 คำตอบ ดังนี้

...จะทำให้ร่างกายไม่รับความอบอุ่นอย่างเต็มที่เพราะไม่มีสิ่งอื่นมารบกวนกองไฟ ถ้ามีลมพัดก็จะทำให้ร่างกายอบอุ่นได้เช่นกันแต่ว่าจะไม่อบอุ่นเท่าอากาศนิ่งเพราะมีลมพัดมารบกวนกองไฟ

(เลขที่ 13)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าความร้อนของไฟแผ่กระจายไปได้ทั่วถึงควรนั่งกระจายไม่จับกลุ่มกัน ซึ่งนักศึกษาไม่ได้อธิบายตามประเด็นที่ถาม

...ความร้อนของไฟแผ่กระจายไปได้ทั่วถึง นั่งเป็นวงกลม ควรนั่งกระจายไม่จับกลุ่มกัน

(เลขที่ 3)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนตำแหน่งการนั่งขึ้นอยู่กับความต้องการของแต่ละบุคคล ซึ่งนักศึกษาไม่ได้อธิบายตามประเด็นที่ถาม

...ตำแหน่งในการนั่งจะขึ้นอยู่กับความต้องการของบุคคลว่าจะให้ส่วนใดถูกกองไฟเพื่อส่วนนั้นอบอุ่น ตำแหน่งในการนั่งจะห่างออกจากกองไฟเมื่อมีลมกองไฟจะได้ไม่ปลิวใส่ตัวเอง

(เลขที่ 10)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนตำแหน่งการว่านั่งนานจำทำให้ร้อน ซึ่งนักศึกษาไม่ได้อธิบายตามประเด็นที่ถาม

> ...จะมีความพอดีแต่ถ้าเรานั่งนานเกินไปก็จะร้อนเพราะว่าหากเรานั่งอยู่ตรงนั้นนานก็เหมือนกับว่าเราสะสมความร้อนเข้าตัวเราเรื่อย ๆ อาจทำให้บริเวณใดบริเวณหนึ่งได้รับความอบอุ่นมากเกินไป ก็สามารถทำให้ร้อนได้ จะทำให้เปลวไฟสามารถผ่านตัวเราอาจทำให้เราร้อนขึ้นจนลอยเข้าหาเราหรือเข้าตาเราได้อาจทำให้เราไม่สามรถนั่งตรงนั้นได้
>
> (เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อนสภาวะอากาศนิ่งจะไม่ก่อให้เกิดอันตราย สภาวะมีลมพัดทำให้ไฟลุกเร็วจะทำให้พัดไฟไปติดที่อื่น ซึ่งนักศึกษาไม่ได้อธิบายตามประเด็นที่ถาม

> ...สภาวะอากาศนิ่งและนั่งรอบกองไฟจะทำให้ไฟอยู่นิ่งแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายสภาวะอากาศที่มีลมพัดแล้วนั่งรอบกองไฟ จะทำให้ไฟลุกได้เร็ว อาจจะทำให้ไฟไม่ติดกับอีกที่หนึ่งได้ เพราะสภาวะอากาศที่มีลมอาจจะพัดเศษเพลิงไฟไปติดที่อื่น
>
> (เลขที่ 18)

3.2 ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

3.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดชิงวิทยาศาสตร์คือนักศึกษากล่าวถึงระยะการนั่งมีผลต่อความร้อนที่ได้รับ และกล่าวถึงทิศทางการนั่งถ้านั่งทิศใต้ลมจะได้รับความร้อนมากกว่าทิศเหนือลม และกล่าวถึงการพาความร้อนได้ถูกต้อง สามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...เมื่ออากาศนิ่งการนั่งรอบกองไฟ ทำให้ได้รับความอบอุ่นได้ดี ความร้อนจากกองไฟจะแผ่ความร้อนมายังบริเวณรอบ ๆ กองไฟได้รับความอบอุ่นจากกองไฟเท่า ๆ กัน เมื่ออากาศมีลมพัด ตำแหน่งที่นั่งรอบกองไฟ คนที่นั่งตรงที่ลมพัดเปลวไฟ ไฟทางนั้นจะได้รับความร้อนจากกองไฟมากกว่าคนอื่น ๆ ที่นั่งอยู่รอบกองไฟเหมือนกัน ลมพัดไปทางใดเปลวไฟความร้อนก็จะไปทางนั้นด้วยเช่นกัน
>
> (เลขที่ 16)

...สภาวะอากาศนิ่งการกองไฟของชาวบ้าน จะอุ่นจะอุ่นโดยทั่วกันเพราะเกิดการแผ่รังสีความร้อนจากกองไฟไปยังชาวบ้านส่วนถ้าชาวบ้านไปก็ได้ไฟมากเกินไปอาจจะร้อนได้ 4.2 สภาวะอากาศถ้ามีลมพัดชาวบ้านที่อยู่ทางทิศเหนือลมอาจจะรู้สึกหนาวและชาวบ้านที่อยู่ทางทิศใต้ลมอาจจะรู้สึกร้อนกว่าตอนที่ไม่มีลมที่เป็นแบบนี้เพราะว่าลมเป็นตัวกลางทำให้เกิดการพาความร้อน

(เลขที่ 4)

3.2.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาจำนวน 8 คน สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 4 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือบางคนกล่าวเพียงว่าเพราะกองไฟเป็นการถ่ายโอนความร้อนถ้าสภาวะอากาศนิ่งการที่นั่งในแต่ละตำแหน่งได้รับความร้อนต่างกันยิ่งนั่งใกล้ก็จะร้อนกว่าคนนั่งไกล และบางส่วนกล่าวว่าถ้ามีลมพัดคนนั่งใต้ลมจะร้อนกว่านั่งเหนือลม ส่วนใหญ่นักศึกษาจะไม่กล่าวถึงการพาความร้อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...ในสภาวะที่อากาศนิ่งตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลต่อคนที่นั่งไกลจากกองไฟจะได้รับไออุ่นน้อยกว่าคนที่อยู่ใกล้กองไฟเพราะไม่มีลมพัดไออุ่นไปหาความร้อนไม่กระจายดี ในสภาวะที่มีลมพัดตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลต่อการที่คนนั่งไกลก็จะได้รับไออุ่นจากกองไฟเหมือนกันเพราะไออุ่นหรือไอความร้อนจากถูกลมพัดไปตามกระแสลม

(เลขที่ 19)

...ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลต่อสภาพอากาศต่อร่างกายที่เราได้รับจะมีอากาศร้อนมากน้อยหรือหนาวมากน้อยมากก็ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่เรานั่งอยู่รอบกองไฟถ้าเรานั่งใกล้กองไฟมาก ๆ ก็จะทำให้อากาศเริ่มร้อนแต่ถ้าเราถอยนั่งไกล ๆ จากกองไฟลงมาก็จะทำให้ความร้อนลดลงจะมีความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตำแหน่งในการนั่งรอบกองไฟตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลต่อการทำให้ร้อนหรือเย็นเพราะถ้านั่งใกล้กองไฟมาก ๆ จะร้อนอยู่แล้วเมื่อมีลมพัดลมก็จะพัดไอความร้อนเข้าหาทำให้มีความร้อนเพิ่มขึ้นถ้านั่งใกล้กองไฟออกมาความร้อนลดน้อยลงเมื่อมีลมพัดไอความร้อนมาจะทำให้อากาศที่พอดีลมเป็นตัวกลางในการพาความร้อนจากเกิดการถ่ายโอนพลังงานความร้อนได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับตัวการในการนำและพาความร้อน

(เลขที่ 20)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 4 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือบางคนกล่าวแต่เพียงว่าเพราะกองไฟเป็นการถ่ายโอนความร้อนถ้าสภาวะอากาศนิ่งการที่นั่งในแต่ละตำแหน่งได้รับความร้อนต่างกันยิ่งนั่งใกล้ก็จะร้อนกว่าคนนั่งไกล ส่วนใหญ่นักศึกษาไม่กล่าวถึงทิศทางการนั่ง การพาความร้อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...ในสภาวะที่อากาศนิ่งตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลต่อคนที่นั่งไกลจากกองไฟจะได้รับไออุ่นน้อยกว่าคนที่อยู่ใกล้กองไฟเพราะไม่มีลมพัดไออุ่นไปหาความร้อนไม่กระจายดี ในสภาวะที่มีลมพัดตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลต่อการที่คนนั่งไกลก็จะได้รับไออุ่นจากกองไฟเหมือนกันเพราะไออุ่นหรือไอความร้อนจากถูกลมพัดไปตามกระแสลม
>
> (เลขที่ 7)

> ...ตำแหน่งของการนั่งรอบกองไฟเพื่อให้ความร้อนแผ่กระจายให้ร่างกายทุกส่วนที่หนาวได้รับความอบอุ่นจากการแผ่รังสีความร้อนจากกองไฟ การนั่งจึงมีผลต่อการรับความร้อนจากกอบไฟ จึงทำให้ร่างกายส่วนนั้นรู้สึกอุ่น 4.2 ตำแหน่งในการนั่งรอบกอบไฟเมื่อมีลมพัดจะต้องนั่งให้ห่างจากเปลวไฟที่ลมพัดพาเพื่อไม่ให้เกิดการร้อนเกินไป จำเป็นต้องเปลี่ยนตำแหน่งในการนั่งในตำแหน่งที่ไม่มีลมพัดมาหรือจะนั่งให้ห่างออกมาแต่นั่งในตำแหน่งเดิมก็ได้เพื่อให้ลมพัดความอบอุ่นมาให้แต่ไม่ถูกเปลวไฟ
>
> (เลขที่ 10)

3.2.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) พบว่ามีนักศึกษา จำนวน 6 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถแบ่งได้ 6 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษากล่าวว่าเมื่อสภาวะอากาศนิ่งตำแหน่งการนั่งมีผล ยิ่งนั่งใกล้ยิ่งร้อน แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเมื่อมีลมพัดตำแหน่งการนั่งไม่มีผลต่อความร้อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

> ...ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผล เพราะเมื่อยิ่งนั่งใกล้กองไฟเท่าไหร่จะยิ่งรู้สึกร้อน เมื่อห่างออกจากกองไฟจะทำให้รู้สึกร้อนน้อยกว่า เมื่อสภาวะอากาศมีลมพัดจะเกิดการพาความร้อน ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟจะไม่มีผล เพราะเมื่อนั่งห่างออกมาอีกนิดก็จะรู้สึกร้อนอยู่ เพราะอากาศจากลมจะพัดพาความร้อนไปในตำแหน่งที่อยู่ห่างออกไปอีก
>
> (เลขที่ 2)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษากล่าวว่าการพาความร้อนโดยมีสภาวะอากาศที่เป็นลมพัดพาความร้อน แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสภาวะอากาศนิ่ง ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟทำให้ความร้อนถ่ายเทได้ไม่ทั่วถึง และการนำความร้อนโดยมีไม้เป็นตัวนำทำให้ความร้อนถ่ายเท สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

> ...ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟทำให้ความร้อนถ่ายเทได้ไม่ทั่วถึงเพราะสภาวะอากาศนิ่ง สภาวะอากาศมีลมพัดทำให้ความร้อนถ่ายเทไปได้ทุกตำแหน่งของการนั่งรอบกองไฟ เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อน คือ 1) การนำความร้อนโดยมีไม้เป็นตัวนำทำให้ความร้อนถ่ายเท 2) การพาความร้อนโดยมีสภาวะอากาศที่เป็นลมพัดพาความร้อนการแผ่รังสีความร้อนรังสีความร้อนที่ออกมาจากองไฟ
>
> (เลขที่ 3)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษากล่าวว่าสภาวะอากาศมีลมพัดลมเป็นตัวกลางในการพัดความร้อนมาทำให้รู้สึกร้อน และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอากาศนิ่งทำให้ความร้อนเกิดการสมดุล ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างคำตอบ 1 คำตอบ ดังนี้

> ...เกิดการสมดุลทำให้ไม่ร้อนมากเกินไปและไม่ก่อให้เกิดความร้อน เพราะอากาศนิ่ง กองไฟ จึงทำหน้าที่ให้ ความร้อนและความอบอุ่นที่สมดุลกันอยู่เสมอ สภาวะอากาศมีลมพัดจะทำให้กองไฟที่โดนลมพัด มาจะทำให้รู้สึกร้อนมากกว่าเดิมเพราะตัวกลางคือลมที่พัดนำความร้อน ให้มาอีกด้านและสามารถทำให้ไฟลุกแรงกว่าเดิมก็เป็นได้
>
> (เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษากล่าวว่าในสภาวะอากาศนิ่งทำให้พื้นที่รอบกองไฟมีอุณหภูมิคงที่ และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสภาวะอากาศมีลมพัดทำให้เกิดความอบอุ่นเล็กน้อย เนื่องจากลมทำให้อุณหภูมิของกองไฟเคลื่อนที่ไปมา และลมพาความร้อนมาหาตัวคน ดังตัวอย่างคำตอบ 1 คำตอบ ดังนี้

...ถ้าอากาศนิ่งตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟ ก็จะมีผลทำให้พื้นที่รอบกองไฟนั้นมีอุณหภูมิที่อบอุ่น อุณหภูมิจะคงที่ ทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิที่ ให้ความอบอุ่นรอบ ๆ โดยทั่วกัน ถ้ามีลมพัดตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟก็จะมีผลทำให้พื้นที่รอบกองไฟนั้น มีความอบอุ่นเล็กน้อย เนื่องจากลมพัดมาทำให้อุณหภูมิของกองไฟในบริเวณนั้น เกิดการเคลื่อนที่ไปมา จึงทำให้มีอากาศที่เย็นบ้างอุ่นบ้างแต่เป็นการอบอุ่นที่ไม่ตลอดเนื่องจากมีลมพัดกวนอุณหภูมิของกองไฟ

(เลขที่ 6)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษากล่าวว่าตำแหน่งการนั่งคนนั่งใกล้จะรู้สึกร้อนกว่าคนนั่งไกล และนักศึกษามีแนวคิดว่าถ้าสภาวะอากาศมีลมพัดคนที่นั่งอยู่ระหว่างต้นลมและปลายลมก็จะรู้สึกอบอุ่นเพราะไม่ได้โดนลมและไฟมากเกินไป

...ตำแหน่งรอบ ๆ ไม่มีผลแต่ถ้าหากเน้นตำแหน่งที่เข้าใกล้หรือไกลกองไฟนั้นก็มีผลอย่างแน่นอนโดยผู้ที่นั่งใกล้ก็จะร้อนกว่าส่วนผู้ที่นั่งตำแหน่งที่ห่างออกไป ผู้ที่อยู่ห่างลมพัดมาจะรู้สึกอบอุ่นน้อยกว่าเพราะมีทั้งลมแล้วอีกทั้งเป็นไฟก็ยังหนีไปอีกทางผู้ที่นั่งทางที่เป็นไฟพัดมาก็จะรู้สึกร้อนเพราะเปลวไฟมาอยู่ใกล้มากกว่าใคร ๆ ส่วนคนที่นั่งอยู่ระหว่างต้นลมและปลายลมก็จะรู้สึกอบอุ่นเพราะไม่ได้โดนลมและไฟมากเกินไป

(เลขที่ 8)

กลุ่มที่ 6 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษากล่าวว่าสภาวะอากาศมีลมพัดถ้าทิศการนั่งมีผลต่อความร้อนที่ได้รับ โดยนั่งด้านที่ลมเหนือลมจะไม่ร้อนเท่าด้านที่ใต้ลม นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสภาวะอากาศนิ่งทุก ๆ ตำแหน่งก็จะได้ความร้อนที่เท่ากัน

...ถ้าสภาวะอากาศนิ่งการที่นั่งในแต่ละตำแหน่งก็จะได้รับความร้อนที่เท่ากันเพราะกองไฟเป็นการถ่ายโอนความร้อนแบบแผ่รังสีซึ่งการแผ่รังสีเป็นการถ่ายโอนความร้อนแบบกระจายทุกทิศทางจึงทำให้เมื่อนั่งในสภาวะอากาศนิ่งทุก ๆ ตำแหน่งก็จะได้ความร้อนที่เท่ากัน เมื่อสภาวะมีลมพัดคนที่นั่งตำแหน่งเหนือลมจะได้รับความร้อนเยอะกว่าเพราะลมจะพัดเปลวไฟเข้าหาการที่จะรู้ว่าตำแหน่งไหนร้อนกว่าจะสังเกตได้จากการที่เราดูว่า ลมได้

มีทิศทางผ่านเข้ามาจากทางด้านไหนเช่นเข้ามาทางทิศตะวันออกคนที่อยู่ทิศตะวันตกจะได้รับความร้อนมากที่สุดและคนที่อยู่ทิศเหนือและทิศใต้ก็จะได้รับความร้อนพอประมาณ (เลขที่ 11)

3.2.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าในสภาวะอากาศนิ่งจะทำให้ยิ่งร้อนมากขึ้น สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

...สภาวะอากาศที่นั่ง รอบกองไฟจะทำให้กองไฟมีความร้อนเพิ่มมากขึ้นเพราะว่าการที่อากาศนิ่งแล้วนั่งรอบกองไฟทำให้ไม่มีอากาศถ่ายเทจึงทำให้มีความร้อนเพิ่มขึ้น สภาวะอากาศมีลมพัดการนั่งรอบกองไฟจะทำให้กองไฟมีความร้อนที่ลดลงเพราะการที่อากาศ มีลมพัดทำให้กองไฟมีการถ่ายเทความร้อนจึงทำให้มีความร้อนลดน้อยลง (เลขที่ 18)

3.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการพาความร้อนดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการพาความร้อน

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์		- นักศึกษามีแนวคิดชิงวิทยาศาสตร์ คือนักศึกษากล่าวถึงระยะการนั่งมีผลต่อความร้อนที่ได้รับ และกล่าวถึงทิศทางการนั่งถ้านั่งทิศใต้ลมจะได้รับความร้อนมากกว่าทิศเหนือลม และกล่าวถึงการพาความร้อนได้ถูกต้อง (จำนวน 3 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือกล่าวเพียงว่าการนั่งรอบกองไฟทุกคนจะได้รับความ	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือบางคนกล่าวแต่เพียงว่าเพราะ

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	ร้อนเท่ากกันในเมื่ออากาศนิ่ง และเมื่อมีลมพัดจะทำให้ผู้อยู่ฝั่งตรงข้างลมจะได้รับความร้อนมากกว่าอีกฝั่ง แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงระยะห่างของการนั่งก็มีผลต่อการได้รับความร้อนเช่นกัน แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงการพาความร้อน (จำนวน 3 คน)	กองไฟเป็นการถ่ายโอนความร้อน ถ้าสภาวะอากาศนิ่งการที่นั่งในแต่ละตำแหน่งได้รับความร้อนต่างกันยิ่งนั่งใกล้ก็จะร้อนกว่าคนนั่งไกล และบางส่วนกล่าวว่าถ้ามีลมพัดคนนั่งใต้ลมจะร้อนกว่านั่งเหนือลม ส่วนใหญ่นักศึกษาจะไม่กล่าวถึงการพาความร้อน (จำนวน 4 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือ บางคนกล่าวแต่เพียงว่าเพราะกองไฟเป็นการถ่ายโอนความร้อน ถ้าสภาวะอากาศนิ่งการที่นั่งในแต่ละตำแหน่งได้รับความร้อนต่างกันยิ่งนั่งใกล้ก็จะร้อนกว่าคนนั่งไกล ส่วนใหญ่นักศึกษาจะไม่กล่าวถึงทิศทางการนั่ง และไม่กล่าวถึงการพาความร้อน (จำนวน 4 คน)
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์นักศึกษากล่าวถึงเมื่อมีลมพัดคนนั่งทิศตรงข้ามลมจะได้รับความร้อนมากกว่านั่งฝั่งลมพัดมา และแนวคิดคลาดเคลื่อนคือนักศึกษากล่าวถึงในสภาวะที่อากาศนิ่งได้รับความร้อนเท่า ๆ กัน ซึ่งในความเป็นจริงนั้นความร้อนจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับระยะห่าง(จำนวน 1 คน) - แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ได้แก่นักศึกษากล่าวถึงระยะการนั่งรอบกองไฟถ้านั่งใกล้มากจะ	- นักศึกษาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์โดยนักศึกษากล่าวว่าเมื่อสภาวะอากาศนิ่งตำแหน่งการนั่งมีผล ยิ่งนั่งใกล้ยิ่งร้อน แต่นักศึกษามีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าเมื่อมีลมพัดตำแหน่งการนั่งไม่มีผลต่อความร้อน (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์โดยนักศึกษากล่าวว่าการพาความร้อนโดยมีสภาวะอากาศที่เป็นลม

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	ร้อนถ้านั่งไกลจะได้รับความร้อนน้อยกว่า ยิ่งถ้ามีลมพัดก็จะยิ่งร้อนมากขึ้น และแนวคิดคลาดเคลื่อนคือนักศึกษากล่าวถึงสภาวะอากาศที่มีลมพัดจะทำให้อากาศเย็นขึ้นโดยไม่ได้กล่าวถึงตำแหน่งที่นั่งตามทิศทางลม (จำนวน 1 คน)	พัดพาความร้อน แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสภาวะอากาศนิ่ง ตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟทำให้ความร้อนถ่ายเทได้ไม่ทั่วถึง และการนำความร้อนโดยมีไม้เป็นตัวนำทำให้ความร้อนถ่ายเท (จำนวน 1 คน)
	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าในสภาวะที่อากาศนิ่งตำแหน่งของการนั่งรอบกองไฟมีผล คือยิ่งนั่งใกล้ยิ่งทำให้ได้รับความร้อนมาก แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า ในสภาวะอากาศมีลมพัด ถ้านั่งไกลออกไปเท่าไหร่จะทำให้ได้รับลมมากขึ้น (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์โดยนักศึกษากล่าวว่าสภาวะอากาศมีลมพัดลมเป็นตัวกลางในการพัดความร้อนมาทำให้รู้สึกร้อน และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอากาศนิ่งทำให้ความร้อนเกิดการสมดุล (จำนวน 1 คน)
	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือสภาวะอากาศมีลมพัดทำให้ความร้อนเคลื่อนที่ แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสภาพวะอากาศมีลมพัดควรนั่งไกลกว่าสภาวะอากาศนิ่ง (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์โดยนักศึกษากล่าวว่าในสภาวะอากาศนิ่งทำให้พื้นที่รอบกองไฟมีอุณหภูมิคงที่ และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสภาวะอากาศมีลมพัดทำให้เกิดความอบอุ่นเล็กน้อย เนื่องจากลมทำให้อุณหภูมิของกองไฟเคลื่อนที่ไปมาและลมพาความร้อนมาหาตัวคน (จำนวน 1 คน)
	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือสภาวะอากาศมีลมพัดคนที่อยู่ทิศตรงข้ามลมจะได้รับความร้อนมากกว่าฝั่งลมพัดมา คนที่นั่งเหนือลมจะรู้สึกหนาว และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าในสภาวะอากาศนิ่งจะได้รับความร้อนเท่า ๆ กัน นั่งบริเวณใดก็ได้ (จำนวน 2 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์โดยนักศึกษากล่าวว่าตำแหน่งการนั่งคนนั่งใกล้จะรู้สึกร้อนกว่าคนนั่งไกล และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าถ้าสภาวะอากาศ

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
		มีลมพัดคนที่นั่งอยู่ระหว่างต้นลมและปลายลมก็จะรู้สึกอบอุ่นเพราะไม่ได้โดนลมและไฟมากเกินไป (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์โดยนักศึกษากล่าวว่าสภาวะอากาศมีลมพัดถ้าทิศการนั่งมีผลต่อความร้อนที่ได้รับ โดยนั่งด้านที่ลมมาจะไม่ร้อนเท่าด้านที่ใต้ลม นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าสภาวะอากาศนิ่งทุก ๆ ตำแหน่งก็จะได้ความร้อนที่เท่ากัน (จำนวน 1 คน)
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าโดยกล่าวถึงสภาวะมีลมทำให้ร่างกายไม่อบอุ่นกว่าสภาวะอากาศนิ่ง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าความร้อนของไฟแผ่กระจายไปได้ทั่วถึงควรนั่งกระจายไม่จับกลุ่มกัน ซึ่งนักศึกษาไม่ได้อธิบายตามประเด็นที่ถาม (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าตำแหน่งการนั่งขึ้นอยู่กับความต้องการของแต่ละบุคคล ซึ่งนักศึกษาไม่ได้อธิบายตามประเด็นที่ถาม (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าในสภาวะอากาศนิ่งจะทำให้ยิ่งร้อนมากขึ้น (จำนวน 1 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อน ว่าตำแหน่งการนั่งนานจะทำให้ร้อน ซึ่งนักศึกษาไม่ได้อธิบายตามประเด็นที่ถาม (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า สภาวะอากาศนิ่งจะไม่ก่อให้เกิดอันตราย สภาวะมีลมพัดทำให้ไฟลุกเร็วจะทำให้พัดไฟไปติดที่อื่น ซึ่งนักศึกษาไม่ได้อธิบายตามประเด็นที่ถาม(จำนวน 1 คน)	

4. แนวคิดการแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยมีหรือไม่ต้องอาศัยตัวกลาง

ผู้วิจัยทดสอบแนวคิดเรื่องการแผ่รังสีความร้อนโดยใช้คำถาม ซึ่งคำถามนี้จะใช้ทดสอบทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม ถ้านักศึกษานำเหล็กกล้าไปจ่อไฟจนร้อนเป็นสีส้ม ในห้องที่ปิดทึบ ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ จากสถานการณ์ข้างต้น ทำไมนักศึกษาถึงรู้สึกร้อนเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กกล้านั้น

แนวคำตอบ เหล็กกล้ามีการแผ่รังสีออกมา ทำให้เรารู้สึกร้อนทั้งที่ไม่ได้สัมผัสเหล็กกล้านั้น

จากการทดสอบแนวคิดเรื่องการแผ่รังสีความร้อนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ สามารถแสดงได้ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	5 (27.78)	5 (27.78)	5 (27.78)	3 (16.67)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	8 (44.44)	0 (0.00)	8 (44.44)	2 (11.11)	0 (0.00)

จากตาราง 13 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 รองลงมา คือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 ตามลำดับ และกลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 44.44และรองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 11.11 ตามลำดับ กลุ่มที่น้อยที่สุด คือ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

4.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

4.1.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 5 คน มีแนวคิดชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ กล่าวถึงว่าเหล็กที่จุดไฟจนเป็นสีส้มจะมีความร้อนสูงเมื่อเอามือไปใกล้จึงรู้สึกร้อน แต่นักศึกษาไม่กล่าวถึงการแผ่รังสีความร้อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 3 คำตอบ ดังนี้

> ...เพราะเหล็กที่จุดไฟร้อนจนเป็นสีส้มนั้นมีความร้อนสูง และภายในห้องที่ไม่มีอากาศถ่ายเทจึงให้ความรู้สึกร้อนเมื่อนำมือเข้าใกล้เหล็ก
>
> (เลขที่ 16)

...อุณหภูมิห้องปกติแล้ว พอเราเอาเหล็กกล้าที่มีความร้อนมาก ๆ เข้าไปในห้องที่ปิด จึงทำให้ไม่มีอากาศเข้าออก เลยทำความร้อนของเหล็กกล้ายังมีความร้อนอยู่ เพราะไม่มีอากาศถ่ายเท

(เลขที่ 18)

...แท่งเหล็กเมื่อมีความร้อนทั้งแท่งคือการเก็บความร้อนนั้นไว้เมื่อเย็นตัวลงก็จะคง เพราะเหล็กที่จุดไฟร้อนจนเป็นสีส้มนั้นมีความร้อนสูง และภายในห้องที่ไม่มีอากาศถ่ายเท จึงให้ความรู้สึกร้อนเมื่อนำมือเข้าใกล้เหล็ก

(เลขที่ 19)

4.1.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 5 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 1 กลุ่ม พบว่านักศึกษากล่าวถึงเหล็กสามารถถ่ายโอนความร้อนได้ดี แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าในห้องที่ไม่มีอากาศถ่านเทจึงทำให้เรารู้สึกร้อนดังนั้นเมื่อเอามือไปใกล้เหล็กที่ร้อนจึงรู้สึกร้อนมากขึ้น สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 3 คำตอบ ดังนี้

...เพราะนำเหล็กกล้าไปจุดไฟจนมีความร้อนแล้ว เหล็กกล้ามีความร้อนอยู่แล้วและในห้องที่ปิดทึบไม่มีลมเข้าไป อากาศไม่มีการไหลเวียนจึงทำให้ความร้อนเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม 1

(เลขที่ 1)

...เพราะห้องนั้นไม่มีอากาศถ่ายเทจึงทำให้เรารู้สึกร้อน ยิ่งเอามือเข้าไปใกล้เท่าไหร่ยิ่งร้อน

(เลขที่ 2)

...เพราะว่าในห้องที่ไม่มีอากาศไหลเวียนเลยอาจทำให้ความร้อนของเปลวไฟหรือความร้อนของเหล็กกล้าไม่ไหลเวียนออกไปไหนจึงทำให้เมื่อเอามือเข้าไปใกล้เหล็กจึงทำให้ร้อน

(เลขที่ 11)

4.1.3 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 5 คน สามารถแบ่งคำตอบได้ 2 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าในห้องไม่มีอากาศทำให้รู้สึกร้อนกว่าบริเวณที่มีอากาศ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...เพราะเหล็กถ้าได้จุดไฟจนเป็นสีส้มและบวกกับไม่มีอากาศ จึงทำให้ความร้อนนั้นยังคงอยู่ ร้อนมากหรือร้อนน้อยอยู่ที่ตัววัตถุ
>
> (เลขที่ 5)

> ...เมื่อในห้องไม่มีอากาศเราอาจรู้สึกร้อนได้ไวกว่าบริเวณที่มีอากาศเพราะเหล็กก็มีความร้อนสูงเช่นกัน
>
> (เลขที่ 7)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอากาศคงที่ และมีความร้อนของเหล็กกล้าที่เอาไปอุดไฟ จึงทำให้อากาศในห้องนั้นน้อยลงสามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...อากาศในห้องที่ปิดทึบมันคงที่อยู่แล้วซึ่งเราปรับตัวได้แต่พอมีเหล็กที่ติดไฟมาแล้วเราเอามือไปใกล้มือเราเมื่อโดนอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปก็ย่อมรู้สึกได้
>
> (เลขที่ 8)

> ...เพราะอากาศคงที่ และมีความร้อนของเหล็กกล้าที่เอาไปอุดไฟ จึงทำให้อากาศในห้องนั้นน้อยลงและยังทำให้ร้อน
>
> (เลขที่ 14)

4.2 ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

4.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) มีนักศึกษา จำนวน 8 คน ที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ นักศึกษาสามารถอธิบายว่าถ้าไม่มีอากาศในห้อง เราได้ความร้อนของเหล็กจากการแผ่รังสีความร้อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษา 5 คำตอบ ดังนี้

...เหล็กกล้ามีความร้อนและอยู่ในห้องที่ปิดทึบไม่มีการไหลเวียนของอากาศ เหล็กกล้าจึงแผ่รังสีความร้อนอยู่ในห้องที่ปิดทึบเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กกล้าจะรู้สึกร้อน 1

(เลขที่ 1)

...ที่เรารู้สึกร้อนเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ใกล้เหล็กกล้าเพราะว่าเกิดการแผ่รังสีความร้อนออกจากเหล็กและยิ่งเป็นห้องห้องที่ไม่มีการไหลเวียนของอากาศยิ่งทำให้เรารับรู้ถึงการแผ่รังสีความร้อนได้มากขึ้น

(เลขที่ 4)

...เพราะเหล็กกล้ามีความร้อนจนเป็นสีส้มจึงมีความร้อนที่มาก เมื่อร้อนมาก เหล็กกล้าจึงมีการแผ่รังสีความร้อนเกิดขึ้นจึงทำให้มือที่เข้าไปใกล้เหล็กกล้านั้นรู้สึกร้อนจากการแผ่รังสีของความร้อนที่อยู่ในเหล็กกล้า

(เลขที่ 10)

...เมื่อเหล็กกล้าเอาไปจุดไฟ ไฟเหล็กกล้าจะถูกเก็บความร้อนแล้วนำออกมาไม่มีอากาศให้เหล็กกล้านั้นได้ถูกอุณหภูมิ เหล็กจึงกลายเป็นเหมือนถ่านที่แผ่รังสีความร้อนออกมาแทน เมื่อเอามือเข้าไปใกล้จึงทำให้รู้สึกร้อน

(เลขที่ 14)

...เหล็กสามารถนำความร้อนได้เมื่อนำเหล็กไปจุดไฟจนเป็นสีส้มแสดงว่าเหล็กมีพลังงานความร้อนจำนวนมากในห้องที่ปิดทึบอากาศไม่ไหลเวียนการนำมือเข้าไปรู้สึกร้อนเมื่อเข้าไปใกล้หรือการแผ่รังสีความร้อนทำให้เหล็กที่มีความร้อนมากจึงทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อนออกมาจึงรู้สึกร้อน

(เลขที่ 20)

4.2.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 8 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือเหล็กเป็นโลหะมีการนำความร้อนได้ดี มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือ ห้องที่ปิดทึบเหล็กมีการดูดความร้อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...เพราะว่าเหล็กเป็นโลหะมีการนำความร้อนได้ดีและห้องที่ปิดทึบจะมืดสนิทจึงมีการดูดความร้อน
>
> (เลขที่ 3)

> ...เพราะเหล็กเป็นตัวนำความร้อนได้ดี เมื่อนำไปไว้ที่ปิดทึบจะยิ่งทำให้ดูดความร้อนได้ดีเช่นเปรียบเสมือนเหล็กเป็นดวงอาทิตย์ที่ร้อนแรงห้องปิดทึบ เปรียบเสมือนวัตถุสีดำ เพราะ วัสดุสีดำจะดูดความร้อนได้ดีกว่าวัสดุที่เป็นสีขาว เมื่อนำเหล็กกล้า ที่ร้อนไปไว้ในห้องปิดทึบจึงทำให้เกิดการดูดความร้อนเมื่อเอามือไปใกล้จึงรู้สึกถึงความร้อนและในห้องที่ปิดทึบไม่มีอากาศถ่ายเทความร้อนจึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนออกไปข้างนอกได้
>
> (เลขที่ 18)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือเหล็กมีการนำความร้อนได้ดี มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือ เกิดการถ่ายเทได้น้อยจึงทำให้เหล็กนั้นยังคงสภาพร้อนเดิมอยู่สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...เพราะห้องที่มืดทึบอาจจะ มีอากาศอยู่เล็กน้อยทำให้ถ่ายเทไม่มาก พอเราเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กกล้าแล้วยังรู้สึกว่าร้อนอยู่แสดงว่าเหล็กกล้านำความร้อนได้ดีเกิดการถ่ายเทได้น้อยจึงทำให้เหล็กนั้น ยังคงสภาพร้อนเดิมอยู่
>
> (เลขที่ 5)

> ...ในห้องที่มืดสนิท ไม่มีการไหลเวียนของอากาศทำให้เหล็กที่นำไปจุดไฟจนเหล็กนั้นร้อน ยังคงความร้อนอยู่เพราะว่าไม่มีอากาศไหลเวียนอุณหภูมิห้องคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กทำให้รู้สึกร้อน เหล็กที่ยังมีความร้อนอยู่
>
> (เลขที่ 16)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือไม่มีการไหลเวียนของอากาศเป็นอากาศที่นิ่ง มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือในห้องทึบไม่มีการไหลเวียนของอากาศเป็นอากาศที่นิ่ง ไม่มีลมพัดเข้ามารบกวนอุณหภูมิในห้องนั้นจะคงที่ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...เพราะนำเหล็กกล้า ไปจุดไฟในห้องที่ทึบ ไม่มีการไหลเวียนของอากาศเป็นอากาศที่นิ่ง ไม่มีลมพัดเข้ามารบกวนในอุณหภูมิในห้องนั้นเป็นอุณหภูมิที่คงที่ ทำให้เวลาเรารู้สึกร้อนเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กกล้า
>
> (เลขที่ 6)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือการที่เราเอาเหล็กไปจุดไฟจนร้อนเป็นสีส้มนั้นเหล็กจะมีความร้อนที่สูงมาก มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือในห้องทึบไม่มีอากาศถ่ายเทถ้าเราเอามือเข้าไปใกล้ก็จะรู้สึกร้อนได้เร็วกว่าในที่โล่ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...การที่เราเอาเหล็กไปจุดไฟจนร้อนเป็นสีส้มนั้นเหล็กจะมีความร้อนที่สูงมากและในห้องที่ปิดทึบไม่มีการไหลเวียนของอากาศจะทำให้เหล็กนั้นร้อนมากเพราะไม่มีอากาศถ่ายเท ถ้าเราเอามือเข้าไปใกล้ก็จะรู้สึกร้อนได้เร็วกว่าในที่โล่ง
>
> (เลขที่ 7)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือห้องไม่มีอากาศถ่ายเทจึงทำให้เมื่อเราเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กกล้าจึงทำให้ร้อน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือห้องที่มีลมพัดอากาศถ่ายเทก็จะทำให้ลมพัดพาความร้อนของเหล็กกล้าออกไปบ้างเมื่อเราเอามือเข้าไปใกล้ ๆ อาจจะเกิดความรู้สึกร้อนน้อยกว่าในห้องที่ไม่มีอากาศถ่ายเท สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...เพราะในห้องไม่มีอากาศถ่ายเทจึงทำให้เมื่อเราเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กกล้าจึงทำให้ร้อนซึ่งห้องไม่มีช่องที่ทำให้ลมพัดเข้ามาและถ้าเป็นห้องที่มีลมพัดอากาศถ่ายเทก็จะทำให้ลมพัดพาความร้อนของเหล็กกล้าออกไปบ้างเมื่อเราเอามือเข้าไปใกล้ ๆ อาจจะเกิดความรู้สึกร้อนน้อยกว่าในห้องที่ไม่มีอากาศถ่ายเท
>
> (เลขที่ 11)

กลุ่มที่ 6 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือการที่นำเหล็กกล้าไปจุดไฟร้อน แล้วปิดห้องมืดสนิท ไม่มีการไหลเวียนของอากาศทำให้เราจึงรู้สึกร้อนเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือ เหล็กกล้าในห้องปิดร้อนได้นานมากกว่าในห้องเปิดอากาศถ่ายเทสามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...การที่นำเหล็กกล้าไปจุดไฟร้อน แล้วปิดห้องมืดสนิท ไม่มีการไหลเวียนของอากาศทำให้เราจึงรู้สึกร้อนเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ ก็เพราะว่าไม่มีการถ่ายเทของอากาศ ให้ระบายความร้อนเลยจึงทำให้เหล็กกล้านั้นร้อนได้นานมากกว่าการที่เปิดห้องถ่ายเทอากาศ
>
> (เลขที่ 13)

4.2.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) มีนักศึกษา จำนวน 2 คน สามารถแบ่งคำตอบได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือเหล็กจะพาความร้อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาดังนี้

> ...เหล็กกล้ามีการพาความร้อนเมื่อมีความร้อนในตัวมาก ๆ แล้วไม่มีการไหลเวียนของอากาศ ความร้อนที่อยู่ในเหล็กกล้าจะไม่มีการคายความร้อนออก จึงทำให้ความร้อนนั้นอยู่ได้นาน และเมื่อนำมือเข้าไปใกล้ ๆ จะรู้สึกร้อนเพราะเหล็กจะพาความร้อนไปสู่มือของเรา
>
> (เลขที่ 15)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือการที่ไม่มีอากาศจึงทำให้เกิดความร้อนมากกว่าปกติ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาดังนี้

> ...เพราะว่าไม่มีอากาศทำให้เกิดความร้อนมากขึ้นกว่าปกติและไม่มีการถ่ายเทของอากาศ
>
> (เลขที่ 19)

4.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการแผ่รังสีความร้อนดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการแผ่รังสีความร้อน

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	ไม่มี	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายว่าถ้าไม่มีอากาศในห้องเราได้ความร้อนของเหล็กจากการแผ่รังสีความร้อน (จำนวน 8 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	- นักศึกษามีแนวคิดชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าเหล็กที่จุดไฟจนเป็นสีส้มจะมีความร้อนสูงเมื่อเอามือไปใกล้จึงรู้สึกร้อน แต่นักศึกษาไม่กล่าวถึงการแผ่รังสีความร้อน (จำนวน 5 คน)	ไม่มี
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือเหล็กสามารถถ่ายโอนความร้อนได้ดี แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าในห้องที่ไม่มีอากาศถ่านเทจึงทำให้เรารู้สึกร้อนดังนั้นเมื่อเอามือไปใกล้เหล็กที่ร้อนจึงรู้สึกร้อนมากขึ้น (จำนวน 5 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือเหล็กเป็นโลหะมีการนำความร้อนได้ดี แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือห้องที่ปิดทึบเหล็กมีการดูดความร้อน (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือเหล็กมีการนำความร้อนได้ดี แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือ เกิดการถ่ายเทได้น้อยจึงทำให้เหล็กนั้นยังคงสภาพร้อนเดิมอยู่ (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือไม่มีการไหลเวียนของอากาศเป็นอากาศที่นิ่ง แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
		คือในห้องทึบไม่มีการไหลเวียนของอากาศเป็นอากาศที่นิ่ง ไม่มีลมพัดเข้ามารบกวนอุณหภูมิในห้องนั้นเป็นอุณหภูมิที่คงที่ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือการที่เราเอาเหล็กไปจุดไฟจนร้อนเป็นสีส้มนั้นเหล็กจะมีความร้อนที่สูงมาก แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือในห้องทึบไม่มีอากาศถ่ายเทถ้าเราเอามือเข้าไปใกล้ก็จะรู้สึกร้อนได้เร็วกว่าในที่โล่ง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือห้องไม่มีอากาศถ่ายเทจึงทำให้เมื่อเราเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กกล้าจึงทำให้ร้อน แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือห้องที่มีลมพัดอากาศถ่ายเทก็จะทำให้ลมพัดพาความร้อนของเหล็กกล้าออกไปบ้างเมื่อเราเอามือเข้าไปใกล้ ๆ อาจจะเกิดความรู้สึกร้อนน้อยกว่าในห้องที่ไม่มีอากาศถ่ายเท (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือการที่นำเหล็กกล้าไปจุดไฟร้อน แล้วปิดห้องมืดสนิท ไม่มีการไหลเวียนของอากาศทำไห้เราจึงรู้สึกร้อนเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ แต่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือ เหล็กกล้าในห้องปิดร้อนได้นานมากกว่าในห้องเปิดอากาศถ่ายเท (จำนวน 1 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อน ว่าในห้องไม่มีอากาศทำให้รู้สึกร้อนกว่าบริเวณที่มีอากาศ (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอากาศคงที่ และมีความร้อนของเหล็กกล้าที่เอาไปอุดไฟ จึงทำให้อากาศในห้องนั้นน้อยลง(จำนวน 3 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือเหล็กจะพาความร้อน (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือการที่ไม่มีอากาศจึงทำให้เกิดความร้อนมากกว่าปกติ (จำนวน 1 คน)

5. แนวคิดเรื่องสมดุลความร้อน

ในเรื่องนี้ผู้วิจัยต้องการให้นักศึกษาเกิดแนวคิดว่าสมดุลความร้อน หมายถึง ภาวะที่สารที่มีอุณหภูมิต่างกันสัมผัสกัน และถ่ายโอนความร้อนจนกระทั่งสารทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน (และหยุดการถ่ายโอนความร้อน) เช่น การผสมน้ำร้อนกับน้ำเย็นเข้าด้วยกัน น้ำร้อนจะถ่ายโอนพลังงานความร้อนให้กับน้ำเย็น และเมื่อน้ำที่ผสมมีอุณหภูมิเท่ากัน การถ่ายโอนความร้อนจึงหยุดโดยให้นักศึกษาทำการทดลองเรื่องสมดุลความร้อนโดยทำการวัดอุณหภูมิของสารเมื่อนำสารที่มีอุณหภูมิต่างกันมาผสมกัน

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่องสมดุลความร้อน ของนักศึกษา ด้วยคำถาม โดยคำถามนี้จะถูกใช้ทดสอบแนวคิดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม ไส้กรอก 2 อัน มีมวลขนาดใหญ่และเล็กตามลำดับ ซึ่งทำจากวัตถุดิบชนิดเดียวกัน นำไส้กรอกทั้ง 2 ก้อน ไปอบที่อุณหภูมิเดียวกัน หลังจากนำไส้กรอกทั้งสองออกมาจากเตาอบ เมื่อปล่อยให้เวลาผ่านไปเรื่อย ๆ นักศึกษาคิดว่าสุดท้ายไส้กรอกทั้งสองก้อนมีอุณหภูมิเป็นอย่างไร จงให้เหตุผล

แนวคำตอบ ไส้กรอกก้อนใหญ่และไส้กรอกก้อนเล็กมีอุณหภูมิเท่ากัน ซึ่งอุณหภูมิของวัตถุไม่ได้ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ โดยเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิสุดท้ายของไส้กรอกทั้งสองก้อนมีค่าเท่ากัน เนื่องจากขนมปังทั้งสองต่างก็อยู่ในสมดุลความร้อนกับอุณหภูมิของห้อง

จากการทดสอบแนวคิดเรื่องสมดุลความร้อนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ได้ผลการทดลองดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง สมดุลความร้อน

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	3 (16.67)	4 (22.22)	3 (16.67)	5 (27.78)	3 (16.67)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	6 (33.33)	2 (11.11)	7 (38.89)	3 (16.67)	0 (0.00)

จากตาราง 15 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 22.22 ลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 38.89 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 33.33 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 11.11 ตามลำดับ และกลุ่มที่น้อยที่สุดคือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00 โดยคำตอบแสดงแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

5.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

5.1.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) มีนักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์โดยนักศึกษากล่าวว่าอุณหภูมิสุดท้ายจะเท่ากันและมีอุณภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องปกติ สามารถแสดงคำตอบได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...อุณหภูมิเท่ากัน เพราะขนาดของวัตถุไม่มีผลต่ออุณหภูมิการที่อุณหภูมิเดียวกันแล้วนำออกมาวางไว้เวลาผ่านไปไส้กรอกก็จะกลายเป็นอุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิปกติเช่นเดิม
>
> (เลขที่ 8)

...ไส้กรอกมีอุณหภูมิลดลง เพราะอุณหภูมิที่อยู่ในเตาอบกับอุณหภูมิห้องไม่เท่ากัน อุณหภูมิในเตาอบสูงกว่า จนสามารถทำให้ไส้กรอกนั้นสุกได้ต้องมีอุณหภูมิสูงมาก ส่วนอุณหภูมิห้องเป็นอุณหภูมิปกติ เมื่อนำไส้กรอกออกมาจะมีอุณหภูมิลดลงจากเดิมไปมาก สุดท้ายไส้กรอกจะมีอุณหภูมิลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไปจนเป็นอุณหภูมิปกติ

(เลขที่ 18)

5.1.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) มีนักศึกษา จำนวน 4 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษากล่าวว่าสุดท้ายอุณหภูมิไส้กรอกจะเท่ากันและเท่ากับอุณหภูมิห้อง แต่นักศึกษาไม่กล่าวถึงสภาวะสมดุลความร้อนที่เป็นสาเหตุให้อุณหภูมิเท่ากัน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 3 คำตอบ ดังนี้

...เมื่อปล่อยให้เวลาผ่านไปเรื่อย ๆ ไส้กรอกจะค่อย ๆ ลดอุณหภูมิ เพราะอากาศภายนอกเย็นกว่าเตาอบ จึงทำให้ไส้กรอกลดอุณหภูมิตามอุณหภูมิอากาศ

(เลขที่ 2)

...จากอุณหภูมิที่เอาออกมาจากเตาอบที่มีอุณหภูมิสูง เมื่อปล่อยไว้อุณหภูมิจะลดลง จนเหลือเป็นอุณหภูมิห้อง 25°C

(เลขที่ 3)

...จะมีอุณหภูมิที่เย็นลงจนสุดท้ายอุณหภูมิจะเท่ากันกับอุณหภูมิอากาศ

(เลขที่ 15)

5.1.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) มีนักศึกษา จำนวน 3 คน ที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คืออุณหภูมิไส้กรอกค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนคือนักศึกษาเข้าใจว่ามวลต่างกันและความหนาแน่นต่างกันส่งผลต่ออุณหภูมิเร็วหรือช้า นักศึกษาไม่สามารถบอกได้ว่าอุณหภูมิสุดท้ายต้องมีค่าเท่ากับอุณหภูมิห้อง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...ไส้กรอกขนาดเล็กจะเย็นตัวเร็วกว่าเ พราะว่าไส้กรอกอันเล็กมีมวลน้อยกว่า ไส้กรอกอันใหญ่จะเย็นตัวช้ากว่าเพราะว่าไส้กรอกอันใหญ่มีมวลมากกว่าไส้กรอกอันเล็ก

(เลขที่ 14)

...ไส้กรอกอันเล็กอุณหภูมิเย็นเร็วกว่าไส้กรอกอันใหญ่เพราะไส้กรอกทั้ง 2 มีขนาดที่แตกต่างกันและความหนาแน่นในตัวไส้กรอกจะต่างกัน

(เลขที่ 19)

5.1.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) มีนักศึกษา จำนวน 5 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบนักศึกษาได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 4 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไส้กรอก 2 อันมีขนาดต่างกัน มวลต่างกันส่งผลให้การคายความร้อนต่างกัน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...ไส้กรอกทั้ง 2 อัน มีมวลขนาดที่แตกต่างกัน ไส้กรอกอันเล็กจะสุกเร็วกว่าไส้กรอกอันใหญ่อาจสุกช้ากว่าเพราะมีความหนาแน่นมากกว่า เมื่อเอาออกจากเตาอบแล้วปล่อยไว้ไส้กรอกทั้ง 2 อันก็ยังคงมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันเพราะ 1 อัน เล็กและบางกว่าส่วนอัน 1 ใหญ่และหนากว่า

(เลขที่ 7)

...ไส้กรอกที่มีขนาดใหญ่กว่าอุณหภูมิของไส้กรอกนั้นจะลดลง และขนาดที่ใหญ่จะค่อย ๆ ลดลง เพราะไส้กรอกใหญ่เมื่ออบก็จะพองตัวขึ้นอีก จึงทำให้คายความร้อนได้เร็วมีขนาดที่ใหญ่และพอง แต่ไส้กรอกเล็กจะมีอุณหภูมิที่ลดลงช้ากว่า ไส้กรอกเล็กมีความหนาแน่นทำให้คายความร้อนออกมาได้ช้ากว่า

(เลขที่ 16)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไส้กรอกทั้ง 2 ชิ้นจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นเพราะว่าภายนอกมีอุณหภูมิที่ไม่ร้อนเท่าเตาอบ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...ไส้กรอกทั้ง 2 ชิ้น จะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นเพราะว่าภายนอกมีอุณหภูมิที่ไม่ร้อนเท่าเตาอบ

(เลขที่ 13)

5.2 ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

5.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) มีนักศึกษา จำนวน 6 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และนักศึกษาสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปจะมีการปรับอุณหภูมิให้เท่ากับสภาพอากาศนั้น ๆ และคายความร้อนออกจนมีอุณหภูมิความสมดุลกับอุณหภูมิห้อง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 4 คำตอบ ดังนี้

...สุดท้ายไส้กรอกทั้ง 2 ก้อนจะมีอุณหภูมิเท่ากันสามารถเชื่อมโยงเข้ากับหลักการสมดุลความร้อนสมดุลความร้อนคือเมื่อสารทั้งสองสัมผัสกันจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนทำให้สารทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันเมื่อการถ่ายโอนความร้อนหยุด

(เลขที่ 3)

...เมื่อนำเอาไส้กรอกออกจากเตาอบเมื่อปล่อยให้ไส้กรอกผ่านไปสุดท้ายไส้กรอกทั้ง 2 อันจะมีอุณหภูมิเท่ากันซึ่งจะเกิดสมดุลความร้อนเพราะไส้กรอกจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนให้กันและทำให้อุณหภูมิของไส้กรอกทั้ง 2 อันเท่ากันและลักษณะของไส้กรอกจะเหี่ยวเมื่อไส้กรอกคายความร้อนออกไปหมดแล้วไส้กรอกที่มีขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการคายความร้อนมากกว่าไส้กรอกที่มีขนาดเล็ก

(เลขที่ 11)

...เมื่อนำไส้กรอก 2 อันที่มีขนาดใหญ่เล็กตามลำดับเอาไปอบที่อุณหภูมิเดียวกันแล้วนำไส้กรอกทั้งสองออกจากเตาอบเมื่อเวลาผ่านไปพบว่าไส้กรอกทั้ง 2 อันมีอุณหภูมิเท่ากันเพราะว่าวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงเมื่อนำมาอยู่ กับวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแล้วมาอยู่ด้วยกันจะทำให้วัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันเรียกว่าสมดุลความร้อน

(เลขที่ 18)

...เมื่อนำไส้กรอกวางไว้เวลาผ่านไปความร้อนในไส้กรอกทั้งสองจะค่อย ๆ ลดลง เรียกว่าการถ่ายโอนความร้อนจนอุณหภูมิคงที่หรือเรียกว่าสมดุลความร้อนสสารที่มีความร้อนเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิต่างกันจะทำให้การถ่ายโอนความร้อนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำจนทำให้เกิดสมดุลของอุณหภูมิ

(เลขที่ 20)

5.2.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) มีนักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าขนาดไส้กรอกต่างกัน เมื่อทิ้งไว้ในเวลาเท่ากันพบว่าไส้กรอกขนาดใหญ่ยังอุ่นกว่าไส้กรอกขนาดเล็ก เพราะสามารถกักเก็บความร้อนได้ดีกว่า แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงการถ่ายโอนความร้อนเรื่องสมดุลความร้อน สามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ดังนี้

...เนื่องจากไส้กรอกมีมวลและขนาดไม่เท่ากันการเก็บความร้อนจึงไม่เท่ากันเมื่อนำออกมาจากเตาอบแล้วทิ้งไว้ไปเรื่อย ๆ ไส้กรอกที่มีขนาดและมวลที่ใหญ่กว่าไส้กรอกที่มีมวลและขนาดที่เล็ก จะสมารถเก็บความร้อนไว้ได้นานกว่าเพราะความร้อนที่อยู่ในไส้กรอกขนาดใหญ่จะมีพื้นที่เก็บความร้อนได้มากกว่าไส้กรอกที่มีขนาดเล็ก เมื่อทิ้งไว้เรื่อย ๆ ในเวลาที่นานเท่ากันไส้กรอกที่มีขนาดใหญ่ก็จะมีความอุ่นอยู่แต่ไส้กรอกขนาดเล็กจะเย็นหรืออุ่นน้อยกว่าไส้กรอกขนาดใหญ่

(เลขที่ 10)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าขนาดไส้ไม่มีผลต่ออุณหภูมิ แน่จะทำให้สุกเร็วหรือช้าเท่านั้น แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงการถ่ายโอนความร้อนเรื่องสมดุลความร้อน สามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ดังนี้

...ไส้กรอกทั้ง 2 อัน อาจจะมีอุณหภูมิที่เท่ากัน เพราะทำมาจากวัตถุดิบขนิดเดียวกัน อุณหภูมิเดียวกัน ไม่เกี่ยวกับมวลขนาดใหญ่ หรือขนาดเล็ก แต่ไส้กรอกขนาดเล็กอาจจะสุกง่ายกว่าไส้กรอก ที่มีขนาดใหญ่

(เลขที่ 13)

5.2.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 7 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าเมื่อเวลาผ่านไปไส้กรอกใหญ่จะเย็นช้ากว่าไส้กรอกเล็กเพราะเก็บความร้อนได้มากกว่า แต่นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเมื่อเวลาผ่านไปไส้กรอกขนาดต่างกันมีการดูดและคายความร้อนต่างกัน โดยไส้กรอกขนาดเล็กจะคายความร้อนได้ดีกว่าขนาดใหญ่ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 4 คำตอบ ดังนี้

...มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันไส้กรอกที่มีขนาดใหญ่เมื่อโดนความร้อนเข้าไปจะสามารถเก็บความร้อนได้ดีกว่าไส้กรอกที่มีขนาดเล็กเพราะเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ ไส้กรอกที่มีขนาดเล็กจะคายความร้อนออกมาซึ่งไส้กรอกที่มีขนาดใหญ่กว่าก็จะคายความร้อนออกมาเช่นกันแต่มีขนาดใหญ่กว่าความร้อนจึงมีมากกว่าซึ่งทำให้ไส้กรอกทั้ง 2 อันมีอุณหภูมิต่างกัน มวลจึงมีผลต่อการคายการถ่ายโอนพลังงานความร้อน

(เลขที่ 1)

...อันใหญ่ จะยังมีความร้อนอยู่ด้านในอาจจะไม่ร้อนแต่ยังคงอุ่น ๆ ของด้านใน ข้างนอกเย็นข้างในอุ่น ๆ จึงทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันและเมื่อเวลาผ่านไปอีกสักครู่ไส้กรอกอันใหญ่จะไม่มีความร้อนเหลืออยู่ อันเล็กจะไม่มีความร้อนเพราะเกิดการถ่ายเทความร้อนออกมาหมดเพราะมีที่เก็บความร้อนค่อนข้างน้อยจึงทำให้อุณหภูมิไม่เหลือความร้อนดังนั้นไส้กรอกอันเล็กและใหญ่จึงมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

(เลขที่ 5)

...การที่ทำไส้กรอกไปอบนั้นไส้กรอกจะได้รับความร้อนทั้งคู่หลังจากที่นำไปอบแล้วเอาออกมาแล้วปล่อยไว้ไส้กรอกจะคายความร้อนแต่ทั้งสองมีมวลขนาดที่แตกต่างกันจะคายความร้อนได้ช้าหรือเร็วก็ขึ้นอยู่กับขนาดของไส้กรอกทั้งสอง

(เลขที่ 7)

...เพราะขนาดของไส้กรอกนั้นถ้ามีขนาดใหญ่จะเกิดการดูดและคายความร้อนได้ช้าถ้ามีขนาดของไส้กรอกที่มีขนาดเล็กกว่าจะเกิดการดูดและคายความร้อนได้เร็วกว่าและอุณหภูมิก็จะแตกต่างกัน

(เลขที่ 17)

5.2.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไส้กรอกใหญ่ถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าไส้กรอกเล็ก สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 3 คำตอบ ดังนี้

> ...เมื่อปล่อยให้เวลาผ่านไปเรื่อย ๆ อุณหภูมิของไส้กรอกทั้งสองก้อนจะมีอุณหภูมิที่ต่างกันโดยที่ไส้กรอกขนาดใหญ่จะมี จะมีอุณหภูมิสูงกว่าไส้กรอกอันเล็กเพราะว่าไส้กรอกอันใหญ่มีพื้นที่มากกว่าและน่าจะเก็บอุณหภูมิได้ดีกว่าไส้กรอกอันเล็กถ้าเราต้องการทำให้ไส้กรอกอันใหญ่เย็นเร็วเราต้องตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือใช้มีดกรีดเพื่อช่วยระบายความร้อน
>
> (เลขที่ 4)

> ...ไส้กรอก 2 อันที่มีมวลขนาดต่างกันแต่นำไปอยู่ในอุณหภูมิเดียวเพื่อให้เวลาผ่านไป อุณหภูมิของไส้กรอกที่มีขนาดใหญ่เมื่อนำไปอบจะมีการพองตัวมากกว่าไส้กรอกเล็กเมื่อเวลาผ่านไป ไส้กรอกที่ใหญ่จะมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เย็นตัว ไส้กรอกใหญ่ถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าไส้กรอกเล็ก ไส้กรอกเล็กจะมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เย็นตัว ช้ากว่าไส้กรอกใหญ่ไส้กรอกที่เล็กเมื่อนำไปอบจะเกิดการพองตัวน้อยกว่าไส้กรอกใหญ่และถ่ายเทความร้อนได้ช้าเมื่อพองตัวน้อย
>
> (เลขที่ 16)

> ...อุณหภูมิต่างกันเพราะมีมวลของใส้กรอก2ชนิด ต่างกันใส้กรอกที่มีขนาดใหญ่อุณหภูมิของไส้กรอกก็ยังร้อนหรืออุ่น ๆ กว่าไส้กรอกขนาดเล็กมีความหนาแน่นที่ต่างกันจึงทำให้อุณหภูมิในไส้กรอกต่างไปด้วย
>
> (เลขที่ 19)

5.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลความร้อนดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องสมดุลความร้อน

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์โดยนักศึกษากล่าวว่าอุณหภูมิสุดท้ายจะเท่ากันและมีอุณภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องปกติ (จำนวน 3 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเมื่อเวลาผ่านไปจะมีการปรับอุณหภูมิให้เท่ากับสภาพอากาศนั้น ๆ และคายความร้อนออกจนมีความสมดุลอุณหภูมิของห้อง (จำนวน 6 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษากล่าวว่าสุดท้ายอุณหภูมิไส้กรอกจะเท่ากันและเท่ากับอุณหภูมิห้อง แต่นักศึกษาไม่กล่าวถึงสภาวะสมดุลความร้อนที่เป็นสาเหตุให้อุณหภูมิเท่ากัน (จำนวน 4 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าขนาดไส้กรอกต่างกัน เมื่อทิ้งไว้ในเวลาเท่ากันพบว่าไส้กรอกขนาดใหญ่ยังอุ่นกว่าไส้กรอกขนาดเล็กเพราะสามารถกักเก็บความร้อนได้ดีกว่า แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงการถ่ายโอนความร้อนเรื่องสมดุลความร้อน (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าขนาดไส้ไม่มีผลต่ออุณหภูมิ แน่จะทำให้สุกเร็วหรือช้าเท่านั้น แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงการถ่ายโอนความร้อนเรื่องสมดุลความร้อน (จำนวน 1 คน)
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คืออุณหภูมิไส้กรอกค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนคือนักศึกษา	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยนักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าเมื่อเวลาผ่านไปไส้กรอกใหญ่จะเย็นช้ากว่าไส้กรอกเล็กเพราะเก็บความร้อนได้มากกว่า แต่นักศึกษามีแนวคิด

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	เข้าใจว่ามวลต่างกันและความหนาแน่นต่างกันส่งผลต่ออุณหภูมิเร็วหรือช้า นักศึกษาไม่สามารถบอกได้ว่าอุณหภูมิสุดท้ายต้องมีค่าเท่ากับอุณหภูมิห้อง (จำนวน 3 คน)	คลาดเคลื่อนว่าเมื่อเวลาผ่านไปไส้กรอกขนาดต่างกันมีการดูดและคายความร้อนต่างกัน โดยไส้กรอกขนาดเล็กจะคายความร้อนได้ดีกว่าขนาดใหญ่ (จำนวน 7 คน)
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไส้กรอก 2 อันมีขนาดต่างกัน มวลต่างกันส่งผลให้การคายความร้อนต่างกัน (จำนวน 4 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไส้กรอกทั้ง 2 ชิ้น จะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นเพราะว่าภายนอกมีอุณหภูมิที่ไม่ร้อนเท่าเตาอบ (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าไส้กรอกใหญ่ถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าไส้กรอกเล็ก (จำนวน 3 คน)

6. แนวคิดแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

ผู้วิจัยทดสอบแนวคิดเรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ด้วยคำถาม โดยคำถามนี้จะถูกใช้ทดสอบทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม จงยกตัวอย่างปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใดที่แสดงให้เห็นว่าแสงมีลักษณะเป็นเส้นตรง จงให้เหตุผล

แนวคำตอบ 1. ลำแสงจากกระบอกปืนเลเซอร์ ถ้าแสงเลเซอร์ผ่านฝุ่นหรือหมอกจะเห็นแสงเลเซอร์เป็นลำแสงเส้นตรง

2. การเกิดเงา เมื่อมีแสงตกกระทบที่วัตถุจะทำให้เกิดเงา

3. การนำแสงมาส่องผ่านรูเล็ก ๆ 2 จุด แสงส่องผ่านช่องเล็ก ๆ จะทำให้เห็นระนาบการตกกระทบทำมุมตั้งฉากกับฉากรับภาพ

ฯลฯ

จากการทดสอบแนวคิดเรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรงก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ได้ผลการทดลองดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง แสงเดินทางเป็นเส้นตรง

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4 (22.22)	5 (27.78)	3 (16.67)	3 (16.67)	3 (16.67)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	9 (50.00)	4 (22.22)	3 (16.67)	2 (11.11)	0 (0.00)

จากตาราง 17 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 ตามลำดับ และกลุ่มที่น้อยที่สุดคือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 11.11 ตามลำดับ และกลุ่มที่น้อยที่สุดคือกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00 โดยคำตอบแสดงแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

6.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

6.1.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) มีนักศึกษา จำนวน 4 คนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักศึกษากล่าวว่าเมื่อนำไฟฉายมาส่องในเวลากลางคืน จะเห็นลำแสงเป็นเส้นตรง สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบได้ 3 คำตอบ ดังนี้

...เหตุการณ์ที่แสดงให้เห็นว่าแสงมีลักษณะเป็นเส้นตรงก็เหมือนตอนเราเปิดไฟฉาย เมื่อเราหันไฟฉายไปทางไหนก็จะเห็นแสงไฟที่ส่องไปนั้นเป็นเส้นตรง

(เลขที่ 7)

...ส่องไฟฉายไปในอากาศที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็กในเวลากลางคืนหรือในอากาศมีหมอกจะเห็นแสงเดินทางเป็นเส้นตรงโดยมีจุดกำเนิดแสงคือกระบอกไฟฉาย จุดเทียนตั้งไว้นำวัตถุมา กั้นระหว่างเทียนและฉากรับแสงเงาที่เกิดจะมีลักษณะเดียวกันกับวัตถุบนฉากรับแสง

(เลขที่ 20)

...การนำไฟฉายส่องไปยังกำแพงแล้วนำแผงกั้นที่เจาะรูมากั้นไว้จะทำให้เห็นว่าแสงสามารถส่องผ่านแผ่นกั้นนั้นได้โดยผ่านตรงรูที่เจาะไว้และสังเกตได้ว่าแสงที่ผ่านไปนั้นจะเป็นเส้นตรง

(เลขที่ 15)

6.1.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) มีนักศึกษา จำนวน 5 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่ม 1 นักศึกษา จำนวน 4 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ อธิบายถึงตัวอย่างการส่องไฟฉายส่องผ่านฝุ่นละออง แต่ไม่ได้อธิบายครอบคลุมการว่าทำไมปรากฏการณ์นั้นถึงแสดงว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...การที่เอาไฟฉายมาส่องผ่านช่องเล็ก ๆ ในที่มืดจะสามารถเห็นแสงที่พุ่งออกมาเป็นเส้นตรง แต่ถ้าถ้าเป็นแสงไฟหรือหลอดไฟที่ส่องผ่านจากรูเล็กจะเกิดการหักเหของแสง จะมีลักษณะที่เป็นเส้นตรงแต่จะเฉียงหรือหักเห

(เลขที่ 18)

หลอดไฟจากบนห้องเมื่อเปิดไฟ ไฟจะส่องลงมาถ้าเอาอะไรมาบังไฟบริเวณใดบริเวณหนึ่งก็จะเกิดเงา

(เลขที่ 10)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าแสงอาทิตย์ผ่านฝุ่นละออง ทำให้สามารถเห็นลำแสงเป็นเส้นตรง แต่ไม่ได้อธิบายครอบคลุมการว่าทำไมปรากฏการณ์นั้นถึงแสดงว่าเป็นแสงเดินทางเป็นเส้นตรง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...การรั่วของหลังคาบ้าน เพราะว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านรูหลังคาบ้านถึงทำให้เห็นว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ แสงที่ผ่านรูหลังคาบ้านนั้นก็จะเป็นไปตามพระอาทิตย์

(เลขที่ 14)

6.1.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถแบ่งกลุ่ม 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงแดดที่ส่องผ่านหน้าต่างหรือน้ำก็ยังมีแสงมาจากทางเดิม และแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงแดดที่ส่งผ่านหน้าต่างแสงมาจากทางเดิมหรืออาจเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในความเป็นจริงการเดินทางเป็นเส้นตรงของแสงไม่ได้เปลี่ยนแปลง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...แสงแดดที่ส่องผ่านหน้าต่างหรือน้ำก็ยังมีแสงมาจากทางเดิมอาจเปลี่ยนแปลงไปบ้างแต่ก็ทำให้รู้ได้ว่าแสงเป็นเส้นตรงเพราะว่าแสงไม่ได้เลี้ยวหลบหน้าต่างแต่แสงทะลุหน้าต่างเข้ามา

(เลขที่ 8)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าปรากฏการณ์ที่แสงส่องผ่านช่องว่างของก้อนเมฆทำให้เราเห็นแสงส่องลงมาเป็นเส้น ๆ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงกระทบกระจกและแสงไปกระทบใบไม้ตรงกันข้ามทำให้ใบไม้ไหม้ ซึ่งในปรากฏการณ์ใบไม้ไหม้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับแสงเดินทางเป็นเส้นตรง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...เหตุการณ์ที่แสงส่องผ่านช่องว่างของก้อนเมฆทำให้เราเห็นแสงส่องลงมาเป็นเส้น ๆ การที่แสงกระทบกระจกแล้วเกิดแสงไปกระทบกับใบไม้หรือต้นไม้ตรงกันข้ามทำให้ใบไม้ไหม้

(เลขที่ 11)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าการส่องไฟฉาย ยิงเลเซอร์ ไฟจากหน้ารถยนต์ ไฟที่อยู่ตามเวที ไฟจากโปรเจคเตอร์ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า ปรากฏการณ์ฝนดาวตก ซึ่งในปรากฏการณ์ฝนดาวตกไม่สามารถอธิบายเรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรงได้ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...การส่องไฟฉาย ยิงเลเซอร์ ปรากฏการณ์ฝนดาวตก ไฟจากหน้ารถยนต์ ไฟที่อยู่ตามเวที ไฟจากโปรเจคเตอร์

(เลขที่ 19)

6.1.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนสามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าปรากฏการณ์ฝนดาวตกสามารถอธิบายว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ไม่ถูกต้องเพราะปรากฏการณ์ฝนดาวตกเป็นเพียงการตกของอุกกาบาตและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศของโลกเกิดการเผาไหม้ทำให้เห็นลำแสงเป็นเส้นตรง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...ปรากฏการณ์ฝนดาวตก

(เลขที่ 1)

...ฝนดาวตก

(เลขที่ 16)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า พระอาทิตย์และกระจก สามารถอธิบายว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ซึ่งไม่ถูกต้อง เพราะนักศึกษาไม่สามารถอธิบายว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงอย่างไร สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...พระอาทิตย์+กระจก

(เลขที่ 5)

6.2 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

6.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) นักศึกษา จำนวน 9 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ นักศึกษาสามารถอธิยายปรากฏการณ์แสงเดินทางเป็นเส้นตรงได้อย่างชัดเจน สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่าแสงส่งผ่านฝุ่นละออง หรือผ่านช่องเล็กทำให้เห็นเป็นลำแสงเป็นเส้นตรง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 3 คำตอบ ดังนี้

> ...เหตุการณ์ที่แสดงให้เห็นว่านำแสงมีลักษณะเป็นเส้นตรงได้แก่หนึ่งแสงส่องผ่านฝุ่นละอองและมีลักษณะเป็นเส้นตรง 2 เมื่อนำเลเซอร์ส่องผ่านน้ำแสนจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 3 นำเลเซอร์ส่องผ่านรูในกล่องที่เป็นวัตถุทึบแสง
>
> (เลขที่ 3)

> ...หลังจากที่ฝนตกเมื่อเมฆเริ่มแยกตัวกันจนเห็นแสงดวงอาทิตย์รอดผ่านช่องว่างระหว่างก้อนเมฆเราจะเห็นแสงเป็นเส้นตรง หรือแสงของเลเซอร์เมื่อเรายิงเลเซอร์ไปเราก็จะเห็นว่าแสงเลเซอร์เดินทางเป็นเส้นตรงถ้ามีฝุ่นหรือควันเราจะยิ่งมองเห็นการเดินทางของแสงชัดขึ้น
>
> (เลขที่ 4)

> ...การเจาะรูและนำไฟฉายส่องผ่านดูเพราะแสงจะมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางแสงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมาโลก
>
> (เลขที่ 18)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเมื่อเราใช้แหล่งกำเนิดแสงเช่นไฟฉาย หรือแสงเลเซอร์ หรือจากเครื่องสายโปรเจคเตอร์ สิ่งที่เกิดขึ้นคือแสงจะเดินทางไปกระทบวัตถุตามที่ทิศทางที่เราส่องไฟฉาย สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...การที่เราส่องไฟฉายไปยังจุดใดจุดหนึ่งแสงก็จะไปกระทบกับวัตถุนั้น ๆ เพราะเราได้กำหนดเอง ถ้าเราจะส่องไปทางไหนแสงก็จะตรงไปกระทบกับสิ่งของนั้น ๆ ที่เราส่องไป
>
> (เลขที่ 7)

...เมื่อเราฉายเลเซอร์ผ่านตัวกลางโปร่งใสชนิดเดียวจะเห็นว่าแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง

(เลขที่ 2)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่าแสงที่ตกกระทบวัตถุทำให้เกิดเงาในทิศตรงกันข้ามกับแหล่งกำเนิดแสง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...การเกิดเงาจากจุดกำเนิดแสงคือไฟฉายเมื่อนำวัตถุไปวางต้านทานเดินของแสงจะมีฉากรับแสงเงาที่เกิดบนชายจะเป็นเงาตามวัตถุที่วางกั้น แสดงว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงเพราะฉันไม่สามารถเดินทางอ้อมวัตถุที่ขวางการได้จึงเกิดเงาบนฉาก

(เลขที่ 20)

...การเดินกลางแดดเพราะตอนเดินอยู่กลางแดดทำให้เห็นเงาตกกระทบของตัวเราเองโดยพระอาทิตย์สองจากทิศไหนเราตกกระทบของเราจะตกอยู่ตรงข้ามที่แสงของดวงอาทิตย์ที่สองมา

(เลขที่ 14)

6.2.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 4 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่แสดงว่าแสงเป็นเส้นตรงได้ เช่นแสงจากดวงอาทิตย์ แสงจากเลเซอร์ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบดังนี้

...การที่เมฆเข้าปกคลุมดวงอาทิตย์แล้วเกิดช่องว่างที่สามารถทำให้แสงส่องผ่านออกมาได้จะทำให้เราเห็นว่าแสงจะส่องผ่านออกมาเป็นเส้นตรงเป็นเส้น ๆ การทดลองการสะท้อนของแสงเมื่อเราส่องแสงไปยังวัตถุและแสงสะท้อนออกเป็นเส้นตรงทำให้เราสังเกตได้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

(เลขที่ 11)

...เช่นการส่องเลเซอร์ ใส่กระจกแล้วสะท้อนไปยังฉากรับแสงทำให้เห็นว่ามุมตกกระทบและมุมสะท้อนจะมีค่าเท่ากันเราจึงรู้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

(เลขที่ 15)

6.2.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถแบ่งได้ กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์มีลักษณะเป็นเส้นตรง และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าปรากฏการณ์ฝนดาวตกเป็นปรากฏการณ์ที่แสดงว่าแสงเป็นเส้นตรง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...แสงที่ส่องลงมาจากดวงอาทิตย์แสงที่ส่องลงมาจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงไม่คดไม่งอถ้าไม่ผ่านสิ่งของ ลำแสงที่ส่องลงมาจากดวงอาทิตย์ก็จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงปรากฏการณ์ฝนดาวตกแสงที่เราเห็นจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงลงมาไม่คดไม่งอ

(เลขที่ 1)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงส่องผ่านหน้าต่างที่เป็นกระจกได้ และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงไม่มีการเลี้ยวผ่านกระจกหรือเลี้ยวผ่านวัตถุทึบแสง

...เมื่อแสงส่องผ่านหน้าต่างที่เป็นกระจกพบว่าแสงส่องผ่านกระจกเหมือนเดิมไม่มีการเลี้ยวผ่านกระจกหรือเลี้ยวผ่านวัตถุทึบแสงแต่อย่างใด

(เลขที่ 8)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำเป็นปรากฏการณ์ที่แสงเดินผ่านตัวกลางที่เป็นหยดน้ำและเกิดการหักเหแสง และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงเป็นเส้นตรงในปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำเกิดจากการสะท้อนแสง สามารถแสดงคำตอบดังนี้

...ปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นหยดน้ำแสงเกิดการหักเหของแสงตามหยดน้ำและเกิดเป็นรุ้งกินน้ำเนื่องจากหากแสงไม่เดินทางในเส้นตรงแล้วสะท้อนแสงจะไม่มีการสะท้อนและเหตุการณ์ที่เราเปิดไฟฉายแสงของไฟฉายก็เป็นเส้นตรง

(เลขที่ 17)

6.2.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงมีลักษณะเป็นเส้นตรง สามารถแบ่งคำตอบเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 คือ นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการมองเห็นแสงตกกระทบวัตถุต่าง ๆ สามารถอธิบายได้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง สามารถแสดงคำตอบได้ดังนี้

...การใช้ชีวิตประจำวันเราก็สามารถเห็นและรับรู้ได้ว่า แสงมีลักษณะเป็นเส้นตรง คือ การที่เราตื่นเช้ามาเห็นแสงแดดที่เราส่องต้นไม้หรือส่องวัตถุต่าง ๆ เราก็รู้แล้วว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

(เลขที่ 6)

กลุ่มที่ 2 คือ นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำ แสงส่องมากระทบกับน้ำทำให้เกิดรุ้งกินน้ำ ซึ่งแสงกระทบน้ำนั้นไม่สามารถอธิบายได้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง สามารถแสดงคำตอบได้ดังนี้

...ปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำที่แสงส่องมากระทบกับน้ำทำให้เกิดรุ่งขึ้นมา

(เลขที่ 13)

6.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรงดังตาราง 18

ตาราง 18 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักศึกษากล่าวว่าเมื่อนำไฟฉายมาส่องในเวลากลางคืน จะเห็นลำแสงเป็นเส้นตรง (จำนวน 4 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่าแสงส่งผ่านฝุ่นละออง หรือรอดช่องเล็กทำให้เห็นเป็นลำแสงเป็นเส้นตรง (จำนวน 3 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเมื่อเราใช้แหล่งกำเนิดแสงเช่นไฟฉาย หรือแสงเลเซอร์ หรือจากเครื่องสายโปรเจคเตอร์ สิ่งที่เกิดขึ้นแสงจะเดินทางไปกระทบวัตถุตามทิศทางที่เราส่องไป (จำนวน 3 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่าแสงที่ตกกระทบวัตถุทำให้เกิดเงาในทิศตรงกันข้ามกับแหล่งกำเนิดแสง (จำนวน 3 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ อธิบายถึงตัวอย่างการส่องไฟฉายส่องผ่านฝุ่นละออง แต่ไม่ได้อธิบายครอบคลุมการว่าทำไมปรากฏการณ์นั้นถึงแสดงว่าเป็นแสงเดินทางเป็นเส้นตรง (จำนวน 4 คน) - นักศึกษามีกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงอาทิตย์ผ่านฝุ่นละออง ทำให้สามารถเห็นลำแสงเป็น	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่แสดงว่าแสงเป็นเส้นตรงได้ เช่นแสงจากดวงอาทิตย์ แสงจากเลเซอร์ (จำนวน 4 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	เส้นตรง แต่ไม่ได้อธิบายครอบคลุมการว่าทำไมปรากฏการณ์นั้นถึงแสดงว่าเป็นแสงเดินทางเป็นเส้นตรง (จำนวน 1 คน)	
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงแดดที่ส่องผ่านหน้าต่างหรือน้ำก็ยังมีแสงมาจากทางเดิม และแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงแดดที่ส่งผ่านหน้าต่างแสงมาจากทางเดิมหรืออาจเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในความเป็นจริงการเดินทางเป็นเส้นตรงของแสงไม่ได้เปลี่ยนแปลง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าเหตุการณ์ที่แสงส่องผ่านช่องว่างของก้อนเมฆทำให้เราเห็นแสงส่องลงมาเป็นเส้น ๆ และแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงกระทบกระจกและแสงไปกระทบใบไม้ตรงกันข้ามทำให้ใบไม้ไหม้ ซึ่งในปรากฏการใบไม้ไหม้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับแสงเดินทางเป็นเส้นตรง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าการส่องไฟฉาย ยิงเลเซอร์ ไฟจากหน้ารถยนต์ ไฟที่อยู่ตามเวที ไฟจากโปรเจคเตอร์ และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน ปรากฏการณ์ฝนดาวตก ซึ่งในปรากฏการณ์ฝนดาวตกไม่สามารถอธิบายเรื่องแสงเดินทางเป็นเส้นตรงได้(จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์มีลักษณะเป็นเส้นตรง และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าปรากฏการณ์ฝนดาวตกเป็นปรากฏการณ์ที่แสดงว่าแสงเป็นเส้นตรง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงส่องผ่านหน้าต่างที่เป็นกระจกได้ และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงไม่มีการเลี้ยวผ่านกระจกหรือเลี้ยวผ่านวัตถุทึบแสง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำเป็นปรากฏการณ์ที่แสงเดินผ่านตัวกลางที่เป็นหยดน้ำและเกิดการหักเหแสง และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงเป็นเส้นตรงในปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำเกิดจากการสะท้อนแสง (จำนวน 1 คน)
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าปรากฏการณ์ฝนดาวตก สามารถ	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการมองเห็นแสงกระทบวัตถุต่างต่างสามารถ

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	อธิบายว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ซึ่งไม่ถูกต้อง เพราะปรากฏการณ์ฝนดาวตกเป็นพียงการตกของอุกกาบาตและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศของโลกเกิดการเผาไหม้ทำให้เห็นลำแสงเป็นเส้นตรง (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า พระอาทิตย์ และกระจก สามารถอธิบายว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ซึ่งไม่ถูกต้อง เพราะนักศึกษาไม่สามารถอธิบายว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงอย่างไร (จำนวน 1 คน)	อธิบายได้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำที่แสงส่องมากระทบกับน้ำทำให้เกิดรุ้งกินน้ำ ซึ่งการส่งแสงกระทบน้ำนั้นไม่สามารถอธิบายได้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง (จำนวน 1 คน)

7. แนวคิดการเกิดเงา

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่องสมบัติของแสง ของนักศึกษา ด้วยคำถาม โดยคำถามนี้จะใช้ทดสอบทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม แหล่งกำเนิดมีหลายชนิด เช่น ดวงอาทิตย์ หลอดไฟ และเทียนไข เมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสงลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพมีลักษณะอย่างไร จงอธิบาย

แนวคำตอบ แหล่งกำเนิดแสงจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดทั้งเงามืดและงามัวเพราะเป็นแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่

แหล่งกำเนิดแสงจากหลอดไฟ และเทียนไข เกิดเฉพาะเงามืดเพราะเป็นแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็ก

เมื่อวัตถุมีขนาดใหญ่กว่าแหล่งกำเนิดแสงจะได้เงาที่เกิดบนฉากเป็นเงามืด

เมื่อวัตถุมีขนาดเล็กกว่าแหล่งกำเนิดแสงจะได้เงาที่เกิดบนฉากเป็นเงามัว

จากการทดสอบแนวคิดเรื่องการเกิดเงาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ได้ผลการทดสอบดังตาราง 19

ตาราง 19 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การเกิดเงา

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	2 (11.11)	5 (27.78)	7 (38.89)	4 (22.22)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	10 (55.55)	1 (5.56)	6 (33.33)	1 (5.56)	0 (0.00)

จากตาราง 19 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มที่มีแนวคิดมากที่สุดคือกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 38.89 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 22.22 และ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 11.11 ตามลำดับ กลุ่มที่น้อยที่สุด คือ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดที่มากที่สุดคือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 55.55 รองลงมาคือกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ33.33 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) และกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 5.56 และกลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

7.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

7.1.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษาอธิบายว่าถ้านำวัตถุไปกั้นลำแสงจากเทียนไขจะทำให้เกิดเงาบนฉากรับภาพ แต่นักศึกษายังไม่สามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับเงามืดเงามัวได้ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...เมื่อเรานำวัตถุไปกั้นลำแสงนั้นก็จะเกิดเงา แต่ส่วนที่ไม่มีที่กั้นก็จะมีแสงที่ส่องผ่านปกติ

(เลขที่ 7)

...มีลักษณะตามสิ่งที่นำไปกั้นลำแสง ถ้านำมือกางออกปิดเทียนไข 1 ด้านจะเห็นได้ว่าเงาของมือจะตกกระทบฉากรับภาพในขนาดที่ใหญ่

(เลขที่ 10)

7.1.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 5 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายว่าเงาที่เกิดจะมีลักษณะเหมือนวัตถุ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าขนาดของภาพใหญ่กว่าขนาดของวัตถุจริง และกล่าวว่าเงาจากดวงอาทิตย์เป็นเงาที่ชัด แต่ถ้าแหล่งกำเนิดแสงเป็นเทียนจะพบว่าจะเกิดเงาที่ไม่ชัด ซึ่งยังไม่สามารถกล่าวถึงเงามืดเงามัวได้ถูกต้อง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 4 คำตอบ ดังนี้

...ลักษณะของเงาจะเป็นตามวัตถุที่นำมากั้นลำแสงและภาพที่เกิดเป็นเงานั้นจะเป็นเงาที่ใหญ่กว่าวัตถุจริง แสงตกกระทบกับวัตถุนั้นทำให้เกิดเงาขึ้น

(เลขที่ 16)

...แสงที่เกิดจาก ดวงอาทิตย์ หลอดไฟ และเทียนไขมีการเดินทางเป็นเส้นตรงเมื่อนำวัตถุไปกั้นการเดินทางของแสงภาพที่เกิดจะเป็นภาพเดียวกันกับวัตถุที่นำไปกั้นและขนาดใหญ่กว่า

(เลขที่ 20)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าหากมีที่กันแสงก็จะเกิดเงาขึ้นบนฉากรับภาพ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการตกกระทบของแสงไปยังฉากทำให้เกิดภาพเงา สามารถแสดงคำตอบได้ดังนี้

...ถ้าหากมีที่กันแสงก็จะเกิดเงาขึ้นบนฉากรับภาพเพราะมีการตกกระทบของแสงไปยังฉากรับภาพทำให้เกิดเงา

(เลขที่ 13)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าเงาของวัตถุจะมีทิศทางเดียวกับลำแสง และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าพระอาทิตย์จะทำให้เกิดเป็นเงาชัด และเทียนไขนั้นมีเงาที่ไม่ชัด สามารถแสดงคำตอบได้ดังนี้

> ...พระอาทิตย์จะทำให้เกิดเป็นเงาได้ชัด เพราะว่าแสงของพระอาทิตย์นั้นสว่างกว่า และเงาของวัตถุจะมีทิศทางเดียวกับลำแสงปรากฏบนฉาก ส่วนหลอดไฟเมื่อมีวัตถุไปกั้นลำแสงจะพบว่าแสงของหลอดไฟนั้นจะกระจายไปรอบ ๆ เทียนไข แสงของเทียนไขอาจไม่มากนัก ดังนั้นจึงทำให้เทียนไขนั้นมีเงาที่ไม่ชัดและแสงของเทียนไขจะมีแสงที่กระจาย
>
> (เลขที่ 14)

7.1.3 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 7 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 7 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาที่เกิดบนฉากรับภาพจะมีลักษณะเหมือนวัตถุ สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบได้ดังนี้

> ...เงาที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพจะมีลักษณะเหมือนกับวัตถุ
>
> (เลขที่ 2)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงจะสว่างเพิ่มขึ้นและเงาจะลดน้อยลง สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบได้ดังนี้

> ...จะทำแสงเพิ่มขึ้นทำให้สว่างกว่าเดิมและเงาก็จะลดลงน้อยลงกว่าเดิม
>
> (เลขที่ 1)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาจะสะท้อนออกมาจากลำแส สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบได้ดังนี้

> ...เงาจะสะท้อนออกมาจากลำแสงอยู่ที่พื้นต่ำกว่าลำแสง
>
> (เลขที่ 3)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเกิดการสะท้อนกลับของแสง สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบได้ดังนี้

...สะท้อนเพราะวัตถุที่นำไปกั้นลำแสงไม่มีตัวกลางทำให้แสงผ่านได้จึงทำให้เกิดการสะท้อนกลับของแสง

(เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงอาจเบี่ยงเบนไปตามลักษณะของวัตถุ สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบได้ดังนี้

...แสงอาจเบี่ยงเบนไปตามลักษณะของวัตถุแต่อย่างไรก็ตามแสงก็ยังเป็นเส้นตรงลักษณะของภาพก็จะเป็นเงาที่เกิดจากแสงไม่ใช่เงาวัตถุที่ทำให้เกิดแสง

(เลขที่ 8)

กลุ่มที่ 6 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาเกิดขึ้นในทิศทางเดียวกับแสง สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบได้ดังนี้

...เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกันกับแสงที่ส่องมาและเมื่อย้ายจุดกำเนิดของแสงก็จะเปลี่ยนไปตามกัน

(เลขที่ 15)

กลุ่มที่ 7 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าจะทำให้ไม่เกิดภาพขึ้น สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบได้ดังนี้

...จะทำให้ไม่เกิดภาพขึ้นเป็นเพราะว่าการที่ลำแสงถูกปิดกั้นจะทำให้ไม่สามารถเห็นภาพได้

(เลขที่ 19)

7.2 ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

7.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) นักศึกษา จำนวน 10 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มคำตอบได้ 1 กลุ่ม อธิบายว่าเงามืดเกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่เล็กกว่าวัตถุ และเงามัวเกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 4 คำตอบ ดังนี้

> ...จะเกิดเงาเกิดขึ้นโดยเงาจะมีทั้ง 2 เงาคือเงามืดและเงามัวเงามืดจะเห็นเกิดจากจุดกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุทำให้เกิดเงาที่ชัดและมืดสนิทส่วนเงามัวจากเกิดจากจุดกำเนิดแสงที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเราจะเห็นเป็นเงามืดที่มีเงาจาง ๆ อยู่รอบ ๆ หรือบางทีเราอาจจะเห็นหลาย ๆ เงาซ้อนทับกันอยู่ เช่นการที่เรานำไฟฉายไปสองปากกาเราจะเห็นได้ว่าจากเกิดเงาของปากกาซ้อนกันอยู่หลายเงาทั้งที่มีปากกาแค่ด้านเดียวและแหล่งกำเนิดแสงก็มีแค่จุดเดียว
>
> (เลขที่ 4)

> ...แหล่งกำเนิดมีหลายชนิด เช่น ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ หลอดไฟเป็นแหล่งกำเนิดที่มนุษย์สร้างขึ้นเมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสงลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นถ้าแหล่งกำเนิดที่มีขนาดใหญ่แสงที่ส่องไปกระทบกับที่กันจะมีทั้งเงามืดและเงามัวส่วนแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กกว่าที่กันจะมีเงามืดเพียงเงาเดียว
>
> (เลขที่ 7)

> ...แหล่งกำเนิดแสงถ้ามีขนาดใหญ่กว่าวัตถุที่นำไปกั้นภาพที่ฉากรับแสงจะมีลักษณะมีเงามัวของวัตถุที่นำไปกั้นเกิดขึ้น แต่เมื่อถ้าแหล่งกำเนิดแสงมีขนาดเล็กกว่าวัตถุที่นำไปกั้นเช่นไฟฉาย ภาพที่เกิดขึ้นบนฉากจะเป็นภาพเงามืดของวัตถุนั้น ไม่มีเงามัวเกิดขึ้น
>
> (เลขที่ 10)

> ...แหล่งกำเนิดแสงคือดวงอาทิตย์จะเกิดเงามัวและเงามืดเพราะว่าดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงขนาดใหญ่และอยู่ไกลจากวัตถุแสงที่เดินทางมาจึงสามารถเดินทางได้หลายทิศทางเมื่อนำวัตถุไปวางบังการเดินทางของแสงจะเกิดเงามืดเงามัวจุดที่เป็นเงามัวเป็นจุดที่แสงสามารถเดินทางผ่านได้เล็กน้อยมาจากแสงอาทิตย์จึงทำให้เกิดเงามัวแหล่งกำเนิดแสงคือหลอดไฟและเทียนไขจะเกิดเงามืดทำให้วัตถุขนาดใหญ่กว่าแหล่งกำเนิดแสงแสงเดินทาง

เป็นเส้นตรงเมื่อมีวัตถุมาขวางกั้นจะเกิดเงามืดแต่หาวัตถุใกล้แสงมีขนาดเล็กกว่าแหล่งกำเนิดแสงจะเกิดเงามัวเพราะวัตถุที่มีขนาดเล็กแสงส่องได้จากทิศทางนั้น

(เลขที่ 20)

7.2.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 1 คน แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษาบอกได้ว่าเงาที่เกิดขึ้นบนฉากจากแหล่งกำเนิดบนดวงอาทิตย์และหลอดไฟแตกต่างกัน โดยเงาจากดวงอาทิตย์จะเห็นไม่ชัดเท่าเงาที่เกิดจากหลอดไฟ แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงเงาที่เกิดขึ้นนั้นเรียกว่าเงามืดและเงามัว สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...ดวงอาทิตย์จะทำให้วัตถุเกิดเป็นเงาดำและมีขอบเงามืดบาง ๆ หลอดไฟเมื่อหลอดไฟเมื่อเอาวัดเอาใกล้ฉากจะทำให้เห็นชัดและหากเอาวัตถุห่างจากฉากจะเห็นเงาดำไม่ชัดเทียนไขจะเห็นเงาวัดได้ชัดมากกว่าพระอาทิตย์และหลอดไฟและไม่มีขอบมืดเหมือนพระอาทิตย์จึงได้เห็นเหงาได้ชัดกว่า

(เลขที่ 14)

7.2.3 กลุ่มแนวเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 6 คน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบของนักศึกษาได้ 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือ ถ้าเรานำวัตถุไปกั้นลำแสงส่วนใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียวจะทำให้แสงกระจายไปอีกด้านที่ไม่มีวัตถุกั้น ถ้าเรากั้นได้ทั้งหมด 4 ด้านจะทำให้แสงไม่ทะลุผ่านออกมาได้ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการที่แสงไม่สามารถผ่านวัตถุที่กั้นออกไปได้จึงทำให้แสงเกิดลำแสงของเงา สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...แสงไม่สามารถผ่านวัตถุที่กั้นออกไปได้จึงทำให้แสงเกิดลำแสงของเงาที่เกิดขึ้นมีเพียงเล็กน้อยที่แสงจะหลุดผ่านออกมาได้แต่ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุที่นำไปกั้นลำแสงแต่ ถ้าเรานำวัตถุไปกั้นลำแสงส่วนใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียวจะทำให้แสงกระจายไปอีกด้านที่ไม่มีวัตถุกั้นแต่ถ้าเรากั้นได้ทั้งหมด 4 ด้านจะทำให้แสงไม่ทะลุผ่านออกมาได้

(เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าเงาที่เกิดจากดวงอาทิตย์จะไม่ชัดเจนเท่ากับเงาที่เกิดจากหลอดไฟและเทียนไข และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาที่เกิดจากแสงที่ธรรมชาติสร้างขึ้นจะมีการจะมีความชัดเจนน้อยกว่าเงาที่เกิดจากแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

> ...เงาของแสงอาทิตย์จะมีลักษณะเล็กกว่าวัตถุจริงและเงามีความชัดเจนน้อย เงาของหลอดไฟจะมีลักษณะเท่ากันหรือน้อยกว่าวัตถุจริงเงาจะมีความชัดเจนของเงามาก เงาของเทียนไขจะมีลักษณะเท่ากันหรือเล็กกว่าวัตถุจริงเงาจะมีความชัดเจนน้อยสรุปเงาที่เกิดจากแสงที่ธรรมชาติสร้างขึ้นจะมีการจะมีความชัดเจนน้อยกว่าเงาที่เกิดจากแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น
>
> (เลขที่ 8)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 4 คน มีแนวเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าเงาที่เกิดจากดวงอาทิตย์จะไม่ชัดเจนเท่ากับเงาที่เกิดจากหลอดไฟและเทียนไข และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาที่เกิดจากแสงที่ธรรมชาติสร้างขึ้นจะมีการจะมีความชัดเจนน้อยกว่าเงาที่เกิดจากแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...ดวงอาทิตย์เมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสงที่เกิดจากดวงอาทิตย์เราจะพบว่าเงาของวัตถุที่เรานำมากั้นนั้นจะมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุจริง แหล่งกำเนิดแสงจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงใหญ่และกระจายแสงมากทำให้วัตถุนั้นมีขนาดใหญ่และเป็นเงามัว หลอดไฟเมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสงที่เกิดจากออกไปจะพบว่าเงาของวัตถุที่นำมากั้น มีขนาดเล็กกว่าวัตถุจริง เพราะความสว่างจากหลอดไฟส่องสว่างไปทั่วบริเวณและจะเกิดเงาบริเวณใต้วัตถุและเป็นเงามัวมาก เทียนไขเมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสงที่เกิดจากเทียนไข จะพบว่าแสงจะไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุที่นำมากั้นไปได้ ถ้ากั้นแสงทางซ้ายแสงก็ ไม่สามารถทะลุผ่านทางซ้ายได้ แต่จะกระจายแสงไปในทิศทางที่ไม่ถูกกลั้น
>
> (เลขที่ 16)

> ...ดวงอาทิตย์ เมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสง ลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพมีลักษณะเป็นเงามัวเพราะแสงจากดวงอาทิตย์มันอยู่ในทุกทิศทางจึงเห็นภาพไม่ชัดเจน หลอดไฟ เมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสงลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพมีลักษณะเป็นเงามัวเพราะแสงจากหลอดไฟมีขนาดเล็กกว่าวัตถุ เทียนไขเมื่อนำวัตถุไปกั้นนำแสงลักษณะ

ของเราที่เกิด ขึ้นบนฉากและภาพมีลักษณะเป็นเงามืดเพราะขนาดวัตถุใหญ่กว่าเทียนไขเลย ทำให้เห็นภาพได้ชัดกว่า

(เลขที่ 18)

7.2.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 1 คนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

...เงาของฉากจะมีลักษณะขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ

(เลขที่ 3)

7.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการเกิดเงา ดังตาราง 20

ตาราง 20 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการเกิดเงา

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	ไม่มี	- นักศึกษา มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ อธิบายว่าเงามืดเกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่เล็กกว่าวัตถุ และเงามัวเกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ (จำนวน 10 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษาอธิบายว่าถ้านำวัตถุไปกั้นลำแสงจากเทียนไขจะทำให้เกิดเงาบนฉากรับภาพ แต่นักศึกษายังไม่สามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับเงามืดเงามัวได้ (จำนวน 2 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยนักศึกษาบอกได้ว่าเงาที่เกิดขึ้นบนฉากจากแหล่งกำเนิดบนดวงอาทิตย์และหลอดไฟแตกต่างกัน โดยเงาจากดวงอาทิตย์จะเห็นไม่ชัดเท่าเงาที่เกิดจากหลอดไฟ แต่นักศึกษาไม่ได้กล่าวถึงเงาที่เกิดขึ้นนั้นเรียกว่าเงามืดและเงามัว (จำนวน 1 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่านักศึกษาอธิบายว่าเงาที่เกิดจะมีลักษณะเหมือนวัตถุ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าขนาดของภาพใหญ่กว่าขนาดของวัตถุจริง และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเพิ่มเติมว่าเงาจากดวงอาทิตย์เป็นเงาที่ชัด แต่ถ้าแหล่งกำเนิดแสงเป็นเทียน จะพบว่าจะเกิดเงาที่ไม่ชัด ซึ่งไม่สามารถกล่าวถึงเงามืดเงามัวได้ถูกต้อง (จำนวน 3 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า กันแสงก็จะเกิดเงาขึ้นบนฉากรับภาพ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการตกกระทบของแสงไปยังฉากทำให้เกิดภาพเงา (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือ เงาของวัตถุจะมีทิศทางเดียวกับลำแสง และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าพระอาทิตย์จะทำให้เกิดเป็นเงาได้ชัด และเทียนไขนั้นมีเงาที่ไม่ชัด(จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า ถ้าเรานำวัตถุไปกั้นลำแสงส่วนใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียว จะทำให้แสงกระจายไปอีกด้านที่ไม่มีวัตถุกั้นถ้าเรากั้นได้ทั้งหมด 4 ด้านจะทำให้แสงไม่ทะลุผ่านออกมาได้ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนคือ การที่แสงไม่สามารถผ่านวัตถุที่กั้นออกไปได้จึงทำให้แสงเกิดลำแสงของเงา (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าเงาที่เกิดจากดวงอาทิตย์จะไม่ชัดเจนเท่ากับเงาที่เกิดจากหลอดไฟและเทียนไข และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาที่เกิดจากแสงที่ธรรมชาติสร้างขึ้นจะมีการจะมีความชัดเจนน้อยกว่าเงาที่เกิดจากแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าเงาที่เกิดจากดวงอาทิตย์จะไม่ชัดเจนเท่ากับเงาที่เกิดจากหลอดไฟและเทียนไข และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาที่เกิดจากแสงที่ธรรมชาติสร้างขึ้นจะมีการจะมีความชัดเจนน้อยกว่าเงาที่เกิดจากแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น (จำนวน 4 คน)
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาที่เกิดบนฉากรับภาพจะมีลักษณะเหมือนวัตถุ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงจะสว่างเพิ่มขึ้นและเงาจะลด	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ (จำนวน 1 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	น้อยลง(จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาจะสะท้อนออกมาจากลำแสง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเกิดการสะท้อนกลับของแสง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงอาจเบี่ยงเบนไปตามลักษณะของวัตถุ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาเกิดขึ้นในทิศทางเดียวกันกับแสง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าจะทำให้ไม่เกิดภาพขึ้น (จำนวน 1 คน)	

8. แนวคิดการสะท้อนแสง

การสะท้อนแสง คือ การที่เรามองเห็นวัตถุต่าง ๆ ได้ เพราะมีแสงตกกระทบจากวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตาเรา ถ้าไม่มีแสงจากวัตถุมาเข้าตา จะเห็นวัตถุนั้นเป็นสีดำ

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่อง การสะท้อนแสงของนักศึกษา ด้วยคำถาม และคำถามนี้ถูกใช้ในการทดสอบแนวคิดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม ถ้าเรายืนหันหน้าเข้าหากระจกเงาราบ ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

แนวคำตอบ เมื่อเรายืนหันหน้าเข้ากระจกเงาราบ ภาพที่เกิดขึ้นในกระจกเงาราบจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้งอยู่หลังกระจก มีระยะวัตถุเท่ากับระยะภาพ และขนาดของวัตถุเท่ากับขนาดของภาพ แต่มีลักษณะกลับด้านกันจากซ้ายเป็นขวาของวัตถุจริง

จากการทดสอบแนวคิดเรื่องการสะท้อนแสงก่อนการจัดการเรียนรู้ ได้ผลการทดลองดังตาราง 21

ตาราง 21 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การสะท้อนแสง

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	3 (16.67)	3 (16.67)	9 (50.00)	3 (16.67)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1 (5.56)	11 (61.11)	4 (22.22)	2 (11.11)	0 (0.00)

จากตาราง 21 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 ตามลำดับ กลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 61.11 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 11.11 และ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 5.56 ตามลำดับ กลุ่มที่น้อยที่สุดคือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00 โดยคำตอบแสดงแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

8.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

8.1.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบบูรณ์สามารถอธิบายได้ว่าจะเมื่อยืนอยู่หน้ากระจกจะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง กลับซ้ายเป็นขวา แต่ไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมถึงระยะวัตถุเท่ากับระยะภาพและขนาดของวัตถุเท่ากับขนาดของภาพ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 3 คำตอบ ดังนี้

...มีลักษณะตรงกันข้ามแต่ภาพยังเหมือนเดิม เช่นแขนซ้ายเรามองเห็นอยู่ขวแขนขวาเรามองเห็นอยู่ซ้าย แต่แต่ภาพก็ยังเป็นภาพที่เกิดขึ้นในขณะนั้น

(เลขที่ 8)

...จะเกิดเป็นภาพเสมือนเพราะกระจกเงาจะสะท้อนสิ่งที่อยู่ในกระจกออกมาทุกภาพที่ส่องกระจกไปจะได้กลับมาเป็นภาพเสมือนเสมอ

(เลขที่ 11)

...ภาพที่เห็นบนกระจกจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้งมีลักษณะเหมือนกับเราเพราะกระจกมีคุณสมบัติสะท้อนภาพที่เห็นจึงเป็นภาพเดียวกันกับวัตถุที่อยู่บนหน้ากระจก

(เลขที่ 20)

8.1.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าภาพที่เกิดบนกระจกเงาเกิดจากการสะท้อน และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพจริงหัวตั้ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...เป็นภาพจริงหัวหัวตั้ง เพราะเป็น กระจกเงาราบสะท้อนและมองเห็นออกมาเป็นภาพจริง

(เลขที่ 3)

เป็นภาพจริง เพราะกระจกเงาราบเป็นกระจกที่ใช้ส่องแล้วจะได้ภาพจริงจึงทำให้ภาพที่เราเห็นในกระจกเป็นภาพที่สะท้อนเหมือนกับตัวเราจริง ๆ

(เลขที่ 15)

8.1.3 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 9 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนสามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 8 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนภาพที่เกิดบนกระจกเงามีลักษณะเอียง แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...ภาพที่เกิดขึ้นก็จะเอียงราบ

(เลขที่ 1)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนภาพที่เกิดบนกระจกเงามีลักษณะเหมือนวัตถุหรือเหมือนเรา คำตอบที่ถูกต้แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์องคือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...มีลักษณะเหมือนวัตถุหรือเหมือนเรา

(เลขที่ 2)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนภาพที่เกิดบนกระจกเงามีการสะท้อนเพราะไม่มีตัวกลาง และกล่าวอีกว่าเงาของเราสามารถผ่านกระจกได้ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...สะท้อนเพราะไม่มีตัวกลาง เงาของเราสามารถผ่านกระจกได้

(เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เห็นตัวสั้นลงหรือสูงขึ้นและต้องขึ้นอยู่กับแสงที่ส่องเรา แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดของภาพสัมพันธ์กับระยะห่างของวัตถุกับกระจก สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...เมื่อเราหันหน้าเข้าหากระจกเงาภาพที่เกิดจากกระจกเงาตอนที่ยืนอาจจะเห็นเราตัวสั้นลงหรือสูงขึ้นและต้องขึ้นอยู่กับแสงที่ส่องเรา

(เลขที่ 7)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นเกิดตามที่กระจกสะท้อน แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดของภาพสัมพันธ์กับระยะห่างของวัตถุกับกระจก สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...เกิดภาพตามที่กระจกสะท้อนและเมื่อเราส่องแล้วไม่มีแสงทำให้ภาพในกระจกเงามืด

(เลขที่ 10)

...ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบจะมีลักษณะตามที่เราทำเพราะกระจกเงาจะสะท้อนการกระทำของเรา

(เลขที่ 16)

กลุ่มที่ 6 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเกิดเงาตรงข้ามกับตัวเรา แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดของภาพสัมพันธ์กับระยะห่างของวัตถุกับกระจก สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...จะเห็นเงาตรงข้ามกับตัวเรา เพราะว่าเงาของตัวเราจะสะท้อนให้เห็น

(เลขที่ 14)

กลุ่มที่ 7 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อนจะเกิดภาพจริง แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...จะมีลักษณะที่ต่างไปจากกระจกธรรมดาเพราะกระจกเงาราบจะเกิดภาพจริง

(เลขที่ 18)

กลุ่มที่ 8 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจะเกิดภาพภาพจะเป็นลักษณะเสมือนหัวกลับ แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...ภาพจะเป็นลักษณะเสมือนหัวกลับเพราะเกิดจากการสะท้อนของภาพที่กระทำกับกระจกเงาราบได้

(เลขที่ 19)

8.2 ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

8.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับภาพที่เกิดบนกระจกเงาเป็นภาพเสมือนหัวตั้งกลับซ้ายไปขวา มีขนาดเท่ากับวัตถุ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...ถ้าเรายืนหันหน้าเข้าหากระจกเงาราบภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้งจะเห็นเป็นเงาของเราอย่างชัดเจนและมีขนาดเท่ากันกับของตัวเราจริงแต่ด้านซ้ายจะเป็นขวาขวาจะเป็นซ้ายเพราะเงาที่เกิด เพราะเงาที่เกิดขึ้นเป็นเงาสะท้อน
>
> (เลขที่ 7)

8.2.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 11 คน ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดบนกระจกเงาจะเหมือนกับวัตถุแต่จะกลับซ้ายไปขวา แต่นักศึกษาไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมถึงภาพที่เกิดขึ้นว่าเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 3 คำตอบ ดังนี้

> ...เราจะเห็นภาพสะท้อนของตัวเองเช่นเรายืนอยู่หน้ากระจกแล้วเอามือจับหูข้างขวาภาพในกระจกเงาจะสะท้อนภาพเป็นมือของเราจับหูข้างซ้าย มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน รังสีตกกระทบเส้นปกติรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกัน
>
> (เลขที่ 3)

> ...ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบเหมือนว่า จะทำตามข้างเดียวกับเราทุกอย่างอย่างเช่น เราจะเขียนคิ้วข้างขวาในกระจกเงาราบก็เขียนข้างขวาแต่ถ้ามองในมุมกลับกันถ้าเราเป็นกระจกในขณะที่เราเขียนข้างขวาในกระจกจะเป็นข้างซ้าย
>
> (เลขที่ 6)

> ...ภาพที่เกิดเป็นภาพที่เหมือนกับสิ่งอยู่หนักกระจกเมื่อเราไปยืนหันหน้าเข้ากระจกเราจะเห็นตัวเองแต่ภาพที่เกิดจากตรงข้ามกับเราเช่นมือเราจะยกข้างขวาภาพที่เห็นกระจกจะยกมือข้างซ้ายเพราะกระจกสะท้อนสิ่งที่เราทำเราจึงเห็นภาพที่ตรงข้ามกับทิศทางที่เราส่องกระจก
>
> (เลขที่ 20)

8.2.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 4 คน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดบนกระจกเป็นการสะท้อน และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องความหนาแน่นของตัวกลางมีผลต่อการสะท้อนกลับแสง และภาพเกิดจากการสะท้อนกลับหมด สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...เป็นภาพสะท้อน เพราะกระจกคือตัวเราที่ทำให้เรามองเห็นตัวเราได้ง่ายขึ้นสามารถสะท้อนทุกสิ่งทุกอย่างที่หันเข้าหากระจกจึงทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมดเพราะตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า จึงเกิดการสะท้อนกลับหมด

(เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดจากกระจกเงาเกิดการสะท้อนขึ้นจึงทำให้เราเห็นสิ่งที่เราส่อง และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าลักษณะที่เราเห็นในกระจกเงาเหมือนกับภาพจริง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...ลักษณะที่เราเห็นในกระจกเงาก็เหมือนกับเป็นภาพจริงเนื่องจากกระจกจะสะท้อนภาพที่ส่องออกมา เพราะกระจกเงาเกิดการสะท้อนขึ้นจึงทำให้เราเห็นสิ่งที่เราส่อง

(เลขที่ 9)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดบนกระจกก็จะเกิดตามภาพหรือท่าทางที่เรายืนมอง เหมือนกับการที่เราส่องกระจก และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเกิดภาพเพราะมีแสงส่องและเกิดความสว่าง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...ถ้าเรายืนหันหน้าเข้าหากระจกเงาราบ ภาพที่เกิดบนกระจกก็จะเกิดตามภาพหรือท่าทางที่เรายืนมอง เหมือนกับการที่เราส่องกระจก เพราะมีแสงส่อง เกิดความสว่างก็เกิดภาพตามมา

(เลขที่ 13)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดบนกระจกเกิดจากการสะท้อนกลับ และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเกิดภาพการสะท้อนของแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...จะเกิดการสะท้อนกลับเพราะการสะท้อนของแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันโดยมีมุมตกกระทบผ่านตัวกลาง ใหม่มุมสะท้อนกลับสู่เดิม
>
> (เลขที่ 18)

8.2.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 2 สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาที่เกิดจากเราส่องกระจกเงาราบจะได้ลักษณะของเงาราบไปด้านล่าง สามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ดังนี้

> ...เงาราบจะมีลักษณะเป็นเงาราบลงด้านล่างของกระจกที่เราส่องเป็นกระจกเงาราบเงาที่ได้ก็จะราบลงไปด้านล่างเงาจะเป็นแบบไหนขึ้นอยู่กับแหล่งที่ทำให้เกิดวัตถุ
>
> (เลขที่ 1)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดจากการส่องกระจกมีลักษณะเหมือนเดิม สามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ดังนี้

> ...มีลักษณะเหมือนเดิม เหมือนตอนที่เราส่องกระจกภาพจะเหมือนเดิม เพราะลักษณะกระจกแบบเงาราบไม่ใช่แบบโค้งหรือแบบอื่น ๆ
>
> (เลขที่ 2)

8.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการสะท้อนแสงดังตาราง 22

ตาราง 22 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการสะท้อนแสง

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	ไม่มี	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับภาพที่เกิดบนกระจกเงาเป็นภาพเสมือนหัวตั้งกลับซ้ายไปขวา มีขนาดเท่ากับวัตถุ (จำนวน 1 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์สามารถอธิบายได้ว่าจะเมื่อยืนอยู่หน้ากระจกจะเกิดภาพเสมือนหัวตั้ง กลับซ้ายเป็นขวา แต่ไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมถึงระยะวัตถุเท่ากับระยะภาพ และขนาดของวัตถุเท่ากับขนาดของภาพ (จำนวน 3 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดบนกระจกเงาจะเหมือนกับวัตถุแต่จะกลับซ้ายไปขวา แต่นักศึกษาไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมถึงภาพที่เกิดขึ้นว่าเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง (จำนวน 11 คน)
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าภาพที่เกิดบนกระจกเงาเกิดจากการสะท้อน และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพจริงหัวตั้ง (จำนวน 3 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดบนกระจกเป็นการสะท้อนและนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องความหนาแน่นของตัวกลางมีผลต่อการสะท้อนกลับแสง และภาพเกิดจากการสะท้อนกลับหมด (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดจากกระจกเงาเกิดการสะท้อนขึ้นจึงทำให้เราเห็นสิ่งที่เราส่องและนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
		ลักษณะที่เราเห็นในกระจกเงาก็เหมือนกับเป็นภาพจริง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดบนกระจกก็จะเกิดตามภาพหรือท่าทางที่เรายืนมอง เหมือนกับการที่เราส่องกระจก และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเกิดภาพเพราะมีแสงส่องและเกิดความสว่าง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ นักศึกษาอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดบนกระจกเกิดจากการสะท้อนกลับ และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนวาสเกิดภาพการสะท้อนของแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน (จำนวน 1 คน)
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษามีความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดบนกระจกเงามีลักษณะเอียง คำตอบที่ถูกต้องคือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดบนกระจกเงามีลักษณะเหมือนวัตถุหรือเหมือนเรา คำตอบที่ถูกต้องคือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง (จำนวน 1 คน) - นักศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดบนกระจกเงามีการสะท้อนเพราะ	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเงาที่เกิดจากเราส่องกระจกเงาราบจะได้ลักษณะของเงาราบไปด้านล่าง สามารถแสดงคำตอบนักศึกษาได้ดังนี้ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดจากการส่องกระจกมีลักษณะเหมือนเดิม (จำนวน 1 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	ไม่มีตัวกลาง และกล่าวอีกว่าเงาของเราสามารถผ่านกระจกได้ คำตอบที่ถูกต้องคือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง (จำนวน 1 คน)	
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เห็นตัวสั้นลงหรือสูงขึ้นและต้องขึ้นอยู่กับแสงที่ส่องเรา คำตอบที่ถูกต้องคือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดของภาพสัมพันธ์กับระยะห่างของวัตถุกับกระจก (จำนวน 1 คน)	
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นเกิดตามที่กระจกสะท้อน คำตอบที่ถูกต้องคือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดของภาพสัมพันธ์กับระยะห่างของวัตถุกับกระจก (จำนวน 2 คน)	
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเกิดเงาตรงข้ามกับตัวเรา คำตอบที่ถูกต้องคือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง ขนาดของภาพสัมพันธ์กับระยะห่างของวัตถุกับกระจก (จำนวน 1 คน)	
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าจะเกิดภาพจริง คำตอบที่ถูกต้องคือภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง (จำนวน 1 คน)	
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าจะเกิดภาพภาพจะเป็นลักษณะเสมือนหัวกลับ คำตอบที่ถูกต้องคือภาพที่เกิดขึ้น	

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	จะเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง (จำนวน 1 คน)	

9. แนวคิดการหักเหแสง

การหักเหของแสงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน เมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งแสงจะมีการหักเห และการหักเหจะเกิดขึ้นเฉพาะผิวรอยต่อของตัวกลางเท่านั้น

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่อง การหักเหแสงของนักศึกษา โดยใช้คำถามและคำถามนี้จะถูกใช้ทดสอบแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม ถ้านักศึกษาทำเหรียญตกลงในอ่างน้ำ นักศึกษาพยายามหยิบเหรียญขึ้นมาด้วยมือเปล่าหลายครั้งถึงจะได้เหรียญขึ้นมา จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมถึงต้องหยิบหลายครั้ง

แนวคำตอบ สาเหตุที่ทำให้ต้องจับปลาหลายครั้ง เนื่องจากแสงเดินทางผ่านตัวกลาง 2 ตัว จะเกิดการหักเห ทำให้เรามองเห็นปลาตื้นกว่าความเป็นจริง จะเกิดการจับผิดตำแหน่ง

จากการทดสอบแนวคิดเรื่องการหักเหแสงก่อนการจัดการเรียนรู้ ได้ผลการทดลองดังตาราง 23

ตาราง 23 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง การหักเหแสง

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	5 (27.78)	5 (27.78)	5 (27.78)	3 (16.67)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1 (5.56)	14 (77.77)	2 (11.11)	1 (5.56)	0 (0.00)

จากตาราง 23 พบว่าก่อนการจัดการเรียรู้กลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ16.67 และหลังการจัดการเรียนรู้

พบว่ากลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมาคือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 22.22 และกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 5.56 ตามลำดับ กลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

9.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

9.1.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 5 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบจำนวน 2 กลุ่ม ได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ แต่นักศึกษายังไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมถึงเรื่องกระบวนการหักเหแสงจากความหนาแน่นมากไปสู่ความหนาแน่น้อยทำให้ระยะภาพใกล้กว่าระยะวัตถุ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...เพราะภาพที่เราเห็นจะอยู่คนละตำแหน่งกับวัตถุจริงและขนาดใหญ่กว่าของจริง

(เลขที่ 2)

...เพราะการที่เหรียญตกน้ำทำให้ภาพของเหรียญขยายใหญ่ขึ้น แล้วเวลาที่เราพยายามหยิบเหรียญขึ้นมาเราคิดมามือเราสัมผัสกับเหรียญแล้วแต่ความจริงเป็นแค่ภาพของเหรียญที่ขยายใหญ่ขึ้น

(เลขที่ 13)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดขึ้นเกิดจากการหักเหแสง แต่นักศึกษายังไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมถึงเรื่องกระบวนการหักเหแสงจากความหนาแน่นมากไปสู่ความหนาแน่น้อยทำให้ระยะภาพใกล้กว่าระยะวัตถุ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...ต้องหยิบหลายครั้งเพราะว่าการหักเหของแสงและเมื่อเรามองลงไปในอาจจะไม่ตรงตำแหน่งที่เห็นจริง ๆ

(เลขที่ 19)

...น้ำมีสมบัติหักเหแสงเมื่อแสงเดินทางเป็นเส้นตรงผ่านน้ำจะเกิดการหักเหรียญที่จมลงใต้น้ำภาพที่มองเห็นจากด้านบนจึงไม่ตรงกับตำแหน่งที่เรียนจมจึงทำให้ต้องหยิบเหรียญหลายครั้ง

(เลขที่ 20)

9.1.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 5 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถจัดกลุ่มคำตอบได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 3 คน แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือนักศึกษากล่าวว่าภาพที่เกิดจะคนละตำแหน่งกับตำแหน่งวัตถุ นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นเกิดจากการสะท้อนแสงของน้ำและเหรียญ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...เพราะเหรียญที่อยู่ในน้ำจะทำให้เหรียญกับน้ำเกิดการสะท้อน พอเราพยายามจะหยิบเหรียญสิ่งที่เรามองเห็นจากด้านบนอาจจะไม่ตรงกับของที่อยู่ใต้น้ำ จึงทำให้เราหยิบเหรียญขึ้นมาครั้งเดียวไม่ได้

(เลขที่ 5)

...เหรียญที่ตกลงในอ่างน้ำเกิดการสะท้อนแสงของเหรียญและเป็นภาพลวงตาเราอาจจะเห็นเหรียญหลายเหรียญและหยิบเหรียญผิดตำแหน่งก็ได้

(เลขที่ 7)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือ เกิดปรากฏการณ์การหักเห นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอ่างน้ำกระทบกับแสงทำให้เกิดการหักเห สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

...เมื่ออ่างน้ำกระทบกับแสงทำให้เกิดการหักเห จากเห็นที่เราเห็นบนอ่างเมื่อหยิบไม่ถูกเหรียญเพราะภาพที่เห็นเหรียญจากบนอ่างกับเหรียญที่อยู่ใต้อ่างคนละที่

(เลขที่ 10)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ คือการมองเห็นวัตถุที่ตำแหน่งต่าง ๆ เกิดจากการหักเห นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการหยิบเหรียญกลายครั้งเพราะทิศทางการวางตัวและระยะห่างของน้ำในอ่างน้ำกับเหรียญที่ตกไป สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

> ...เพราะว่า การหยิบในแต่ละครั้งไม่เหมือนกันอาจจะเป็นเพราะทิศทางการวางตัว ระยะห่างของน้ำในอ่างน้ำกับเหรียญที่ตกไป หรือเพราะว่าจากการมองอาจจะเกิดจากการหักเห จึงทำให้การมองเห็นนั้นเปลี่ยนไป แล้วการหยิบเหรียญในแต่ละครั้งต้องรอให้น้ำนิ่งก่อนแล้วค่อยหยิบ ถ้าไม่รอน้ำนิ่งอาจจะทำให้การมองเห็นที่อยู่ในน้ำเปลี่ยนทิศทางไปจากเดิม
>
> (เลขที่ 18)

9.1.3 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 5 คนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าที่เราเห็นภาพในน้ำเรียกว่าเงา ทำให้ต้องหยิบเหรียญหลายครั้ง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...เพราะเราอาจเห็นเงาของเหรียญที่อยู่ในน้ำและเราอาจไปหยิบที่เงาก็ได้จึงทำให้ต้องหยิบหลายครั้ง ในน้ำมีแสงน้อยจึงทำให้เราเห็นเพียงแค่เงาของเหรียญไม่ชัด
>
> (เลขที่ 1)

> ...เพราะว่า น้ำมีเงาตกสะท้อนให้เห็นว่าเหรียญจะอยู่อีกจุดหนึ่งที่เหรียญอยู่
>
> (เลขที่ 14)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าที่ต้องหยิบเหรียญหลายครั้ง เพราะเหรียญลื่น สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...สถานะของน้ำคือ เป็นของเหลว และเหรียญเป็นวัตถุที่เป็นของแข็ง เมื่อถูกน้ำจะลื่น จึงต้องหยิบหลายครั้ง
>
> (เลขที่ 3)

...เพราะเหรียญกับน้ำมีมวลที่ต่างกันทำให้เราหยิบเหรียญขึ้นมามากขึ้นและเมื่อเหรียญโดนน้ำก็ทำให้มีความลื่นขึ้นจึงทำให้เราหยิบเหรียญขึ้นมาได้ยากเช่นกัน

(เลขที่ 11)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เห็นในน้ำมีการสั่นทำให้ไม่สามารถหยิบเหรียญขึ้นมาในครั้งแรกได้ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...เพราะในน้ำอาจทำให้เห็นเหรียญแต่ภาพที่เห็นในน้ำมีการสั่นและเห็นเป็นภาพที่ไม่หยุดนิ่งอาจทำให้หยิบเหรียญพลาดในครั้งแรก

(เลขที่ 16)

9.2 ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

9.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) พบว่ามีนักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เมื่อเดินทางผ่านต่างชนิดกันแสงจะเกิดการหักเหเพราะความหนาแน่นของต่างกันเหรียญที่อยู่ในน้ำจึงมีตำแหน่งไม่ตรงกับที่เรามองเห็นในอากาศ สามารถแสดงคำตอบได้ ดังนี้

...น้ำมีความหนาแน่นต่างกับอากาศเหรียญเมื่อตกลงไปในอาบน้ำจะดูเหมือนว่ามีขนาดใหญ่ขึ้นเพราะการหักเหของแสงเมื่อเดินทางผ่านต่างชนิดกันแสงจะเกิดการหักเหเพราะความหนาแน่นของต่างกันเหรียญที่อยู่ในน้ำจึงมีตำแหน่งไม่ตรงกับที่เรามองเห็นในอากาศเมื่อยืดเหรียญจึงไม่โดนต้องหยิบหลาย ๆ ครั้งจึงสามารถเก็บเหรียญได้

(เลขที่ 20)

9.2.2 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 14 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 13 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่า ภาพที่เราเห็นเกิดจากการหักเหแสง ทำให้ตำแหน่งภาพต่างจากตำแหน่งจริงของวัตถุทำให้ต้องหยิบเหรียญหลายครั้ง แต่ไม่ได้อธิบายถึงหลักการเกิดภาพว่าเป็นเพราะการหักเหแสงผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษา 6 คำตอบ ได้ดังนี้

...เพราะเกิดจากการหักเหของแสง เราจะเห็นภาพเหมือนวัตถุอยู่ใกล้แต่ความเป็นจริงแล้ววัตถุจะอยู่ต่ำลงไปอีก

(เลขที่ 2)

...เพราะเมื่อเหรียญหรือวัตถุใดที่อยู่ใต้น้ำจะเกิดภาพที่ใหญ่ขึ้นและเกิดการหักเหจึงทำให้เห็นภาพนั้นอยู่ใกล้และอาจหยิบจับได้ง่ายแต่ความจริงแล้วมัน คือการหักเหที่ทำให้เกิดภาพที่ใหญ่กว่าปกติจึงทำให้เราหยิบของที่อยู่ใต้น้ำได้ยาก

(เลขที่ 5)

...สาเหตุที่เราหยิบเหรียญขึ้นมาด้วยมือเปล่าหลายครั้งเพียงเพราะว่า เรามองตาเปล่าเหรียญเหมือนดูตื้นเราจึงเอามือไปหยิบแต่ความจริงมันอยู่ลึก ทำให้เรามีหลายครั้งขึ้นอยู่กับการหักเหของแสงซึ่งมีน้ำเป็นตัวกลาง

(เลขที่ 6)

...การที่เราพยายามหยิบเหรียญขึ้นมาหลายรอบนั้นเป็นการหักเหของแสงทำให้เกิดภาพลวงตาเราเลยหยิบเหรียญไม่ถูก เมื่อเราได้หยิบหลายครั้งแล้วเราก็สามารถรู้ตำแหน่งของเหรียญที่จริงได้

(เลขที่ 7)

...เพราะเกิดการหักเหของแสงเนื่องจากแสงเดินทางผ่านตัวกลางหลายชนิดจึงทำให้เกิดการหักเหเกิดขึ้นและทำให้ทิศทางของภาพเปลี่ยนไป เนื่องจากเรามองลงไปในน้ำแล้วไปหยิบเหรียญไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่เรามองเกิดจากแสงผ่านความหนาแน่นของน้ำทำให้ทิศทางของแสงเปลี่ยนไปจึงทำให้เกิดการหักเหที่ทำให้ภาพเปลี่ยนไปไม่ตรงกับภาพจริงที่เราเห็น

(เลขที่ 10)

...การทำให้เหรียญตกลงไปในน้ำล้วนพยายามหยิบเหรียญด้วยมือเปล่าหลายครั้งก็ยังไม่ได้เป็นเพราะว่าการหักเหของเมื่อเรามองลงไปในอ่างน้ำก็เห็นเหรียญเหมือนกันแต่พยายามหยิบจะเป็นเพราะแสงมีการหักเหเกิดจากแสงกับน้ำเมื่อมีวัตถุก็จะทำให้เกิดการหักเหของแสงขึ้น

(เลขที่ 19)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าการสังเกตเหรียญในน้ำของเรานั้นเห็นเหรียญอยู่ตื้นกว่าบนผิวน้ำแต่ความจริงมันอยู่ลึกกว่าผิวน้ำ เราจึงต้องหยิบเรียนหลายครั้ง เกิดภาพลึกจริงคือเหรียญใต้น้ำและภาพลึกปรากฏคือการมองเห็นเหรียญ แต่ไม่ได้อธิบายถึงหลักการเกิดภาพลึกจริงกับลึกปรากฏว่าเป็นเพราะการหักเหแสงผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษาได้ดังนี้

> ...เพราะว่าการสังเกตเหรียญในน้ำของเรานั้นเห็นเหรียญอยู่ตื้นกว่าบนผิวน้ำแต่ความจริงมันอยู่ลึกกว่าผิวน้ำเราจึงต้องหยิบเรียนหลายครั้งและทำให้เกิดภาพคือภาพลึกจริงคือเหรียญใต้น้ำและภาพลึกปรากฏคือการมองเห็นเหรียญ
>
> (เลขที่ 3)

9.2.3 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าการหักเหคือการที่แสงส่องผ่านตัวกลางใดตัวกลางหนึ่งทำให้อัตราเร็วแสงและความยาวคลื่นเปลี่ยนไปและมีความถี่ที่คงที่จึงทำให้เราจับเหรียญได้ยากเพราะเกิดการหักเหของภาพที่เกิดขึ้น และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่ามุมสะท้อนใหญ่กว่ามุมวิกฤตเมื่อแสงส่องผ่านตัวกลางไปแสงผ่านตัวกลางแค่ชั้นเดียวและจะไม่สามารถผ่านชั้น 2 จึงเกิดการสะท้อนซึ่งทำให้เราเห็นเหรียญอยู่ตื้นกว่าความเป็นจริง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...มุมสะท้อนใหญ่กว่ามุมวิกฤตเมื่อแสงส่องผ่านตัวกลางไปแสงผ่านตัวกลางแค่ชั้นเดียวและจะไม่สามารถผ่านชั้น 2 จึงเกิดการสะท้อนซึ่งทำให้เราเห็นเหรียญอยู่ตื้นแต่แท้จริงแล้วเหรียญจะอยู่ลึกและอาจเกิดการหักเหของแสงด้วยเพราะการหักเหคือการที่แสงส่องผ่านตัวกลางใดตัวกลางหนึ่งทำให้อัตราเร็วแสงและความยาวคลื่นเปลี่ยนไปและมีความถี่ที่คงที่จึงทำให้เราจับเหรียญได้ยากเพราะเกิดการหักเหของภาพที่เกิดขึ้น
>
> (เลขที่ 11)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ ว่าการหักเหของแสงการหักเหของแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันโดยรังสีจะเบนออกไปทางอื่นจึงทำให้การหยิบเหรียญในอ่างต้องหยิบหลายครั้ง และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อน

ว่าการหักเหของแสงเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบใหญ่กว่ามุมวิกฤต ในความเป็นจริงแล้วจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...เพราะเกิดการหักเหของแสงการหักเหของแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันโดยรังสีจะเบนออกไปทางอื่นจึงทำให้การหยิบเหรียญในอ่างต้องหยิบหลายครั้งถ้าพี่หักเหลงไปในน้ำ จะมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุจริงการหักเหของแสงเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบโตกว่ามุมวิกฤต ทำให้ไม่มีรังสีแต่จะเห็นมุมสะท้อนชัดกว่า
>
> (เลขที่ 18)

9.2.4 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กหรือใหญ่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการมอง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ดังนี้

> ...ภาพที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่หรือเล็กขึ้นกับตำแหน่งการมอง
>
> (เลขที่ 13)

9.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการหักเหแสงดังตาราง 24

ตาราง 24 แสดงสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องการหักเหแสง

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	ไม่มี	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเมื่อเดินทางผ่านต่างชนิดกันแสงจะเกิดการหักเหเพราะความหนาแน่นของต่างกันเหรียญที่อยู่ในน้ำจึงมีตำแหน่งไม่ตรงกับที่เรามองเห็นในอากาศ (จำนวน 1 คน)
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าภาพที่เกิดขึ้นมี	- นักศึกษาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ อธิบายแนวคิดเชิง

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
สมบูรณ์	ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ แต่นักศึกษายังไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมถึงเรื่องกระบวนการหักเหแสงจากความหนาแน่นมากไปสู่ความหนาแน่น้อย ทำให้ระยะภาพใกล้กว่าระยะวัตถุ (จำนวน 3 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ สามารถอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดขึ้นเกิดจากการหักเหแสง แต่นักศึกษายังไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมถึงเรื่องกระบวนการหักเหแสงจากความหนาแน่นมากไปสู่ความหนาแน่น้อยทำให้ระยะภาพใกล้กว่าระยะวัตถุ (จำนวน 2 คน)	วิทยาศาสตร์ว่า ภาพที่เราเห็นเกิดจากการหักเหแสง ทำให้ตำแหน่งภาพต่างจากตำแหน่งจริงของวัตถุทำให้ต้องหยิบเหรียญหลายครั้ง แต่ไม่ได้อธิบายถึงหลักการเกิดภาพว่าเป็นเพราะการหักเหแสงผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน (จำนวน 13 คน) - นักศึกษาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์อธิบายแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การสังเกตเหรียญในน้ำของเรานั้นเห็นเหรียญอยู่ตื้นกว่าบนผิวน้ำแต่ความจริงมันอยู่ลึกกว่าผิวน้ำเราจึงต้องหยิบเรียนหลายครั้ง เกิดภาพลึกจริงคือเหรียญใต้น้ำและภาพลึกปรากฏคือการมองเห็นเหรียญ แต่ไม่ได้อธิบายถึงหลักการเกิดภาพลึกจริงกับลึกปรากฏว่าเป็นเพราะการหักเหแสงผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน (จำนวน 1 คน)
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือนักศึกษากล่าวว่าภาพที่เกิดจะคนละตำแหน่งกับตำแหน่งวัตถุ นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นเกิดจากการสะท้อนแสงของน้ำและเหรียญ (จำนวน 3 คน) - นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือเกิดปรากฏการณ์การหักเหของภาพ นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าอ่างน้ำกระทบกับแสงทำให้เกิดการหักเห (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าการหักเหคือการที่แสงส่องผ่านตัวกลางใดตัวกลางหนึ่งทำให้อัตราเร็วแสงและความยาวคลื่นเปลี่ยนไปและมีความถี่ที่คงที่จึงทำให้เราจับเหรียญได้ยากเพราะเกิดการหักเหของภาพที่เกิดขึ้น และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่ามุมสะท้อนใหญ่กว่ามุมวิกฤตเมื่อแสงส่องผ่านตัวกลางไปแสงผ่านตัวกลางแค่ชั้นเดียวและจะไม่สามารถผ่านชั้น 2 จึงเกิดการสะท้อนซึ่งทำให้เราเห็นเหรียญอยู่ตื้น (จำนวน 1 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์คือการมองเห็นวัตถุที่ตำแหน่งต่าง ๆ เกิดจากการหักเห นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการหยิบเหรียญกลายครั้งเพราะทิศทางการวางตัวและระยะห่างของน้ำในอ่างน้ำกับเหรียญที่ตกไป (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าการหักเหของแสงการหักเหของแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันโดยรังสีจะเบนออกไปทางอื่นจึงทำให้การหยิบเหรียญในอ่างต้องหยิบหลายครั้ง และนักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการหักเหของแสงเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบใหญ่กว่ามุมวิกฤต ในความเป็นจริงแล้วจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด (จำนวน 1 คน)
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าที่เราเห็นภาพในน้ำเรียกว่าเงา ทำให้ต้องหยิบเหรียญหลายครั้ง (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าที่ต้องหยิบเหรียญหลายครั้ง เพราะเหรียญลื่น (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เห็นในน้ำมีการสั่นทำให้ไม่สามารถหยิบเหรียญขึ้นมาในครั้งแรกได้ (จำนวน 1 คน)	-นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กหรือใหญ่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการมอง (จำนวน 1 คน)

10. แนวคิดเรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

ในเรื่องนี้ผู้วิจัยต้องการให้นักศึกษาเกิดแนวคิดว่าทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ ประกอบด้วยการแทรกสอดและการเลี้ยวเบน สามารถอธิบายได้ว่า การแทรกสอด คือ การแทรกสอดของแสง (Interference) เกิดได้ต่อเมื่อคลื่นแสง 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมตัวกันและแทรกสอดกันเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก การเลี้ยวเบนเกิดเมื่อแสงผ่านช่องแคบ สิ่งกีดขวาง หรือขอบของวัตถุ

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ของนักศึกษา โดยใช้คำถามทดสอบแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

คำถาม ถ้าเราให้แสงจากหลอดไฟผ่านช่องแคบ 1 ช่อง และ 2 ช่อง ให้นักศึกษาทำนายว่าภาพบนฉากจะมีลักษณะอย่างไร จงให้เหตุผลการปรากฏภาพบนฉากรับภาพของแสง

แนวคำตอบ เมื่อแสงผ่านช่องแคบ 1 ช่อง จะพบว่าทำให้เกิดการเลี้ยวเบนของแสงทำให้เกิดภาพบนฉานเป็นแถบมืดแถบสว่างสลับกันไปแต่แถบสว่างตรงกลางจะกว้างที่สุด

เมื่อแสงผ่านช่องแคบ 2 ช่อง จะทำให้เกิดการแทรกสอดของแสง ภาพที่เกิดบนฉากจะเป็นลักษณะแถบมืดแถบสว่างสลับกัน

จากการทดสอบแนวคิดเรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ได้ผลดังตาราง 25

ตาราง 25 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แนวคิด เรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

ช่วงการวัดแนวคิด	ประเภทแนวคิด (คน/ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	14 (77.77)	4 (22.22)
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	0 (0.00)	8 (44.44)	3 (16.67)	7 (38.89)	0 (0.00)

จากตาราง 25 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้กลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 77.77 รองลงมาคือ กลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดที่มากที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 44.44 รองลงมา คือ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 38.89 และกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 และกลุ่มที่น้อยที่สุด คือ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) ซึ่งเท่ากับกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาและแยกคำตอบตามแนวคิดแต่ละประเภทดังนี้

10.1 ประเภทแนวคิดก่อนการจัดการเรียนรู้

10.1.1 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 14 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนสามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 7 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 8 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเมื่อแสงส่องผ่านช่องแคบ 1 หรือ 2 ช่อง จะพบว่าภาพที่ปรากฏจะเป็นไปตามจำนวนช่องที่แสงผ่านออกมา สามารถแสงตัวอย่างคำตอบได้ 3 คำตอบดังนี้

> ...มีรูปร่างลักษณะต่างกันของช่องที่เปิดให้แสงผ่านไปได้ เมื่อมีช่องว่างแสงก็สามารถผ่านไปได้ตามทิศทางที่แสงแสงนั้นส่องมายังช่องแคบที่ให้แสงสามารถส่องผ่านไปได้และลักษณะของช่องว่างจะเป็นอย่างไรแสงที่ส่องผ่านไปยังฉากรับแสงก็จะปรากฏตามลักษณะของช่องที่ปล่อยแสงผ่าน
>
> (เลขที่ 15)

> ...ภาพจะมีลักษณะที่เกิดแสงจะออกมาตามช่องที่มีอยู่ แสงจากหลอดจะผ่านช่องแคบออกมาได้
>
> (เลขที่ 16)

> ...ภาพที่เกิดบนฉากมีลักษณะตามช่อง 1 และช่อง 2 หากช่อง 1 และช่อง 2 มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรงภาพที่เกิดก็จะเป็นสี่เหลี่ยมตามช่องที่แสงผ่าน ภาพที่ปรากฏบนฉากจะเป็นภาพที่เหมือนกับช่องที่แสงผ่านเพราะแสงมีการเดินทางเป็นเส้นตรง ช่องที่แสงสามารถผ่านได้จะเป็นลักษณะอย่างไรแสงที่ปรากฏบนฉากก็จะเป็นลักษณะนั้น
>
> (เลขที่ 20)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเมื่อแสงส่องผ่านช่องแคบ ทำให้เกิดเงาสามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

> ...ภาพที่เราให้แสงจากหลอดไฟ 2 ช่องจะทำให้เกิดเงาน้อยกว่าช่องแคบ 1 ช่อง เพราะช่องแคบ 2 ช่อง มีแสงที่มากกว่าจึงทำให้เกิดเงาได้น้อยกว่า
>
> (เลขที่ 1)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพบนฉากจะมีลักษณะเอียง เพราะได้รับแสงไม่เพียงพอ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

...ภาพบนฉากจะมีลักษณะเอียง เพราะได้รับแสงไม่เพียงพอ

(เลขที่ 2)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเมื่อแสงผ่านช่องแคบจะกระจายแสงได้ดี สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

...แสงจะผ่านช่องแคบ 1 ช่อง และ 2 ช่องได้ทั่วถึง เมื่อแสงส่องผ่านช่องแคบลำแสงจะเป็นเส้นตรงแผ่กระจายแสงได้ดี จึงเห็นแสงผ่านช่องแคบได้ทั่วถึง

(เลขที่ 3)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงเดินทางเพราะมีตัวกลาง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

...มีลักษณะเด่นและเห็นชัดมากขึ้น เพราะแสงมีตัวกลางผ่านในช่อง 1 และ 2 จึงทำให้แสงส่องผ่านตามช่องเข้าหาภาพบนฉาก จึงทำให้ภาพนั้นเห็นชัดมากขึ้น

(เลขที่ 5)

กลุ่มที่ 6 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงของหลอดไฟไม่ได้เดินทางเป็นเส้นตรงเหมือนกับดวงอาทิตย์ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

...แสงจะผ่านทั้ง 2 ช่อง แต่แล้วแต่ละช่องจะมีขนาดเท่าใด แสงของหลอดไฟกระจาย ไม่ได้เดินทางเป็นเส้นตรงเหมือนกับดวงอาทิตย์ จึงทำให้แสงของหลอดไฟเดินทางผ่านทั้ง 2 ช่อง

(เลขที่ 14)

กลุ่มที่ 7 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพบนฉากจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง จากจุดเริ่มต้นจะมีลักษณะที่เล็กและขยายใหญ่ตามระยะห่าง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 1 คำตอบ ดังนี้

> ...ภาพบนฉากจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง จากจุดเริ่มต้นจะมีลักษณะที่เล็กและเห็นได้ชัด ส่วนที่เป็นจุดสุดท้ายจะขยายใหญ่ตามระยะห่างจะมองไม่ค่อยชัด มีลักษณะตรงและเฉียง
>
> (เลขที่ 18)

10.2 ประเภทแนวคิดหลังการจัดการเรียนรู้

10.2.1 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) นักศึกษา จำนวน 8 คน มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยผู้วิจัยพบว่านักศึกษาสามารถระบุภาพที่เกิดขึ้นได้ว่าเกิดแถบมืดแถบสว่าง แต่ไม่สามารถลงรายละเอียดว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 4 คำตอบ ดังนี้

> ...จะเกิดแถบมืดและแถบสว่าง การปรากฏภาพบนฉากรับภาพของแสงนั้นเป็นเพราะแสงส่องผ่านช่องแคบ 1 ช่องและ 2 ช่องจึงทำให้เห็นแถบมืดและแถบสว่าง
>
> (เลขที่ 3)

> ...ภาพบนฉากจะมีลักษณะ เป็นช่องแคบตามช่องที่หลอดไฟไหลผ่านการปรากฏภาพบนฉากรับภาพจะเกิดการที่เป็นแถบมืดหรือแถบสว่าง สลับกันบนฉากรับภาพ
>
> (เลขที่ 6)

> ...เมื่อช่องที่แสงสามารถเดินทางผ่านได้เร็วมากพอที่จะเห็นทางเดินของแสง ภาพที่เกิดจะเป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกัน ภาพที่เป็นแถบสว่างและแถบมืดสลับกันเช่นคลื่นเรียกว่า บัพ และ ปฏิบัพ
>
> (เลขที่ 20)

...ภาพบนฉากจะมีแสงที่ผ่านช่องแคบนั้นมาได้เกิดขึ้นจึงทำให้เห็นว่าภาพที่เห็นจากแสงที่ผ่านเข้ามาในช่องแคบได้เท่านั้น แสงที่ผ่านช่องแคบจะเกิดขึ้นบนฉากรับแสงที่สามารถผ่านเข้าไปได้จึงทำให้เราเห็นภาพที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพแสงเป็นแถบมืดแถบสว่าง

(เลขที่ 10)

10.2.2 แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นักศึกษา จำนวน 3 คน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงสามารถผ่านช่องได้ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพบนฉากจะมีแสงเพียง 1 และ 2 จุด สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...สันนิษฐานได้ว่าแสงเดินทางผ่านช่องได้แค่สองช่องเพราะฉะนั้นภาพบนฉากจะมีแสงสองจุดคือจุดที่ 1 และจุดที่ 2 เนื่องจากแสงเดินผ่านเป็นเส้นตรงและแสงไม่สามารถเดินผ่านทะลุวัตถุที่มีความทึบได้จึงทำให้เกิดแสงแค่ที่ช่องว่างนั้นเท่านั้น

(เลขที่ 4)

...ภาพบนฉากรับจะมีลักษณะเป็นช่องเล็ก ๆ 1 หรือ 2 ช่องเพราะเมื่อแสงส่องมาที่ช่องผ่านช่องแคบนี้ก็จะเห็นแสงเล็ก ๆ น้อย ๆ จากหลอดไฟ แสงเดินทางเป็นเส้นตรงเมื่อไม่มีวัตถุมาเป็นฉากกั้นก็จะเห็นได้ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรงทำให้แสงเดินทางผ่านช่อบแคบนี้ได้

(เลขที่ 19)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าภาพแถบเส้นปะมืดสลับสว่าง และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงจึงทำให้ภาพสะท้อนกลับจึงทำให้ภาพเกิดหักเห สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาดังนี้

...จะเกิดภาพแถบเส้นปะมืดสลับสว่าง เกิดการตกกระทบแสงไปหาวัตถุทำให้เกิดการหักเหของแสง เพราะการปรากฏภาพบนฉากรับภาพของแสงเกิดจากวัตถุจึงไปตกกระทบกับแสงจึงทำให้ภาพสะท้อนกลับจึงทำให้ภาพเกิด หักเหขึ้นได้

(เลขที่ 5)

10.2.3 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) นักศึกษา จำนวน 7 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อน สามารถแบ่งกลุ่มคำตอบได้ กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับฉากรับแสงว่าจะรับได้มากหรือน้อย สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

> ...แสงที่ผ่าน 1 ช่องแคบจะมีลักษณะน้อยกว่า 2 ช่องช่องแคบเพราะ 2 ช่องแคบมีช่องที่มากกว่าจึงทำให้เกิดมีแสงมากกว่าช่องแคบ 1 ช่อง ฉากรับแสงมีผลต่อการทำให้เกิดแสงน้อยหรือแสงมากเพราะฉากรับแสงมีขนาดที่กว้างก็จะทำให้แสงส่องผ่านช่องรับแสงได้มากก็จะทำให้มีแสงมากถ้าฉากรับแสงมีขนาดเล็กการผ่านของแสงก็จะน้อยทำให้แสงส่องเข้าไปได้ยากก็จะทำให้มีแสงน้อยแสงจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับฉากรับแสงว่าจะรับได้มากหรือน้อย
>
> (เลขที่ 1)

กลุ่ม 2 นักศึกษา จำนวน 2 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าบนฉากจะเกิดเป็นเงาของช่องแสง สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...ภาพบนฉากจะมองเห็นได้ชัดเจนขึ้นและเงาของช่องที่มีขนาดใหญ่ ส่วนเงาดำรอบ ๆ จะมองไม่เห็นภาพบนฉากมีลักษณะเหมือนเดิม เพราะแสงเดินทางผ่านช่องแคบทั้งสองเป็นเส้นตรงภาพที่เห็นจึงเหมือนเดิม
>
> (เลขที่ 2)

> ...เพราะว่าแสงที่ส่องผ่านช่องแคบ 1 และ 2 มีลักษณะเป็นเส้นขวาง ขนาดของวัตถุเล็กกว่าขนาดของแสงที่ ส่องไฟผ่านช่องแคบจึงทำให้เกิดแสงเป็นเส้นขวาง เพราะว่าขนาดของวัตถุเล็กกว่าขนาดของหลอดไฟจึงทำให้เกิดเงามัว
>
> (เลขที่ 18)

กลุ่ม 3 นักศึกษา จำนวน 1 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นเฉพาะแสงที่ลอดผ่านทั้ง 2 ช่องแคบนั้นมาแล้ว สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ ดังนี้

...ภาพจะเห็นแต่แสงที่ลอดทั้ง 2 ช่องผ่านมาแล้วเท่านั้น แสงผ่านช่องแคบที่ 1 ไปเหลือเท่าไหร่ก็ไปเจอช่องแคบที่ 2 ก็ยิ่งทำให้เหลือน้อยลงภาพที่เกิดขึ้นจึงเกิดขึ้นเฉพาะแสงที่ลอดผ่านทั้ง 2 ช่องแคบนั้นมาแล้ว

(เลขที่ 8)

กลุ่ม 4 นักศึกษา จำนวน 3 คน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดจะเกิดภาพตามที่กั้นของแสงไฟ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...ภาพที่เกิดก็จะเกิดภาพตามที่กั้นของแสงไฟ ช่องแคบ 1 ช่อง จะมีความสว่างเข้มกว่า 2 ช่อง เพราะการที่มีช่องทาง 2 ช่อง มีขนาดใหญ่กว่า

(เลขที่ 13)

...จะแสงเล็ก ๆ อยู่บนฉากตามช่องแสง เพราะแสงผ่านไปได้แต่หากมีช่องแสงจะผ่านไปได้เพียงตามช่องเจาะไว้

(เลขที่ 14)

10.3 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยขอสรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ ดังตาราง 26

ตาราง 26 สรุปแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
1) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	ไม่มี	ไม่มี
2) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์	ไม่มี	- นักศึกษามีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ โดยผู้วิจัยพบว่า นักศึกษาสามารถระบุภาพที่เกิดขึ้นได้ว่าเกิดแถบมืดแถบสว่าง แต่ไม่สามารถลงรายละเอียดว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากสมบัติ

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
		การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง (จำนวน 8 คน)
3) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน	ไม่มี	- นักศึกษามีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าแสงสามารถผ่านช่องได้ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนว่าภาพบนฉากจะมีแสงเพียง 1 และ 2 จุด (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ว่าภาพแถบเส้นปะมืดสลับสว่าง และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วนว่าแสงจึงทำให้ภาพสะท้อนกลับจึงทำให้ภาพเกิดหักเห (จำนวน 1 คน)
4) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเมื่อแสงส่องผ่านช่องแคบ 1 หรือ 2 ช่อง จะพบว่าภาพที่ปรากฏจะเป็นไปตามจำนวนช่องที่แสงผ่านออกมา (จำนวน 8 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อน ว่าเมื่อแสงส่องผ่านช่องแคบ ทำให้เกิดเงา (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพบนฉากจะมีลักษณะเอียงเพราะได้รับแสงไม่เพียงพอ (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าเมื่อแสงผ่านช่องแคบจะกระจายแสงได้ดี (จำนวน 1 คน)	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าแสงจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับฉากรับแสงว่าจะรับได้มากหรือน้อย (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าบนฉากจะเกิดเป็นเงา ของช่องแสง (จำนวน 2 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดขึ้นจึงเกิดขึ้นเฉพาะแสงที่ลอดผ่านทั้ง 2 ช่องแคบนั้นมาแล้ว (จำนวน 1 คน) - นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าภาพที่เกิดก็จะเกิดภาพตามที่กั้นของแสงไฟ (จำนวน 3 คน)

แนวคิดวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า แสงเดินทางเพราะมีตัวกลาง (จำนวน 1 คน)	
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า แสงของหลอดไฟไม่ได้เดินทางเป็นเส้นตรงเหมือนกับดวงอาทิตย์ (จำนวน 1 คน)	
	- นักศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า ภาพบนฉากจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง จากจุดเริ่มต้นจะมีลักษณะที่เล็กและขยายใหญ่ตามระยะห่าง (จำนวน 1 คน)	

11. ผลการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในภาพรวม

ผู้วิจัยขอแสดงภาพรวมของผลการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ดังตาราง 27

ตาราง 27 แสดงจำนวนนักศึกษาต่อประเภทแนวคิดฟิสิกส์ในภาพรวม

	ประเภทแนวคิด									
	ก่อนการจัดการเรียนรู้ ความถี่(ร้อยละ)					หลังการจัดการเรียนนรู้ ความถี่(ร้อยละ)				
แนวคิดที่	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
1	1 (5.56)	10 (55.56)	4 (22.22)	0 (0.00)	3 (16.67)	5 (27.78)	5 (27.78)	8 (44.44)	0 (0.00)	0 (0.00)
2	0 (0.00)	3 (16.67)	2 (11.11)	10 (55.56)	3 (16.67)	5 (27.78)	6 (33.33)	7 (38.89)	0 (0.00)	0 (0.00)
3	0 (0.00)	3 (16.67)	6 (33.33)	5 (27.78)	4 (22.22)	3 (16.67)	8 (44.44)	6 (33.33)	1 (5.56)	0 (0.00)
4	0 (0.00	5 (27.78)	5 (27.78)	5 (27.78)	3 (16.67)	8 (44.44)	0 (0.00)	8 (44.44)	2 (11.11)	0 (0.00)
5	3 (16.67)	4 (22.22)	3 (16.67)	5 (27.78)	3 (16.67)	6 (33.33)	2 (11.11)	7 (38.89)	3 (16.67)	0 (0.00)
6	4 (22.22)	5 (27.78)	3 (16.67)	3 (16.67)	3 (16.67)	9 (50.00)	4 (22.22)	3 (16.67)	2 (11.11)	0 (0.00)

แนวคิดที่	ประเภทแนวคิด									
	ก่อนการจัดการเรียนรู้ ความถี่(ร้อยละ)					หลังการจัดการเรียนนรู้ ความถี่(ร้อยละ)				
	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)	(SC)	(PC)	(PC&CM)	(CM)	(NR)
7	0 (0.00)	2 (11.11)	5 (27.78)	7 (38.89)	4 (22.22)	10 (55.56)	1 (5.56)	6 (33.33)	1 (5.56)	0 (0.00)
8	0 (0.00)	3 (16.67)	3 (16.67)	9 (50.00)	3 (16.67)	1 (5.56)	11 (61.11)	4 (22.22)	2 (11.11)	0 (0.00)
9	0 (0.00)	5 (27.78)	5 (27.78)	5 (27.78)	3 (16.67)	1 (5.56)	14 (77.78)	2 (11.11)	1 (5.56)	0 (0.00)
10	0 (0.00)	1 (5.56)	0 (0.00)	13 (72.22)	4 (22.22)	0 (0.00)	8 (44.44)	3 (16.67)	7 (38.89)	0 (0.00)
รวม	8 (4.44)	41 (22.78)	36 (20.00)	62 (34.44)	33 (18.33)	48 (26.67)	59 (32.78)	54 (30.00)	19 (10.56)	0 (0.00)

จากตาราง 27 พบว่าเมื่อพิจารณาผลการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในภาพรวมก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 26.67) สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 4.44) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 32.78) สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 22.78) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 30.00) สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 20.00) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 10.56) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 34.44) และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 0.00) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 18.33)

ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูก่อนและหลังการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้แบบวัดพลังสมรรถนะแห่งตนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้แบบวัดพลังสมรรถนะแห่งตน ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 18 คน ซึ่งเป็นคำถามแบบระดับความคิดเห็น 5 ระดับ จำนวน 33 ข้อ ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบเชิงบวกและเชิงลบ โดยคำถามเชิงลบผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยปรับค่าคะแนนกลับด้านให้เป็นเชิงบวก และวิเคราะห์ร่วมกัน สามารถจำแนกประเภทแบบ 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) การประสบความสำเร็จจาก

การกระทำของตนเอง 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น 3) การชักจูงด้วยคำพูด 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ มีผลการวิจัยดังตารางที่ 28

ตาราง 28 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นพลังสมรรถนะแห่งตน ภาพรวม 4 ด้าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนรู้		ระดับความคิดเห็นหลังการจัดการเรียนรู้	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ด้านที่ 1 การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง	3.123	0.542	3.461	0.721
ด้านที่ 2 การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น	2.943	0.606	3.198	0.527
ด้านที่ 3 การชักจูงด้วยคำพูด	2.904	0.831	3.238	0.828
ด้านที่ 4 การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์	3.285	0.378	3.593	0.451
เฉลี่ยรวม	3.096	0.569	3.370	0.669

จากตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นภาพรวมทั้ง 4 ในภาพรวมระดับความคิดเห็นก่อนใช้แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.10 (SD. = 0.97) และหลังการใช้แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน พบว่า มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.37 (SD. = 0.88) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านก่อนใช้แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน ด้านที่มีผลการประเมินมากที่สุดได้แก่ด้านที่ 4 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.28 (SD. = 0.99) รองลงมา ด้านที่ 1 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.12 (SD. = 0.99) ด้านที่ 3 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.97 (SD. = 1.00) และด้านที่ 2 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.94 (SD. = 0.88) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านหลังใช้แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน ด้านที่มีผลการประเมินมากที่สุดได้แก่ด้านที่ 4 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.59 (SD. = 0.80) รองลงมา ด้านที่ 1 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.46 (SD. = 0.78) ด้านที่ 2 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.20 (SD. = 0.89) และด้านที่ 3 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.13 (SD. = 0.92)

2. การเปรียบเทียบพลังสมรรถนะแห่งตนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบพลังสมรรถนะแห่งตนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ t-test ได้ผลดังตาราง 29 ดังนี้

ตาราง 29 แสดงการเปรียบเทียบพลังสมรรถนะแห่งตนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ประเภท	กลุ่มตัวอย่าง	N	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig
ด้านที่ 1 การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง	ก่อนการจัดการเรียนรู้	10	3.123	0.542	-3.368*	.008
	หลังการจัดการเรียนรู้	10	3.461	0.721		
ด้านที่ 2 การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น	ก่อนการจัดการเรียนรู้	7	2.943	0.606	-2.854*	.029
	หลังการจัดการเรียนรู้	7	3.198	0.527		
ด้านที่ 3 การชักจูงด้วยคำพูด	ก่อนการจัดการเรียนรู้	7	2.904	0.831	-4.745*	.003
	หลังการจัดการเรียนรู้	7	3.238	0.828		
ด้านที่ 4 การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	9	3.285	0.378	-2.944*	.019
	หลังการจัดการเรียนรู้	9	3.593	0.451		
เฉลี่ยรวม	ก่อนการจัดการเรียนรู้	33	3.096	0.569	-5.164*	0.00
	หลังการจัดการเรียนรู้	33	3.370	0.669		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตาราง 29 เมื่อเปรียบเทียบพลังสมรรถนะแห่งตนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผลการประเมินพลังสมรรถนะแห่งตนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ในทุกด้าน อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้แบบสัมภาษณ์พลังสมรรถนะแห่งตน

ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักศึกษา จำนวน 6 คน โดยวิธี FOCUS GROUP ด้วยแบบสัมภาษณ์พลังสมรรถนะแห่งตน ด้วยคำถามครอบคลุม 4 ประเด็น คือ 1) การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment (PA)) 2) การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) 3) การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) 4) การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA) จำนวน 4 คำถามดังนี้

คำถามที่ 1 นักศึกษาจะสามารถบรรลุเป้าหมายการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามที่ตั้งไว้สำหรับตัวเองอย่างไร

คำถามที่ 2 “เมื่อเห็นว่าเพื่อนเรียนหรือทำงานในวิชาฟิสิกส์สำหรับครูได้ นักศึกษาก็คิดว่าตัวเองก็ต้องทำได้เช่นกัน” นักศึกษามีความคิดเห็นอย่างไรต่อประโยคดังกล่าวข้างต้น

คำถามที่ 3 อาจารย์ผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครูอย่างไร

คำถามที่ 4 ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อความรู้สึกของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ตามแบบสัมภาษณ์พลังสมรรถนะแห่งตน ดังนี้

ด้านที่ 1 การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง (Performance Accomplishment (PA)) จากคำถามนักศึกษาจะสามารถบรรลุเป้าหมายการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามที่ตั้งไว้สำหรับตัวเองอย่างไร

ผู้วิจัยพบว่านักศึกษานักศึกส่วนใหญ่มีความเห็นว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก และต้องใช้ทักษะทางการคำนวณ ดังนั้นสิ่งที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียนฟิสิกส์คือต้องฝึกทำโจทย์และฝึกทำแบบฝึกหัดให้มากขึ้น สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา A B D และ E ให้ความเห็นว่า วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก และต้องใช้ทักษะทางการคำนวณ ดังนั้นสิ่งที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียนฟิสิกส์คือต้องฝึกทำโจทย์และฝึกทำแบบฝึกหัดให้มากขึ้น สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ต้องหมั่นฝึกทำแบบฝึกหัด
>
> (A)

> ...ฟิสิกส์ต้องใช้คณิตศาสตร์ และเป็นวิชาที่ยาก คิดว่าสามารถเรียนได้โดยการฝึกทำแบบฝึกหัด
>
> (D)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา C E และ F ได้ให้ความคิดเห็นว่า ในความคิดของนักศึกษาพบว่าฟิสิกส์มีความยาก และประสบการณ์การเรียนที่ผ่านมาในระดับมัธยมนั้นส่งผลให้นักศึกษาไม่เข้าใจในเนื้อหา ดังนั้นนักศึกษาจะพยายามศึกษาจากสื่ออินเตอร์เน็ตประกอบการเรียน สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบนักศึกษาได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...สมัยมัธยมเรียนไม่เข้าใจ จะถามเพื่อนหรือถามผู้สอน หรือศึกษาจากวีดีโอบนอินเตอร์เนต
>
> (E)

...ถ้าไม่เข้าใจจากในห้องเรียนนักศึกษาพยายามหาสื่อต่าง ๆ ในอินเตอร์เนตมาช่วยประกอบการเรียน

(F)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา F ให้ความเห็นว่า นักศึกษาไม่เข้าใจในเนื้อหา เนื่องจากวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเป็นวิชาเอกที่ต้องเรียน นักศึกษาก็จะพยายามเรียนและตั้งใจให้มากขึ้น เพราะนักศึกษาเชื่อว่าถ้ามีความพยายามก็จะประสบความสำเร็จได้ แสดงตัวอย่างคำตอบได้ดังนี้

...พยายามจะทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียน ถ้าไม่เข้าใจจากในห้องเรียนนักศึกษาพยายามหาสื่อต่าง ๆ ในอินเตอร์เนตมาช่วยประกอบการเรียน

(F)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา B และ E ให้ความเห็นว่าในการเรียนนั้นนักศึกษาไม่ได้เรียนคนเดียวแต่มีเพื่อนและผู้สอนที่สามารถให้คำแนะนำได้ นักศึกษาก็จะประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาฟิสิกส์ได้

...ฟิสิกส์เป็นเรื่องยากสำหรับนักศึกษาแต่รู้ว่าสามารถถามเพื่อนได้ ถ้าเพื่อนไม่สามารถอธิบายให้เข้าใจจะถามอาจารย์

(B)

...สมัยมัธยมเรียนไม่เข้าใจ จะถามเพื่อนหรือถามผู้สอน หรือศึกษาจากวีดีโอบนอินเตอร์เนต

(E)

ด้านที่ 2 การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น (Vicarious Learning, VL) จากคำถาม“เมื่อเห็นว่าเพื่อนเรียนหรือทำงานในวิชาฟิสิกส์สำหรับครูได้ นักศึกษาก็คิดว่าตัวเองก็ต้องทำได้เช่นกัน” นักศึกษามีความคิดเห็นอย่างไรต่อประโยคดังกล่าวข้างต้น

ผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีความเห็นว่าเห็นด้วยกับประโยคดังกล่าวเพราะปัจจัยสำคัญในการเรียนของนักศึกษาคือเพื่อน โดยเฉพาะเวลาทำงานกลุ่มนักศึกษาจะคอยสังเกตเพื่อนที่เก่งและสามารถทำงานได้ดี ทำให้นักศึกษาต้องการประสบความสำเร็จแบบเพื่อน สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา B C D E และ F ให้ความเห็นว่าเห็นด้วยกับประโยคดังกล่าวเพราะปัจจัยสำคัญในการเรียนของนักศึกษาคือเพื่อน โดยเฉพาะเวลาทำงานกลุ่มนักศึกษาจะคอยสังเกตเพื่อนที่เก่งและสามารถทำงานได้ดี ทำให้นักศึกษาต้องการประสบความสำเร็จแบบเพื่อน แสดงตัวอย่างคำตอบ 2 คำตอบ ได้ดังนี้

> ...เห็นด้วยเพราะเพื่อนช่วยทำงานในกลุ่มให้สำเร็จ บางครั้งเห็นเพื่อนทำงานได้ ก็ทำให้อยากทำให้ได้เหมือนเพื่อน
>
> (B)

> ...เห็นด้วยเพราะเวลาทำงานกลุ่มเพื่อนที่เก่งกว่าจะสามารถช่วยให้งานสำเร็จ และเราก็อยากทำให้ได้แบบเพื่อน
>
> (D)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา A ให้ความเห็นว่าไม่เห็นด้วยกับประโยคดังกล่าวเพราะบางครั้งนักศึกษาสามารถทำงานได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องสนใจเพื่อน เพื่อนไม่ได้มีอิทธิพลต่อการทำงาน แสดงคำตอบได้ดังนี้

> ...เพื่อนไม่ได้มีอิทธิพลต่อการเรียนหรือการทำงานงาน เนื่องจากสามารถดูแลตัวเองได้
>
> (A)

ด้านที่ 3 การชักจูงด้วยคำพูด (Social Persuasion, SP) จากคำถามอาจารย์ผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครูอย่างไร

ผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีความเห็นว่าผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนของนักศึกษาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการใช้คำพูด ถ้าผู้สอนพูดให้กำลังใจนักศึกษา นักศึกษาจะมีความรู้สึกกระตือรือร้นในการเรียน กิจกรรมที่ได้ลงมือปฏิบัติทำให้นักศึกษาได้เข้าใจในเนื้อหาวิชามากขึ้น และการเรียนการสอนแบบกลุ่มทำให้นักศึกษาได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน ทำให้เกิดการช่วยเหลือในการทำงานและการเรียนมากขึ้น สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา A B C D E และ F กล่าวว่าผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนของนักศึกษาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการใช้คำพูดในการให้กำลังใจนักศึกษา ไม่ใช้คำพูดบั่นทอนจิตใจนักศึกษา สามารถแสดงคำตอบได้ 2 คำตอบดังนี้

...ในการเรียนการสอนผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนของนักศึกษา ผู้สอนมักมีการสอบถามและพูดให้กำลังใจ เช่น “ลองทำดูก่อน” “ไม่ยากหรอก” “ค่อย ๆ คิด” ไม่ต้องเครียด” และไม่เคยใช้คำพูดที่ทำให้รู้สึกแย่หรือท้อกับการเรียน มีการพูดคุยกันระหว่างนักศึกษาและเพื่อนตลอดเวลา

(B)

...ผู้สอนทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ที่ดี คำพูดที่ใช้บ่อย ๆ คือ “นักศึกษาไม่เข้าใจตรงไหนสอบถามได้นะคะ” และ “พวกเราทำได้” และ “ไม่ต้องเครียด” และคำถามที่ผู้สอนได้ใช้ในการถามผู้เรียนทำให้นักศึกษาได้ตรวจสอบว่าตนเองนั้นมีความเข้าใจถูกต้องหรือไม่

(C)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา A B C D E และ F ให้ความเห็นเพิ่มเติมว่าการเรียนการสอนแบบกลุ่มทำให้นักศึกษาได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน ทำให้เกิดการช่วยเหลือในการทำงานและการเรียนมากขึ้น สามารถแสดงคำตอบ 2 คำตอบดังนี้

...ผู้สอนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อนักศึกษา ทั้งยังส่งเสริมให้นักศึกษาพูดคุยกันระหว่างเพื่อน เน้นย้ำให้ทุกคนในกลุ่มช่วยกันทำงาน

(A)

...ผู้สอนปลูกฝังให้ผู้เรียนช่วยเหลือกันทำงาน สร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีภายในกลุ่ม

(E)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา A B และ C กล่าวว่าช่วงการถามตอบจะช่วยกระตุ้นให้นักศึกษาได้คิด และสามารถตรวจสอบว่าตนเองเข้าใจถูกหรือไม่อย่างไร

...คำถามที่ผู้สอนได้ใช้ในการถามผู้เรียนทำให้นักศึกษาได้ตรวจสอบว่านักศึกษามีความเข้าใจอย่างไร

(A)

...ผู้สอนมักใช้วิธีการถามเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาได้คิด ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถคิดหาคำตอบไปพร้อมกับผู้สอน

(C)

ด้านที่ 4 การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์ (Emotional Arousal, EA) จากคำถามปัจจัยใดที่ส่งผลต่อความรู้สึกของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

ผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีความเห็นว่า รู้สึกดีที่ผู้สอนให้ทำกิจกรรมกลุ่ม และรู้สึกดีที่กิจกรรมในห้องเรียนเน้นการปฏิบัติทำให้ไม่น่าเบื่อ สามารถแสดงคำตอบของนักศึกษาได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักศึกษา A B C D E และ F รู้สึกดีที่ผู้สอนให้ทำกิจกรรมกลุ่ม สามารถแสดงคำตอบได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...ผู้สอนให้ทำกิจกรรมกลุ่มเพราะไม่น่าเบื่อ รู้สึกดีเมื่ออาจารย์มอบหมายงานกลุ่ม ไม่ชอบให้อาจารย์ใช้คำถามเป็นรายบุคคลเพราะรู้สึกกดดัน
>
> (A)

> ...ชอบทำกิจกรรมการทดลอง กิจกรรมกลุ่ม รู้สึกสบายใจเพราะมีเพื่อนช่วย ไม่ชอบเวลาอาจารย์ถามตอบเป็นรายบุคคล
>
> (B)

กลุ่มที่ 2 นักศึกษา A B C D E และ F รู้สึกดีที่กิจกรรมในห้องเรียนเน้นการปฏิบัติ สามารถแสดงคำตอบได้ 2 คำตอบ ดังนี้

> ...ชอบทำงานเป็นทีม รู้จุดอ่อนของตนเองเมื่อได้ออกไปฝึกปฏิบัติการสอนหน้าห้องเรียน รู้สึกกดดันเมื่อผู้สอนถามคำถามเป็นรายบุคคล
>
> (C)

> ...ชอบทำกิจกรรมการทดลอง กิจกรรมกลุ่ม รู้สึกสบายใจการทำกิจกรรมกลุ่มเพราะมีเพื่อนช่วย
>
> (B)

กลุ่มที่ 3 นักศึกษา B C D E และ F กล่าวว่าตอนทำกิจกรรมฝึกปฏิบัติการสอนทำให้นักศึกษาต้องเตรียมตัวและทำความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น เมื่อมีโอกาสได้ทดลองปฏิบัติการสอนเพื่อนในห้องพบว่ามีความตื่นเต้นและประหม่าทำให้นักศึกษาลืมเนื้อหา ถ้านักศึกษามีโอกาสได้แก้ตัวคิดว่าะทำได้ดีขึ้น สิ่งที่ต้องปรับปรุงลำดับแรกคือต้องทำความเข้าใจในเนื้อหาและตั้งสติในการสอนให้มากขึ้น สามารถแสดงคำตอบได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...รู้จุดอ่อนของตนเองเมื่อได้ออกไปฝึกปฏิบัติการสอนหน้าห้องเรียน รู้สึกกังวล เพราะไม่แม่นเนื้อหา

(C)

...การที่ได้ฝึกปฏิบัติการสอนทำให้รู้ข้อบกพร่องของตัวเองและพร้อมที่จะปรับปรุงตัวเองโดยเฉพาะเรื่องเนื้อหา เนื่องจากไม่ค่อยเข้าใจในเนื้อหาวิชาส่งผลต่อความมั่นใจในการฝึกปฏิบัติ

(F)

กลุ่มที่ 4 นักศึกษา C D E และ F กล่าวว่าปัญหาของการเรียนฟิสิกส์ของนักศึกษาคือไม่สามารถแก้โจทย์ฟิสิกส์ได้ ทำให้นักศึกษารู้สึกท้อ สามารถแสดงคำตอบ 2 คำตอบ ดังนี้

...เมื่อเจอเนื้อหาหรือแบบฝึกยาก ๆ ทำให้รู้สึกท้อ แต่ก็มีเพื่อนและอาจารย์คอยให้กำลังใจ บางครั้งรู้สึกกดดันเมื่อผู้สอนถามคำถามเป็นรายบุคคล

(D)

...การเรียนฟิสิกส์บางครั้งที่เจอโจทย์ยาก ๆ ก็รู้สึกท้อ

(F)

กลุ่มที่ 5 นักศึกษา A B และ C กล่าวว่าบางครั้งผู้สอนใช้คำถามเป็นรายบุคคลทำให้นักศึกษารู้สึกกดดัน อยากให้ใช้คำถามเป็นกลุ่มหรือถามในภาพรวมทั้งห้องน สามารถแสดงคำตอบได้ 2 คำตอบ ดังนี้

...รู้สึกดีเมื่ออาจารย์มอบหมายงานกลุ่ม ไม่ชอบให้อาจารย์ใช้คำถามเป็นรายบุคคล เพราะรู้สึกกดดัน

(A)

...ไม่ชอบเวลาอาจารย์ถามตอบเป็นรายบุคคล ต้องการให้ผู้สอนถามในภาพรวม

(B)

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน เพื่อพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู และเพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย พร้อมทั้งเสนอข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

1.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิด มีดังนี้

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดแนวคิดฟิสิกส์ เรื่อง พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน สมดุลความร้อน แสงเดินทางเป็นเส้นตรง การเกิดเงา การสะท้อนแสง การหักเหแสง ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 18 คน ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ จัดกิจกรรมพัฒนาแนวคิดโดยใช้กลวิธี 3 กลวิธี ได้แก่ กลวิธีเนื้อหารายวิชา กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตรและกลวิธีแบบสืบสอบ กิจกรรมทั้งหมด 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1.1 ศึกษามาตรฐานตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อทำให้นักศึกษาทราบถึงเป้าหมายและแนวคิดสำคัญที่จะทำการเรียนการสอน

ผู้วิจัยนำมาตรฐานตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางขึ้นพื้นฐานมาให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้า เนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญที่นักศึกษาจะต้องทราบเมื่อไปปฏิบัติการสอนในสถานศึกษา ทำให้นักศึกษาทราบเป้าหมายและแนวคิดสำคัญที่นักศึกษาต้องเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีความเข้าใจในรายวิชามากขึ้น เมื่อพิจารณาจากชิ้นงานในการแสดงความเชื่อมโยงคำอธิบายรายวิชากับตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานทำให้นักศึกษาเห็นความสำคัญของแนวคิดที่จะต้องศึกษาเพื่อนักศึกษาสามารถนำไปสู่การปฏิบัติการสอนในอนาคต

1.1.2 ศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนจากบทความวิจัยทำให้นักศึกษาครูตระหนักถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนของตนเองและของนักเรียนที่จะต้องไปสอนในอนาคต

ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักศึกษาศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนจากบทความวิจัยมุ่งหวังว่ากิจกรรมนี้ส่งเสริมให้นักศึกษาครูตระหนักถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนของตนเองและของนักเรียนที่จะต้องไปสอนในอนาคต นักศึกษาสามารถอธิบายแนวคิดคลาดเคลื่อนจากบทความวิจัยและบอกได้ว่าแนวคิดที่ถูกต้องคืออะไรบ้าง และนักศึกษายังค้นพบว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องความร้อนและแสงยังมีอยู่มาก ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในอนาคตจะต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก

1.1.3 ใช้สถานการณ์สำหรับตรวจสอบความรู้เดิมและเชื่อมโยงการนำไปใช้ประโยชน์

ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ตรวจสอบความรู้เดิมของนักศึกษา โดยสถานการณ์ที่เลือกเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยมุ่งหวังวาจะสามารถทำให้นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ที่กำลังจะได้รับในการเรียน และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดกับการนำไปใช้ประโยชน์ พบว่าการจัดสถานการณ์ที่หลากหลายสามารถกระตุ้นให้นักศึกษาแสดงแนวคิดเดิมให้ผู้สอนทราบ และผู้สอนสามารถเพิ่ม เติมส่วนที่ขาดหายให้กับนักศึกษาได้ ขณะเดียวกันการนำสถานการณ์มาใช้ในการเชื่อมโยงแนวคิดกับการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันสามารถทำให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิดมากขึ้น

1.1.4 เน้นให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรง เช่น การทดลอง การลงมือปฏิบัติกิจกรรม

ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนที่เน้นให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรงเพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงความรู้ หรือสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นในตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยเป็นผู้แนะนำ กระตุ้น หรืออำนวยความสะดวก ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้น ผู้วิจัยพบว่าผู้สอนไม่จำเป็นต้องอธิบายแนวคิดทั้งหมดให้ผู้เรียนทราบก่อน แต่ผู้เรียนจะค้นพบแนวคิดใหม่ด้วยตัวเองจากการลงมือปฏิบัติ

1.1.5 เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ระดมความคิดและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักศึกษามีกระบวนการระดมความคิดจากทุก ๆ มุมมองของเพื่อนในกลุ่มและเพื่อนร่วมชั้นเรียน โดยไม่มีการตัดสินถูกผิด ของสมาชิก เพื่อหาทางเลือกในการตัดสินใจในการวางแผนการทำกิจกรรมให้สำเร็จลุล่วง และยังเปิดโอกาสให้รักศึกษาร่วมกันอภิปรายเพื่อพิจารณาว่ากิจกรรมที่ทำนั้นส่งเสริมให้เกิดแนวคิดเรื่องอะไร ผู้วิจัยพบว่าในการระดมความคิดและการอภิปรายผลหลังการทำกิจกรรมนั้นช่วยปรับปรุงแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักศึกษาได้เป็นอย่างดี

1.1.6 เปิดโอกาสให้นักศึกษามีการฝึกปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถถ่ายทอดความรู้แก่ผู้อื่น

แนวทางการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดนั้นผู้สอนได้มอบหมายให้นักศึกษาทดลองปฏิบัติการสอนให้กับเพื่อน ๆ ในเรื่องความร้อนและแสง มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดของนักศึกษาว่าถูกต้องหรือไม่จากการถ่ายทอดสู่เพื่อนในห้อง ผู้วิจัยพบว่ากิจกรรมการปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน เป็นการเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ฝึกเตรียมตัวในการปฏิบัติการสอนในอนาคต นักศึกษาให้ความเห็นว่ากิจกรรมนี้ทำให้นักศึกษาทราบว่ามีจุดด้อยและจุดเด่นอะไรบ้าง และจะเป็นแนวทางในการปฏิบัติการสอนในอนาคต

1.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน มีดังนี้

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ใน 4 ประเด็น ผู้วิจัยนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนของงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง
2. การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น
3. การชักจูงด้วยคำพูด
4. การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์

1.2.1 มอบหมายให้นักศึกษาทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้เห็นแบบอย่างจากเพื่อนในการทำงานให้ประสบความสำเร็จและการกระตุ้นให้เกิดการช่วยเหลือกันในกลุ่มผู้ที่เก่งกว่าช่วยผู้ที่อ่อนกว่า

ผู้วิจัยได้ทำการจัดสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนให้เอื้ออำนวยต่อการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยได้จัดให้นักศึกษานั่งเป็นกลุ่ม และมีกระบวนการคละนักศึกษาที่เก่งและอ่อนโดยใช้ผลการเรียนจากวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 1 มาเป็นเกณฑ์ในการคละกลุ่ม และยังส่งเสริมให้แบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่ม เพื่อส่งเสริมให้ผู้ที่เก่งกว่าช่วยเหลือเพื่อนที่อ่อนกว่า ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม ผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีพฤติกรรมการเรียนเปลี่ยนไป เช่น การกล้าที่จะปรึกษาเพื่อน ปรึกษาอาจารย์ แสดงความคิดเห็นในกลุ่ม และต้องการประสบความสำเร็จในการเรียนและทำได้แบบเพื่อนที่เก่งกว่า

1.2.2 ใช้คำพูดเสริมแรงทางบวกและการสื่อสารของผู้สอนในชั้นเรียนเน้นการให้กำลังใจผู้เรียน เพื่อสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความหมาย

ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีเสริมแรงทางบวกโดยใช้คำพูด เพราะการเสริมแรงเชิงบวกเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการปรับพฤติกรรมเด็กที่มีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน แม้ว่าจะยุติกระบวนการเสริมแรงเชิงบวกไปแล้วก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับการใช้การเสริมแรงเชิงบวกในห้องเรียน พบว่าช่วยปรับพฤติกรรมของผู้เรียนให้เหมาะสม มีทักษะในการอยู่ร่วมกับผู้อื่น และ

มารยาททางสังคมที่ดีมากยิ่งขึ้น และการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียน โดยผู้สอนใช้ในทางตรง ได้แก่ การพูดติดต่อกับผู้เรียน การใช้ตำรา อุปกรณ์การสอน เครื่องมือ วิธีการให้ทำงานหรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ เป็นสื่อ และในทางอ้อม ผู้สอนอาจใช้ท่าทางการแสดงออก เช่น สั่นศีรษะ ยิ้ม พยักหน้า เป็นต้น ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาเปิดใจกับผู้สอนมากขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็นมากขึ้น กล้าปรึกษาผู้สอนในการทำกิจกรรม และผู้เรียนอยากที่จะเรียนวิชาฟิสิกส์มากขึ้นเพราะได้ทำกิจกรรมที่หลากลาย

2. ผลการพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาแนวคิดทั้งหมดจำนวน 10 แนวคิด ได้แก่ 1) พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ 2) การนำความร้อน 3) การพาความร้อน 4) การแผ่รังสีความร้อน 5) สมดุลความร้อน 6) แสงเดินทางเป็นส้นตรง 7) การเกิดเงา 8) การสะท้อนแสง 9) การหักเหแสง 10) ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

2.1 แนวคิดเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิของนักศึกษา ด้วยคำถาม เมื่อเราตักไอศกรีมวางไว้ในอากาศ ในพื้นที่อากาศร้อนและพื้นที่อากาศเย็น เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ จะพบว่าเกิดอะไรขึ้น จงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 บริเวณนี้พบว่า**ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดได้ดังนี้ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 5.56 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 50.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 0.00 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 22.22 และ**หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่องพลังงานความร้อนกับอุณหภูมิของนักศึกษา พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดได้ดังนี้ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 44.44 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0

2.2 แนวคิดการนำความร้อน

ผู้วิจัยใช้คำถามดังนี้ เมื่อใช้มือจับโต๊ะไม้และโต๊ะอลูมิเนียม ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) เพราะเหตุใดนักศึกษาจึงรู้สึกว่า โต๊ะอลูมิเนียมเย็นกว่าไม้ เพราะสาเหตุใด จงให้เหตุผล **ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดได้ดังนี้ กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 11.11 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 55.56 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 **หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดเชิง

วิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 33.33 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 38.89 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0

2.3 แนวคิดการพาความร้อน

ผู้วิจัยใช้คำถามดังนี้ ช่วงฤดูหนาว คนสมัยก่อนนิยมก่อกองไฟเพื่อให้ความอบอุ่นกับร่างกาย นักศึกษาคิดว่าตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลอย่างไร **ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 33.33 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 22.22 **หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่ากลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 44.44 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 33.33 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 5.56 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

2.4 แนวคิดการแผ่รังสีความร้อน

ผู้วิจัยใช้คำถามดังนี้ ถ้านักศึกษานำเหล็กกล้าไปจ่อไฟจนร้อนเป็นสีส้ม ในห้องที่ปิดทึบ ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ จากสถานการณ์ข้างต้น ทำไมนักศึกษาถึงรู้สึกร้อนเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ ๆ เหล็กกล้านั้น **ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 27.78 **หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 44.44 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 50.00 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อย 11.11 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

2.5 แนวคิดเรื่องสมดุลความร้อน

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่องสมดุลความร้อน ของนักศึกษา ด้วยคำถาม ไส้กรอก 2 อัน มีมวลขนาดใหญ่และเล็กตามลำดับ ซึ่งทำจากวัตถุดิบชนิดเดียวกัน นำไส้กรอกทั้ง 2 ก้อน ไปอบที่อุณหภูมิเดียวกัน หลังจากนำไส้กรอกทั้งสองออกมาจากเตาอบ เมื่อปล่อยให้เวลาผ่านไปเรื่อย ๆ

นักศึกษาคิดว่าสุดท้ายไส้กรอกทั้งสองก้อนมีอุณหภูมิเป็นอย่างไร จงให้เหตุผล **ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดได้ดังนี้กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 **หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดได้ดังนี้กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 33.33 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 11.11 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 38.89 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

2.6 แนวคิดแสงเดินทางเป็นเส้นตรง

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่องสมบัติของแสง ของนักศึกษา ด้วยคำถามจงยกตัวอย่างปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใดที่แสดงให้เห็นว่าแสงมีลักษณะเป็นเส้นตรง จงให้เหตุผล **ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 **หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดได้ดังนี้กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 50.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 11.11 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

2.7 แนวคิดการเกิดเงา

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่องสมบัติของแสง ของนักศึกษา ด้วยคำถามแหล่งกำเนิดมีหลายชนิด เช่น ดวงอาทิตย์ หลอดไฟ และเทียนไข เมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสงลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพมีลักษณะอย่างไร จงอธิบาย **ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 11.11 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 38.89 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 22.22 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดได้ดังนี้กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 55.56

กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 5.56 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 33.33 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 5.56 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

2.8 แนวคิดการสะท้อนแสง

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต ของนักศึกษา ด้วยคำถาม ถ้าเรายืนหันหน้าเข้าหากระจกเงาราบภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด **ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 50.00 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 **หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 5.56 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 61.11 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 22.22 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 11.11 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

2.9 แนวคิดการหักเหแสง

ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต ของนักศึกษา ด้วยถ้านักศึกษาทำเหรียญตกลงในอ่างน้ำ นักศึกษาพยายามหยิบเหรียญขึ้นมาด้วยมือเปล่าหลายครั้งถึงจะได้เหรียญขึ้นมา จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมถึงต้องหยิบหลายครั้ง **ก่อน**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 27.78 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 16.67 **หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 5.56 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 77.78 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 11.11 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 5.56 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

2.10 แนวคิดเรื่องทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์

ในเรื่องนี้ผู้วิจัยต้องการให้นักศึกษาเกิดแนวคิดว่าทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ประกอบด้วย การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน ผู้วิจัยได้ทดสอบแนวคิดเรื่อง ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตของนักศึกษา ด้วยคำถาม ถ้าเราให้แสงจากหลอดไฟผ่านช่องแคบ 1 ช่อง และ 2 ช่อง ให้นักศึกษาทำนายว่าภาพบนฉากจะมีลักษณะอย่างไร จงให้เหตุผลการปรากฏภาพบนฉากรับภาพของแสง **ก่อน** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 5.56 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 72.22 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 22.22 **หลัง**การจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 0.00 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) คิดเป็นร้อยละ 44.44 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) คิดเป็นร้อยละ 16.67 กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) คิดเป็นร้อยละ 38.89 และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) คิดเป็นร้อยละ 0.00

ผลการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในภาพรวมก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SC) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 26.67) สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 4.44) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 32.78) สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 22.78) กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 30.00) สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 20.00) กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 10.56) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 34.44) และกลุ่มที่มีไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (NR) หลังการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 0.00) ลดลงจากก่อนการจัดการเรียนรู้ (คิดเป็นร้อยละ 18.33)

3. ผลการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

3.1 ผลการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูพบว่า เมื่อเปรียบเทียบพลังสมรรถนะแห่งตนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผลการประเมินพลังสมรรถนะแห่งตนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ในทุกด้าน อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

3.2 ผลการสัมภาษณ์นักศึกษาเกี่ยวกับพลังสมรรถนะแห่งตนพบว่าด้านที่ 1 การประสบความสำเร็จจากการกระทำของตนเอง นักศึกษากล่าวว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก และต้องใช้ทักษะทางการคำนวณ ดังนั้นสิ่งที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียนฟิสิกส์คือต้องฝึกทำโจทย์และฝึกทำแบบฝึกหัดให้มาก ๆ ด้านที่ 2 การได้เห็นตัวแบบหรือประสบการณ์ของคนอื่น นักศึกษาส่วนใหญ่เห็นด้วยกับประโยคดังกล่าวเพราะตัวแปรสำคัญในการเรียนของนักศึกษาคือเพื่อน โดยเฉพาะเวลาทำงานกลุ่มนักศึกษาจะคอยสังเกตเพื่อนที่เก่งและสามารถทำงานได้ดี ทำให้นักศึกษาอยากเป็นอย่างเพื่อนบ้าง และนักศึกษาก็ได้ลองกลับไปปฏิบัติดูเพื่อพัฒนาตัวเอง ด้านที่ 3 การชักจูงด้วยคำพูด นักศึกษาให้ความเห็นว่าผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนของนักศึกษาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดให้กับนักศึกษา นักศึกษาจะมีความรู้สึกกระตือรือร้นในการเรียนในกิจกรรมที่ได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้นักศึกษาได้เข้าใจในเนื้อหาวิชามากขึ้น และการเรียนการสอนแบบกลุ่มทำให้นักศึกษาได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน ทำให้เกิดการช่วยเหลือในการทำงานและการเรียนมากขึ้น ด้านที่ 4 การกระตุ้นทางร่างกายและทางอารมณ์นักศึกษามีความคิดเห็นว่ารู้สึกดีที่ผู้สอนให้ทำกิจกรรมกลุ่ม และรู้สึกดีที่กิจกรรมในห้องเรียนเน้นการปฏิบัติทำให้ไม่น่าเบื่อ

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยจากการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน แบ่งเป็น 3 ประเด็น ดังนี้ 1. แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน 2. การพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 3.การพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

1. แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

ผู้วิจัยใช้กลวิธี 3 กลวิธี ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2) กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร 3) กลวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ในงานวิจัยนี้มีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็น 2 แนวทางหลัก ดังนี้ 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดประกอบด้วย 1) ศึกษามาตรฐานตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานเพื่อทำให้นักศึกษาทราบถึงเป้าหมายและแนวคิดสำคัญที่จะทำการเรียนการสอน ผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีความเข้าใจในรายวิชามากขึ้น ทำให้นักศึกษาเห็นความสำคัญของแนวคิดที่จะต้องศึกษาเพื่อนักศึกษาสามารถนำไปสู่การปฏิบัติการสอนในอนาคต ซึ่งการออบแบบหลักสูตรของผู้วิจัยสอดคล้องกับ Taba (1962) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับ การออกแบบหลักสูตรว่าเป็นการจัดองค์ประกอบพื้นฐาน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ จุดหมายเป้าหมายและวัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผล 2) ศึกษา

แนวคิดคลาดเคลื่อนจากบทความวิจัยทำให้นักศึกษาครูตระหนักถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนของตนเองและของนักเรียนที่จะต้องไปสอนในอนาคต จากการศึกษาวิจัยพบว่านักศึกษาครูและนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษามีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องความร้อนและแสงอยู่มากนั้น ทำให้นักศึกษาเกิดความตระหนักว่า ถ้านักศึกษาในฐานะครูผู้สอนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อนักเรียนที่พวกเขาจะไปสอนในอนาคตด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Murphy, & Smith (2012) ที่พบว่าปัญหาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนนั้นมีความสำคัญเพราะส่งผลต่อการประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาในอนาคต 3) ใช้สถานการณ์สำหรับตรวจสอบความรู้เดิมและเชื่อมโยงการนำไปใช้ประโยชน์ จากการศึกษาวิจัยพบว่านักศึกษาไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาในระดับมัธยมมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่และไม่สามารถเชื่อมโยงการนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดนั้นควรตรวจสอบความรู้เดิมของนักศึกษา ซึ่งถือว่าเป็นขั้นที่มีความจำเป็นสำหรับการสอน เพราะเป้าหมายที่สำคัญ คือ การกระตุ้นให้นักศึกษามีความสนใจและตื่นเต้นกับการเรียน สามารถสร้างความรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งสอดคล้องกับ Eisenkraft (2003, pp. 56-59) ได้นำเสนอรูปแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) มีจุดเด่นคือมีการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนและการนำความรู้ไปใช้เพราะขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ทำให้ผู้สอนทราบพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนและทำให้ ผู้สอนสามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เป็นของตนเองและสามารถนำความรู้ไปใช้ประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ในสถานการณ์อื่น 4) เน้นให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์ตรง เช่น การทดลอง การลงมือปฏิบัติกิจกรรม จากการศึกษาวิจัยพบว่านักศึกษาสามารถเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์มากกว่าการเรียนแบบบรรยาย ซึ่งสอดคล้องกับ รินรดี พรวิริยะสกุล (2554) ที่พบว่าการจัดการเรียนการสอน ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงควบคู่ไปกับการเรียนเนื้อหา เป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ นักศึกษาครูที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง 5) เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ระดมความคิดและอภิปรายผลการทำกิจกรรม เนื่องจากผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักศึกษาร่วมกันแสดงความคิด ร่วมกันนำเสนอผลงานของกลุ่ม ซึ่งทำให้นักศึกษานทุกคนได้ร่วมกิจกรรมเกิดกระบวนการระดมสมอง โดยผู้วิจัยสร้างบรรยากาศในการอภิปรายให้นักศึกษามีมีความสุข ในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ ทิศนา แขมมณี (2548, น. 325) ได้กล่าวถึงข้อดีของการอภิปรายกลุ่มย่อยไว้ดังนี้ 1) เป็นวิธีสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนกลุ่มมีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างทั่วถึง 2) เป็นวิธีสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนได้ข้อมูล และความคิดเห็นที่หลากหลาย ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างทั่วถึง 3) เป็นวิธีสอนที่ช่วยส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะต่าง ๆ จำนวนมาก เช่นทักษะการพูด การแสดงความคิดเห็น การโต้แย้ง การวิพากษ์วิจารณ์ และทักษะการคิด เป็นต้น 6) เปิดโอกาสให้นักศึกษามีการฝึกปฏิบัติการสอนในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถถ่ายทอดความรู้แก่ผู้อื่น จากการศึกษาวิจัยพบว่าปัจจัยที่ส่งผล

ให้นักศึกษาไม่ประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนการสอน คือ นักศึกษาไม่เข้าใจในการเขียนแผนการจัดการเรียนการสอน ไม่เข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ ไม่มีความมั่นใจในการปฏิบัติหน้าที่สอน ซึ่งสอดคล้องกับ เอมอร วันเอก (2559) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ ปัจจัยที่สนับสนุนต่อความเข้าใจ และการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบหาความรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนการสอนของอาจารย์ผู้สอน การเข้าใจหลักสูตรของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ รูปแบบของกิจกรรมในแต่ละสัปดาห์ และความสนใจของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ และ 2) แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตน ประกอบด้วย 1) มอบหมายให้นักศึกษาทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้เห็นแบบอย่างจากเพื่อนในการทำงานให้ประสบความสำเร็จและการกระตุ้นให้เกิดการช่วยเหลือกันในกลุ่มผู้ที่เก่งกว่าช่วยผู้ที่อ่อนกว่า 2) ใช้คำพูดเสริมแรงทางบวกและการสื่อสารของผู้สอนในชั้นเรียนเน้นการให้กำลังใจผู้เรียน เพื่อสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความหมาย จากการวิจัยพบว่านักศึกษาที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนสูงสามารถที่จะถ่ายทอดความรู้ให้กับเพื่อนโดยผ่านการฝึกปฏิบัติการสอนดีกว่านักศึกษาที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ Chan (2007) ที่พบว่าครูที่มีพลังสมรรถนะแห่งตนสูง จะมีพฤติกรรมการสอนที่มั่นคงและพยายามหาวิธีการสอนที่ช่วยแก้ปัญหาของผู้เรียน

2. การพัฒนาแนวคิดของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

ผลการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์จากการใช้ 1) กลวิธีเนื้อหารายวิชา 2) กลวิธีการศึกษาหัวข้อหลักสูตร 3) กลวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ในการจัดการเรียนรู้ พบว่าในภาพรวมแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ แนวคิดที่ได้รับการพัฒนามากที่สุดได้แก่ การเกิดเงา รองลงมาได้แก่ การแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อน พลังงานความร้อนกับอุณหภูมิ การพาความร้อน ตามลำดับ และแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาน้อยที่สุดได้แก่แนวคิดทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ ซึ่งพบว่าเป็นผลจากการวางแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยโดยได้ดำเนินการจัดกิจกรรม ให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติ และทำการทดลอง ตลอดจนได้ทำงานร่วมกับเพื่อนเกิดปฏิสัมพันธ์การทำงานร่วมกันช่วยเหลือกันในกลุ่มของตนเองซึ่งสอดคล้องกับ Menon and Sadler (2016) กล่าวว่าการสอนแบบผู้เรียนมีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาแนวคิดทางฟิสิกส์ได้ และสอดคล้องกับ จิรัสยา นาคราช (2558) กล่าวว่าแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่เน้นการลงมือปฏิบัติด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และพบว่ากิจกรรมการทดลองบางกิจกรรมไม่สามารถทำให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ได้ชัดเจน ส่งผลให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนขึ้น สอดคล้องกับกุลธิดา สุวัชระกุลธร (2556) ที่กล่าวถึงกิจกรรมการทดลองที่ใช้ในการจัดกิจกรรมให้ผลการทำกิจกรรมที่สังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจน อาจส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่กับแนวคิดเดิม และส่งผลให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน

3. การพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นภาพรวมทั้ง 4 ในภาพรวมระดับความคิดเห็นก่อนใช้แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูเพื่อการพัฒนาแนวคิด พบว่าพลังสมรรถนะแห่งตนหลังการใช้แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ และผลจากการสัมภาษณ์พบว่านักศึกษาให้ความเห็นเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก และต้องใช้ทักษะทางการคำนวณ ดังนั้นสิ่งที่จะทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียนฟิสิกส์คือต้องฝึกทำโจทย์และฝึกทำแบบฝึกหัดให้มากขึ้น นักศึกษามีความคิดเห็นว่าการที่เห็นเพื่อนเรียนหรือทำงานในวิชาฟิสิกส์สำหรับครูประสบความสำเร็จได้นั้น นักศึกษาก็คิดว่าตัวเองก็ต้องทำได้เช่นกัน เพราะเพื่อนถือว่ามีความสำคัญในการเรียนของนักศึกษา โดยเฉพาะเวลาทำงานกลุ่มนักศึกษาจะคอยสังเกตเพื่อนที่เก่งและสามารถทำงานได้ดี ทำให้นักศึกษาต้องการเป็นแบบอย่างเพื่อนบ้าง ขณะเดียวกันผู้สอนมีอิทธิพลต่อการเรียนของนักศึกษาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดให้กับนักศึกษา นักศึกษาจะมีความรู้สึกกระตือรือร้นในการเรียน โดยเฉพาะกิจกรรมที่ได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้นักศึกษาได้เข้าใจในเนื้อหาวิชามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Posnanski (2007) ที่พบว่าพลังสมรรถนะแห่งตนจะไม่ถูกปรับปรุงถ้าผู้สอนยังใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย และสอดคล้องกับ Zundans-Fraser, & Lancaster (2012) ที่พบว่าการออกแบบโปรแกรมในการพัฒนาพลังสมรรถนะแห่งตนควรจะใช้มีวิธีการที่เน้นให้นักศึกษาครูได้ลงมือปฏิบัติและทำงานร่วมกัน ตลอดจนมีการอภิปรายร่วมกัน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยการเรียนการสอนแบบกลุ่มทำให้นักศึกษาได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน ทำให้เกิดการช่วยเหลือในการทำงานและการเรียนมากขึ้น รู้สึกดีที่ผู้สอนให้ทำกิจกรรมกลุ่ม ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับรินรดี พรวิริยะสกุล (2554) ที่พบว่านักศึกษาครูจำเป็นต้องได้รับการสร้าง แรงจูงใจภายในตามแนวคิดด้านการรับรู้ความสามารถแห่งตน เพราะจะทำให้นักศึกษาครูมีความ พยายามที่จะทำงานให้บรรลุเป้าหมาย ดังนี้นเมื่อนักศึกษามีพลังสมรรถนะแห่งตนสูงขึ้นจะส่งผลให้นักศึกษามีแนวคิดที่สูงขึ้นซึ่งตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์ไปทิศทางเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Gray (2017) ได้ศึกษาวิจัยพลังสมรรถนะแห่งตนของครูวิทยาศาสตร์หลังจากเสร็จสิ้นการสอนแบบสืบสอบในรายวิชาด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์โลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โลกแบบสืบสอบสำหรับนักศึกษาครูประถมศึกษาช่วยปรับปรุงความเชื่อในพลังสมรรถนะแห่งตนโดยใช้เครื่องมือ Science Teaching Efficacy Belief Instrument (STEBI-B) พบว่าพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูเพิ่มขึ้นและยังส่งผลต่อความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ก็เพิ่มขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู สามารถพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนของนักศึกษาครูได้นั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ให้เกิดประสิทธิผลสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในส่วนของการนำผลการวิจัยไปใช้ต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผู้สอนควรตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียนหลังจากการทำกิจกรรมทุกครั้ง เพื่อตรวจสอบว่านักศึกษาเกิดแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่

2. แนวทางจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน ควรสอนแบบเน้นการลงมือปฏิบัติจริง และเชื่อมโยงการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น

3. ผู้สอนควรมีการสรุปเนื้อหา ของแต่ละหัวข้อที่สอน รวมทั้งสรุปประเด็นแนวคิดที่ถูกต้องในตอนข้างท้ายของกิจกรรมทุกครั้ง เพื่อลดโอกาสที่ผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

4. งานวิจัยในครั้งนี้ เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูที่สามารถพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน โดยผู้ที่เป็นอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงรายวิชาอื่น ๆ ให้สามารถพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตนได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาเรื่องเดียวกันโดยทำการศึกษาตัวแปรตามอื่น ๆ นอกเหนือจากแนวคิดวิทยาศาสตร์และพลังสมรรถนะแห่งตน

2. ศึกษากลวิธีอื่น ๆ ในการพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครูที่ส่งเสริมแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน

3. ผู้วิจัยเกิดคำถามว่า ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และพลังสมรรถนะแห่งตนนั้นมีความคงทนหรือไม่ ผู้วิจัยเสนอแนะว่าควรมีการวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์และพลังสมรรถนะแห่งตนหลังจากงานวิจัยเสร็จสิ้นเป็นระยะ ๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ. (2539). *ครูกับการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กรีฑา แก้วคง และชนิตา อยู่สุขขี. (2560). กรณีศึกษา: การสำรวจแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัด เชียงใหม่ เกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน. *CMU Journal of Education, 1*(1), 46-52.

กาญจนา คำสมบัติ และคณะ. (2561). การส่งเสริมการรับรู้ความสามารถของตนเองกับกิจกรรมการเรียนการสอน Self-Efficacy Encouragement by Learning Activities. *KKU Research Journal of Humanities and Social Sciences (Graduate Studies), 7*(3), 69-78.

กุลธิดา สุวัชระกุลธร. (2556). *การพัฒนาแนคิดและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษศิรินทร์ ศรีสัมฤทธิ์. (2556). *รูปแบบการพัฒนาวิชาชีพเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพครู ด้านการจัดประสบการณ์ที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัย* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และคณะ. (2548). การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป. *วารสารวิทยาสารเกษตรศาสต์ สาขาสังคมศาสตร์, 26*(1), 52-63.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2554). *เอกสารชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนมติสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2559). การส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์: การพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในจังหวัดสระแก้ว. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 31*(3), 54-62.

ชาตรี เกิดธรรม. (2542). *การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: เซ็นเตอร์ดิสคัพเวอรี่.

ชาตรี สำราญ. (2544). *ครูรู้ไดอย่างไรว่าเด็กเกิดการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

โชคชัย ยืนยง, สุนันท์ สังข์อ่อง และธีระศักดิ์ วีระภาสพงษ์. (2548). แนวคิดเกี่ยวกับนิยามพลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงานของนักเรียนไทยและนิวซีแลนด์. *วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 26*(1), 42-51.

ณาตยา อุทยารัตน์. (2549). *พัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านการเรียนต่างกัน ในโรงเรียนกลุ่มรัตนโกสินทร์กรุงเทพมหานคร* (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ สีพรหม และอนุ เจริญวงศ์ระยับ. (2561). การศึกษาความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์. ใน *เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาวิชาการ การวัดผล ประเมินผลและวิจัยสัมพันธ์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 26 วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2561*, สาขาการวัดแลประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทิศนา แขมมณี. (2548). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2552). *ศาสตร์ การสอน องค์ความรู้ เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์. (2558). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์. *Journal of Education Naresuan University, 17*(4), 202-209.

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (2552). การสำรวจมโนทัศน์เรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *14*, 310-315.

นารีรัตน์ รักวิจิตรกุล. (2560). การพัฒนาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *11*(1), 21-33.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประไพรัตน์ แก้วศิริ, ชฎารัตน์ แก้วเวียงเดช และวราพร มีแก้ว. (2559). ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้สมรรถนะในตนเองกับพฤติกรรม การปฏิบัติตัวด้านสุขภาพในระยะคลอดของมารดาที่มีภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์. *รามาธิบดีพยาบาลสาร*, *22*(1), 21-34.

พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ. (2553). การปรับเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามแนวคิดของ Hewson and Hewson (2003). *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *4*(3), 68-77.

พศิน แตงจวง. (2554). *รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะบุคลากรทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ: ดวงกมลการพิมพ์.

พิมพันธ์ เตชะคุปต์. (2554). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ฟแมเนจเม้นท์.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2540). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสวรรค์ส่ง และนฤมล ยุตาคม. (2550). แนวคิดสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมปลาย. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 13*(4), 542-553.

รัชนี อรัญนาค. (2549). *อิทธิพลของคุณลักษณะครูวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเชื่อในความสามารถแห่งตนด้านการสอนวิทยาศาสตร์: การวิจัยแบบผสมผสาน* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

รินรดี พรวิริยะสกุล. (2554). *การวิจัยและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาผ่านการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการออกแบบการเรียนการสอนของนักศึกษาครู* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

วันเพ็ญ คำเทศ. (2560). มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์: ประเภทและเครื่องมือประเมิน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 10*(2).

วิลาสลักษณ์ ชัววัลลี. (2538). การรับรู้ความสามารถของตนในเรื่องอาชีพ: ตัวแปรที่น่าสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับอาชีพและการทำงาน. *วารสารจิตวิทยา, 2*(1), 97-109.

ศักดิ์ชาย เพชรช่วย. (2558). *อนาคตภาพการผลิตครูสถาบันอุดมศึกษาไทย* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศิริพร นิลโคตร. (2555). *การศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์. (2553). *ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *มาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *มาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.

สมพิศ ภูมิช่วง. (2553). *การศึกษามโนมติเกี่ยวกับของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (การศึกษาอิสระปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์), มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). *รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปการศึกษาของไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สิงหา ประสิทธิ์พงศ์. (2556). *ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในแนวคิดหลักเรื่องแรงและการเคลื่อนที่กับความคาดหวังการเรียนรู้ฟิสิกส์ของนักศึกษาครูวิชาเอกฟิสิกส์* (รายงานการวิจัย). พัทลุง: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สุวิชา วันสุดล, รุ่งทิวา แย้มรุ่ง, วิลาวัลย์ ด่านสิริสุข และวันเพ็ญ ประทุมทอง. (2560). อนาคตภาพของ การผลิตครูวิทยาศาสตร์ในทศวรรษหน้า (พ.ศ. 2560-2569). *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์, 18*(2), 170-186.

อัมพร เบญจพลพิทักษ์. (2546). คนรุ่นใหม่มั่นใจเกินร้อย. *นิตยสาร Hi!, 5*, 251-253.

อุมาพร ตรังคสมบัติ. (2546). *Everest พาลูกค้นหาความนับถือตนเอง*. กรุงเทพฯ: ซันต้า การพิมพ์.

เอมอร วันเอก. (2559). *การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสืบเสาะหาความรู้ ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abell, S. K. (2002). Trends and issues in science education. *Research Policy and Practice in Abstracts International*.

Adadan, E., & Savasci, F. (2012). An analysis of 16–17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education, 34*(4), 513-544.

Al-Rubayea, A. A. (1996). *An analysis of Saudi Arabian high school students' misconceptions about physics concepts* (Unpublished doctoral dissertation), Kansas State University, Manhattan, Kansas.

Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. *Journal of Science Teacher Education, 13*(1), 43-61.

Ashton, P. T. (1984). Teacher efficacy: A motivational paradigm for effective teacher education. *Journal of Teacher Education, 35*(5), 28-32.

Ashton, P. T., Olejnik, S., Crocker, L., & McAuliffe, M. (1982). *Measurement problems in the study of teachers.* Paper presented at the Sense of Efficacy', paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New York, April.

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review, 84*(2), 191-215.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Bandura, A. (1994). Self-Efficacy. In V. S. Ramachaudran (Ed.), *Encyclopedia of Human Behavior* (Vol. 4). New York, NY: Academic Press.

Bleicher, R. E., & Lindgren, J. (2005). Success in science learning and preservice science teaching self-efficacy. *Journal of Science Teacher Education, 16*(3), 205-225.

Bogdan, R., & Biklen, S. (1992). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods* (2nd ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.

Bryan, L. A. (2003). Nestedness of beliefs: Examining a prospective elementary teacher's belief system about science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(9), 835-868.

Budnitz, N. (2003). What do we mean by inquiry? Retrieved from http://www.biology.duke.edu/cibl/inquiry/what_is_inquiry.htm

Bulunuz, N., & Jarrett, O. S. (2009). Understanding of earth and space science concepts: strategies for concept-building in elementary teacher preparation. *School Science Mathematics, 109*(5), 276-289.

Cakiroglu, J., Capa-Aydin, Y., & Hoy, A. W. (2011). Science teaching efficacy beliefs. In *Second international handbook of science education* (pp. 449-461): Springer.

Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010). Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education, 32*(7), 939-961.

Cannon, R. J. (1997). *Influence of an extended elementary science teaching practicum experience upon pre-service elementary teachers' science self-efficacy.* Paper presented at the Proceedings of the 1997 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science, University of Nevada, Reno.

Chang, C. Y., Yeh, T. K., & Barufaldi, J. P. (2010). The positive and negative effects of science concept tests on student conceptual understanding. *International Journal of Science Education, 32*(2), 265-282.

Deboer, G. E. (2006). Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 17-35). New York, NY: Springer.

Dellinger, A. B. (2001). *A study of the measurement and sources of teachers' self and collective efficacy beliefs in professional learning environments* (Unpublished Doctoral Dissertation), Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model a proposed 7E model emphasizes transfer of learning and the importance of eliciting prior understanding. *Journal of the Science Teacher, 70*(6), 56-59.

Fives, H. (2003). *Exploring the relationships of teachers' efficacy, knowledge, and pedagogical beliefs: A multimethod study* (Doctoral dissertation), University of Maryland, College Park, MD.

Gibson, S., & Dembo, M. H. (1984). Teacher efficacy: A construct validation. *Journal of Educational Psychology, 76*(4), 569.

Gordon, S. P. (2004). *Professional development of school improvement: Empowering learning communities*. Boston: Pearson.

Gray, K. (2017). Assessing gains in science teaching self-efficacy after completing an inquiry-based earth science course. *Journal of Geoscience Education, 65*(1), 60-71. doi:10.5408/14-022.1

Gurel, D., Eryilmaz, A., & McDermott, L. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics Science Technology Education, 11*(5), 989-1008.

Guskey, T. R. (1982). Differences in teachers' perceptions of personal control of positive versus negative student learning outcomes. *Contemporary Educational Psychology, 7*(1), 70-80.

Guskey, T. R. (1988). Teacher efficacy, self-concept, and attitudes toward the implementation of instructional innovation. *Teaching Teacher Education, 4*(1), 63-69.

Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(2), 181-197.

Jong, O. D., Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(8), 947-964.

Joyce, B. R., & Weil, M. (1996). *Models of teaching* (3rd ed.). Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Kazempour, M., & Amirshokoohi, A. (2020). Pre-service teachers' collaborative learning experiences in a science content course. *Science Education International, 31*(4), 379-385.

Kazempour, M., & Sadler, T. D. (2015). Pre-service teachers' science beliefs, attitudes, and self-efficacy: A multi-case study. *Teaching Education, 26*(3), 247-271. doi:10.1080/10476210.2014.996743

Keeley, P. (2005). *Science curriculum topic study*. n.p.: NSTA Press.

Kryjevskaia, M., Stetzer, M. R., & Heron, P. R. (2012). Student understanding of wave behavior at a boundary: The relationships among wavelength, propagation speed, and frequency. *American Journal of Physics, 80*(4), 339-347.

Lee, Y., & Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education, 23*(2), 111-149.

Linder, C. J., & Erickson, G. L. (1989). A study of tertiary physics students' conceptualizations of sound. *International Journal of Science Education, 11*(5), 491-501.

Liston, M. (2013). *Pre-service primary teachers ideas in chemistry.* Paper presented at the Proceedings for the international conference: Initiatives in chemistry teacher training.

Loucks-Horsley, S. (2001). *Professional development planning and design*. New York, NY: IPC.

Loucks-Horsley, S., Hewson, P. W., Love, N., & Stiles, K. E. (1998). *Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Thousand Oaks, CA: Corwin.

Loucks-Horsley, S., Love, N., Stiles, K., Mundry, S., & Hewson, P. (2003). *Designing professional development for teachers of science and mathematics* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). *Designing professional development for teachers of science and mathematics* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin.

Marek, E. A., Eubanks, C., & Gallaher, T. H. (1990). Teachers' understanding and the use of the learning cycle. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(9), 821-834.

Marion, V. F. (1998). An analysis of the relationship between teachers' acquisition of physics content knowledge and their level of science teaching efficacy. *Dissertation Abstract International, 59*(10), 3791-A.

Menon, D. (2015). *Development of preservice elementary teachers' science self-efficacy beliefs and its relation to science conceptual understanding* (Doctoral dissertation), University of Missouri-Columbia, Columbia, MO.

Menon, D., & Sadler, T. D. (2016). Preservice elementary teachers’ science self-efficacy beliefs and science content knowledge. *Journal of Science Teacher Education, 27*(6), 649-673.

Menon, D., & Sadler, T. D. (2018). Sources of science teaching self-efficacy for preservice elementary teachers in science content courses. *International Journal of Science Mathematics Education, 16*(5), 835-855.

Mundry, S., Keeley, P., & Landel, C. (2010). *A leader's guide to science curriculum topic study: Designs, tools and resources for professional learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin.

Murphy, C., & Smith, G. (2012). The impact of a curriculum course on pre-service primary teachers' science content knowledge and attitudes towards teaching science. *Irish Educational Studies, 31*(1), 77-95.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy.

OECD. (2009). Teacher evaluation: A conceptual framework and examples of country practices. In the OECD review on evaluation and assessment frameworks of improving school outcomes. Retrieved from http://www.oecd.org/pdf

Peşman, H., & Eryılmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research, 103*(3), 208-222.

Posnanski, T. (2007). A redesigned geoscience content course's impact on science teaching self-efficacy beliefs. *Journal of Geoscience Education, 55*(2), 152-157.

PosNER, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. (1982). Toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*(2), 211-227.

Rice, D. C., & Roychoudhury, A. (2003). Preparing more confident preservice elementary science teachers: One elementary science methods teacher's self-study. *Journal of Science Teacher Education, 14*(2), 97-126.

Rose, J. S., & Medway, F. J. (1981). Measurement of teachers' beliefs in their control over student outcome. *The Journal of Educational Research, 74*(3), 185-190.

Schoon, K. J., & Boone, W. J. (1998). Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education, 82*(5), 553-568.

Strangman, N., Hall, T., & Meyer, A. (2012). Differentiated instruction and implications for UDL implementation. Retrieved from http://aim.cast.org/learn/history archive/backgroundpapers/differentiated_instruction_udl

Tanahoung, C., Chitaree, R., & Soankwan, C. (2010). Probing Thai freshmen science students' conceptions of heat and temperature using open-ended questions: A case study. *International Journal of Physics Chemistry Education, 2*(2), 82-94.

Tekkaya, C., Cakiroglu, J., & Ozkan, O. (2004). Turkish pre-service science teachers' understanding of science and their confidence in teaching it. *Journal of Education for Teaching, 30*(1), 57-68.

Tongchai, A., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Arayathanitkul, K., & Soankwan, C. (2009). Developing, evaluating and demonstrating the use of a conceptual survey in mechanical waves. *International Journal of Science Education, 31*(18), 2437-2457.

Trundle, K. C. (1999). *Elementary preservice teachers' relationships, hierarchy, cross links, and examples are conceptual understandings ofthe cause of moon phases* (Unpublished doctoral dissertation), University of Tennessee, Knoxville.

Tschannen-Moran, M., Hoy, A. W., & Hoy, W. K. (1998). Teacher efficacy: Its meaning and measure. *Review of Educational Research, 68*(2), 202-248.

Twigger, D., Byard, M., Driver, R., Draper, S., Hartley, R., Hennessy, S., . . . Scanlon, E. (1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: an interview study designed to guide instruction. *International Journal of Science Education, 16*(2), 215-229.

Wikipedia. (2007). Inquiry-based learning. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Inquiry-based_learning

Zepeda, S. J. (2008). *Professional development: What work*. New York, NY: Eye on Education.

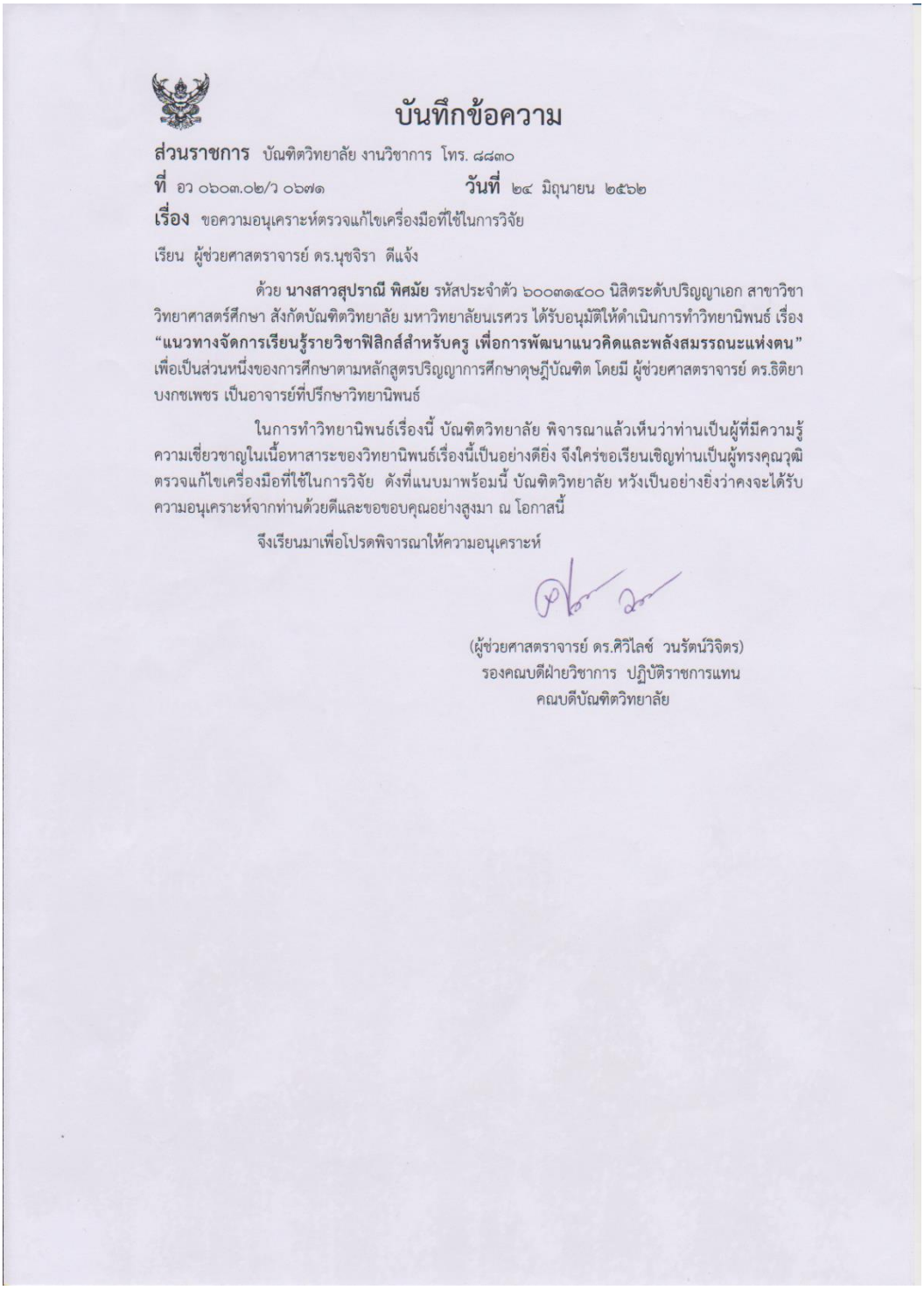
Zundans-Fraser, L., & Lancaster, J. (2012). Enhancing the inclusive self-efficacy of preservice teachers through embedded course design. *Education Research International, 2012*.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ้ง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปัณญวัจพรกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
3. ครูฐิติพร แม่งมา	โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม

บันทึกข้อความของความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๓๐

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๐๖๗๑ **วันที่** ๒๔ มิถุนายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ้ง

ด้วย **นางสาวสุปราณี พิศมัย** รหัสประจำตัว ๖๐๐๓๑๔๐๐ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง **"แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังที่แนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวิไลซ์ วนรัตน์วิจิตร)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๐๖๗๑

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๒๔ มิถุนายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นางสาวสุปราณี พิศมัย รหัสประจำตัว ๖๐๐๓๑๔๐๐ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง **"แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวิไลซ์ วนรัตน์วิจิตร)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย
โทร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๘-๓๒
โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖
๒. นางสาวสุปราณี พิศมัย
โทร ๐๙-๕๙๖๔-๔๗๙๑

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๐๖๗๑

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองฯ จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๒๔ มิถุนายน ๒๕๖๒

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน คุณฐิติพร แม่งมา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย **นางสาวสุปราณี พิศมัย** รหัสประจำตัว ๖๐๐๓๑๔๐๐ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง **"แนวทางจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู เพื่อการพัฒนาแนวคิดและพลังสมรรถนะแห่งตน"** เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวิไลซ์ วนรัตน์วิจิตร)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย
โทร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๘-๓๒
โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖
๒. นางสาวสุปราณี พิศมัย
โทร ๐๙-๕๙๖๔-๔๗๙๑

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

แบบวัดแนวคิดเรื่อง ความร้อน และ แสง

ชื่อ.....รหัสนักศึกษา.....

คำชี้แจง ให้นักศึกษาตอบคำถามอย่างละเอียด โดยมีคำถามทั้งสิ้น 10 ข้อ

1. เมื่อเราตักไอศกรีมวางไว้ในอากาศ ในพื้นที่อากาศร้อนและพื้นที่อากาศเย็น

1.1 เมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ จะพบว่าเกิดอะไรขึ้น

1.2 จงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 บริเวณนี้

.....

.....

.....

2. เมื่อใช้มือจับโต๊ะไม้และโต๊ะอลูมิเนียม ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) เพราะเหตุใดนักศึกษาจึงรู้สึกว่าโต๊ะอลูมิเนียมเย็นกว่าไม้ จงให้เหตุผล

.....

.....

.....

3.ช่วงฤดูหนาว ชาวบ้านนิยมก่อกองไฟเพื่อให้ความอบอุ่นกับร่างกาย

1.สภาวะอากาศนิ่งนักศึกษาคิดว่าตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลอย่างไร

2.สภาวะอากาศมีลมพัดนักศึกษาคิดว่าตำแหน่งการนั่งรอบกองไฟมีผลอย่างไร

.....

.....

.....

4. ถ้านักศึกษานำเหล็กกล้าไปจุดไฟจนร้อนเป็นสีส้ม ในห้องที่ปิดทึบ ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ จากสถานการณ์ข้างต้น ทำไมนักศึกษาถึงรู้สึกร้อนเมื่อเอามือเข้าไปใกล้ๆ เหล็กกล้านั้น

.....

.....

.....

5. ไส้กรอก 2 อัน มีมวลขนาดใหญ่และเล็กตามลำดับ ซึ่งทำจากวัตถุดิบชนิดเดียวกัน นำไส้กรอกทั้ง 2 ก้อน ไปอบที่อุณหภูมิเดียวกัน หลังจากนำไส้กรอกทั้งสองออกมาจากเตาอบ เมื่อปล่อยให้เวลาผ่านไปเรื่อย ๆ นักศึกษาคิดว่าสุดท้ายไส้กรอกทั้งสองก้อนมีอุณหภูมิเป็นอย่างไร จงให้เหตุผล

.....

.....

.....

6.จงยกตัวอย่างปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ใดที่แสดงให้เห็นว่าแสงมีลักษณะเป็นเส้นตรง

.....

.....

.....

7. แหล่งกำเนิดมีหลายชนิด เช่น ดวงอาทิตย์ หลอดไฟ และเทียนไข เมื่อนำวัตถุไปกั้นลำแสงลักษณะของเงาที่เกิดขึ้นบนฉากรับภาพมีลักษณะอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

8. ถ้าเรายืนหันหน้าเข้าหากระจกเงาราบภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

9. ถ้านักศึกษาทำเหรียญตกลงในอ่างน้ำ นักศึกษาพยายามหยิบเหรียญขึ้นมาด้วยมือเปล่าหลายครั้ง ถึงจะได้เหรียญขึ้นมา จงอธิบายเหตุผลว่าทำไมถึงต้องหยิบหลายครั้ง

.....

.....

.....

10. ถ้าเราให้แสงจากหลอดไฟผ่านช่องแคบ 1 ช่อง และ 2 ช่อง

10.1 ให้นักศึกษาทำนายว่าภาพบนฉากจะมีลักษณะอย่างไร

10.2 จงให้เหตุผลการปรากฏภาพบนฉากรับภาพของแสง

.....

.....

.....

แบบวัดพลังสมรรถนะแห่งตน

คำชี้แจง

ขอให้นักศึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของตนเองที่แสดงออกมาตามแบบวัดพลังสมรรถนะแห่งตน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “ระดับความเหมาะสม” ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านดังนี้

5 หมายถึง ระดับความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ระดับความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง ระดับความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	5	4	3	2	1	
1. ฉันสามารถรับเกรดดี ๆ จากงานที่ได้รับมอบหมายในชั้นเรียนนี้						
2. ฉันทำการทดลอง / กิจกรรม ได้ไม่ดี ในการหาคำตอบจากคำถามฟิสิกส์						
3. ฉันไม่สามารถช่วยเหลือเพื่อนร่วมชั้นของฉัน ในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่ยากได้						
4. เมื่อฉันเจอคำถามฟิสิกส์ที่ยากฉันทำงานจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้						
5. ฉันเรียนรู้อะไรมากมายจากการทำกิจกรรม / งานที่ได้รับมอบหมายในชั้นเรียนฟิสิกส์						
6. ฉันพบว่าเนื้อหาในหลักสูตรฟิสิกส์นั้นยากและสับสน						
7. ฉันไม่ค่อยรู้คำตอบของคำถามที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนฟิสิกส์						
8. ฉันใส่ใจและมีส่วนร่วมในสิ่งที่เกิดขึ้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์						
9. ฉันมีปัญหากับการสอบ / แบบทดสอบในการเรียนฟิสิกส์						

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	5	4	3	2	1	
10. ฉันสามารถจำแนวคิดฟิสิกส์พื้นฐานที่สอนในชั้นเรียนฟิสิกส์ก่อนหน้านี้						
11. การสาธิตและการอธิบายของผู้สอนทำให้ฉันมั่นใจว่าฉันสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ได้						
12. การดูเพื่อนคนอื่นในชั้นเรียน ทำให้ฉันคิดว่าฉันไม่สามารถประสบความสำเร็จในวิชาฟิสิกส์ได้						
13. ในการเรียนฟิสิกส์ที่ผ่านมาฉันชื่นชมความเข้าใจฟิสิกส์ของผู้สอน						
14. การฟังอาจารย์และนักเรียนคนอื่น ๆ ในช่วงถาม – ตอบ ทำให้ฉันคิดว่าฉันไม่สามารถเข้าใจฟิสิกส์ได้						
15. ฉันสามารถสื่อสารกับเพื่อนร่วมชั้นหลายคนที่มีความเอาใจใส่ในการเรียนในชั้นเรียนฟิสิกส์						
16. ฉันเห็นด้วยกับนักเรียนที่ได้คะแนนดีในการสอบฟิสิกส์						
17. เพื่อนร่วมชั้นที่คล้ายกับฉันมักจะมีปัญหาในการจำรายละเอียดการสอนในชั้นเรียน						
18. เพื่อนร่วมงานของฉันในวิชาฟิสิกส์กระตุ้นให้ฉันรู้ว่าฉันมีความสามารถในการทำโครงงาน / งานมอบหมายในชั้นเรียนได้ดี						
19. ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ในอดีตของฉันสนับสนุนให้ฉันมีความพยายามในการเรียนให้ดีที่สุด						
20. ไม่มีใครห้องเรียนฟิสิกส์ ที่สนับสนุนให้ฉันไปในวิชาฟิสิกส์หลังจากฉันจบหลักสูตร						

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	5	4	3	2	1	
21. ผู้สอนของฉันสนับสนุนฉันว่าฉันสามารถใช้แนวคิดทางฟิสิกส์เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ในชีวิตจริง						
22. การทำงานกับนักเรียนคนอื่น ๆ จะเป็นการส่งเสริมและคอยกระตุ้นฉัน						
23. ข้อเสนอแนะจากผู้สอนของฉันทำให้ฉันท้อแท้ในความสามารถของตัวเองในการทำข้อสอบฟิสิกส์						
24. ฉันได้รับข้อคิดเห็นเชิงบวกเกี่ยวกับความสามารถในแนวคิดทางฟิสิกส์						
25. ฉันมักจะไม่กังวลเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์						
26. ฉันคิดว่ามันต้องแย่แน่ๆ ถ้าฉันลองทำโจทย์ฟิสิกส์ที่ยากๆ ดู						
27. ฉันชอบทำการทดลอง / กิจกรรม วิชาฟิสิกส์						
28.วิชาฟิสิกส์ทำให้ฉันรู้สึกอึดอัดและสับสน						
29. การอภิปรายและกิจกรรมในห้องเรียนช่วยให้ฉันผ่อนคลายเข้าใจและสนุกไปกับประสบการณ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์						
30. ฉันมักจะสบายใจในวิชาฟิสิกส์						
31. มันสนุกที่จะไปเรียนวิชาฟิสิกส์						
32. ฉันรู้สึกอึดอัดใจจริง ๆ ขณะทำการสอบ / สอบย่อยในวิชาฟิสิกส์						
33. ความคิดของฉันว่างเปล่าและฉันไม่สามารถคิดได้อย่างชัดเจน เมื่อต้องทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย						

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

วิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2 **ชั้นปีที่ 1**

เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน **เวลา 4 ชั่วโมง**

อาจารย์สุปราณี พิศมัย **วันที่ใช้ในการสอน.....**

.....

1. แนวคิดวิทยาศาสตร์

การถ่ายโอนพลังงานความร้อน มี 3 แบบ ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การนำความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการสั่นของอนุภาคตัวกลาง โดยที่อนุภาคตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อนไม่ได้เคลื่อนที่ การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยอนุภาคตัวกลางในการพาความร้อนจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับความร้อนที่พาไป การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยมีหรือไม่ต้องอาศัยตัวกลาง

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้
2. ทำการทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้
3. อธิบายวิธีการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้
4. อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์การถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้
5. สรุปความสัมพันธ์การถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้
6. ยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
7. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน
8. มีความสามัคคีร่วมมือกันทำงานกลุ่ม

3. กิจกรรมการเรียนรู้ (ใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น)

ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) (15 นาที)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมของนักศึกษาโดยใช้ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม 2 กลุ่ม และร่วมกันเขียนแผนผังความคิด (concept map) เรื่อง พลังงานความร้อนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารอย่างไร โดยให้ตัวแทนนักศึกษาเขียนบนกระดาน กำหนดเวลาในการเขียน 5 นาที

2. ครูร่วมอภิปรายกับนักศึกษาเกี่ยวกับพลังงานความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสสารอย่างไร

แนวคำตอบ พลังงานความร้อนทำให้สสารมีการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และจากของเหลวเป็นก๊าซ

ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement Phase) (15 นาที)

3. ครูยกตัวอย่างวีดีโอการถ่ายโอนความร้อนในชีวิตประจำวันให้นักศึกษาดู (วีดีโอ https://www.youtube.com/watch?v=5tFSmKURBSQ)

4. ครูให้นักศึกษาร่วมกันอภิปรายสิ่งที่สังเกตเห็นตามวีดีทัศน์และครูเชื่อมโยงสิ่งที่นักศึกษานำเสนอไปสู่การเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน โดยนักศึกษาจะต้องแสดงรายละเอียดที่เห็นได้และครอบคลุมเรื่องการถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) (150 นาที)

5. ครูให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ซึ่งประกอบด้วยนักศึกษาที่เรียนเก่ง เรียนปานกลาง และเรียนอ่อนคละกันภายในกลุ่ม พร้อมทั้งรับและศึกษาใบกิจกรรม เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

6. จากนั้นครูถามคำถามก่อนการทดลอง ดังนี้

6.1 คำถามการทดลองนี้คืออะไร

แนวคำตอบ การถ่ายโอนความร้อนเป็นอย่างไร

6.2 ก่อนทำการทดลองนี้ นักศึกษาควรคำนึงถึงเรื่องใดบ้าง

แนวคำตอบ ต้องศึกษาว่าจะสังเกต บันทึกผล อะไรบ้าง ศึกษาประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์

7. ครูอธิบายอุปกรณ์และวิธีใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองตามใบกิจกรรมเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

8. ครูให้นักศึกษาทำการทดลองในกิจกรรมเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนซึ่งมีทั้งหมด 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 เรื่อง การนำความร้อน

ตอนที่ 2 เรื่อง การพาความร้อน

ตอนที่ 3 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) (15 นาที)

9. เมื่อทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของกลุ่มเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำการทดลอง

10. แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลการทดลองและข้อสรุปจากการอภิปรายของกลุ่มและแสดงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และและแสดงหลักฐานประกอบการอธิบายให้เพื่อในห้องฟัง

11. ครูและนักศึกษาร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลอง โดยครูตั้งประเด็นคำถาม ดังนี้

1. การถ่ายโอนพลังงานความร้อน คืออะไร มีอะไรบ้าง

แนวคำตอบ การถ่ายโอนพลังงานความร้อน เป็นการถ่ายโอนพลังงานระหว่าง 2 บริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยจะถ่ายโอนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

2. การนำความร้อน คืออะไร

แนวคำตอบ เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยความร้อนจะเคลื่อนที่ไปตามเนื้อของวัตถุจากตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่วัตถุที่เป็นตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อนไม่เคลื่อนที่

3. การพาความร้อน คืออะไร

แนวคำตอบ เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยวัตถุที่เป็นตัวกลางในการพาความร้อนจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับความร้อนที่พาไป

4. การแผ่รังสีความร้อน คืออะไร

แนวคำตอบ เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดย มี/ไม่มี ตัวกลาง

12. ครูกล่าวชมเชยกลุ่มที่ทำการทดลองได้สำเร็จตรงตามจุดประสงค์ และให้กำลังใจกลุ่มที่ทำงานไม่สำเร็จพร้อมทั้งชี้ให้เห็นข้อบกพร่องในการทำการทดลอง ตลอดจนเสนอแนะสิ่งที่ต้องปรับปรุงในการทดลองครั้งต่อไป **(PA, VL, SP)**

5. ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase / Elaboration Phase) (15 นาที)

13. ครูให้นักศึกษาดูภาพ 3 ภาพ และครูถามคำถามนักศึกษาดังนี้

ที่มา: https://www.thairath.co.th/news/society/1259227

ที่มา: https://www.amazon.com/NutriChef-Convection-Countertop-Stainless-PKAIRFR48/dp/B01L7TOZJO

ที่มา: https://health.kapook.com/view40044.html

13.1 ภาพทั้ง 3 แสดงถึงหลักการทางฟิสิกส์อะไร

แนวคำตอบ ภาพที่ 1 แสดงการนำความร้อน

ภาพที่ 2 แสดงการพาความร้อน

ภาพที่ 3 แสดงการแผ่รังสีความร้อน

13.2 ความแตกต่างของ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน คืออะไร

แนวคำตอบ การนำความร้อน และการพาความ ใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ ส่วนการแผ่รังสีความร้อนมี/ไม่มี ตัวกลางในการเคลื่อนที่

ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) (15 นาที)

14. ครูและนักศึกษาร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประโยชน์จากการศึกษาการถ่ายโอนพลังงานความร้อน และการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวัน

15. ครูให้นักศึกษาตอบคำถามท้ายกิจกรรมเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) (15 นาที)

16. ครูและนักศึกษาร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนพลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

แนวคำตอบ

1. การนำความร้อน

- ด้ามจับภาชนะประเภทภาชนะหุงต้มหรือหูหิ้วจะเป็นวัสดุประเภทไม้หรือพลาสติก ซึ่งเป็นฉนวนความร้อน ควรเลือกวัสดุให้เหมาะ
- ในฤดูหนาวควรจะสวมเสื้อผ้าหรือห่มผ้าที่หนา ๆ ที่ทำด้วยขนสัตว์ หรือสวมเสื้อหลาย ๆ ตัว อากาศที่แทรกอยู่ระหว่างขนสัตว์และเสื้อผ้าแต่ละชั้นเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี ทำให้การถ่ายโอนความร้อนจากร่างกายออกสู่ภายนอกเป็นไปได้ยาก จึงทำให้ร่างกายอบอุ่นตลอดเวลา

2. การพาความร้อน

- ทำไมเราต้องยืนห่างจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสุง
- เพราะมีความร้อนออกมา

3. การแผ่รังสีความร้อน

- กล้องอินฟราเรด เนื่องจากสามารถวัดพลังงานความร้อนออกมาในรูปสีต่างๆ

6. การวัดและการประเมินผล

วัตถุประสงค์	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. สืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้	ตรวจใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อน	แบบประเมินใบกิจกรรมเรื่องการการถ่ายโอนความร้อน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนน
2. ทำการทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้	ตรวจใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อน	แบบประเมินใบกิจกรรมเรื่องการการถ่ายโอนความร้อน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนน
3. อธิบายวิธีการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้	ตรวจใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อน	แบบประเมินใบกิจกรรมเรื่องการการถ่ายโอนความร้อน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนน
4. อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์การถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้	ตรวจใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อน	แบบประเมินใบกิจกรรมเรื่องการการถ่ายโอนความร้อน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนน
5. สรุปความสัมพันธ์การถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้	ตรวจใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อน	แบบประเมินใบกิจกรรมเรื่องการการถ่ายโอนความร้อน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนน
6. ยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องการถ่ายโอนพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อน	ตรวจใบกิจกรรมเรื่องการถ่ายโอนความร้อน	แบบประเมินใบกิจกรรมเรื่องการการถ่ายโอนความร้อน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนน

วัตถุประสงค์	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้			
7. ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	การตอบแบบบันทึกพฤติกรรมการรับรู้ความสามารถของตนเอง	แบบประเมินแบบบันทึกพฤติกรรมการรับรู้ความสามารถของตนเอง	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนน
8. มีความสามัคคีร่วมมือกันทำงานกลุ่ม	การตอบแบบบันทึกพฤติกรรมการรับรู้ความสามารถของตนเอง	แบบประเมินแบบบันทึกพฤติกรรมการรับรู้ความสามารถของตนเอง	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คะแนน

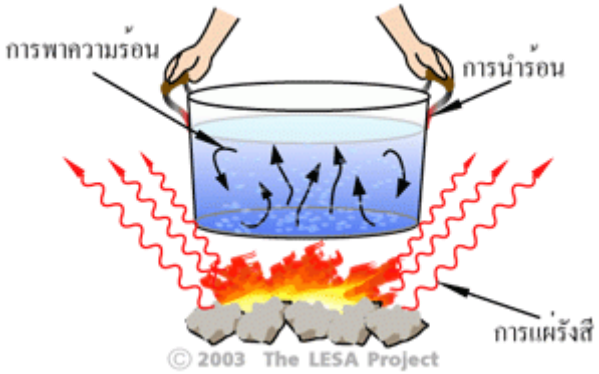
7. สื่อการเรียนรู้ /แหล่งการเรียนรู้

1. ใบความรู้เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน
2. ใบกิจกรรมเรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน
3. เอกสาร Power Point เรื่อง การถ่ายโอนพลังงานความร้อน

ใบความรู้ที่ 1
เรื่องการถ่ายโอนพลังงานความร้อน

เนื้อหา

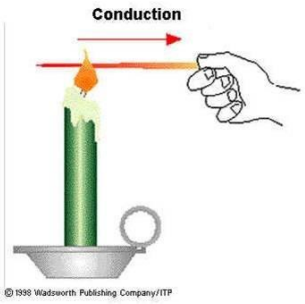
การถ่ายโอนความร้อน



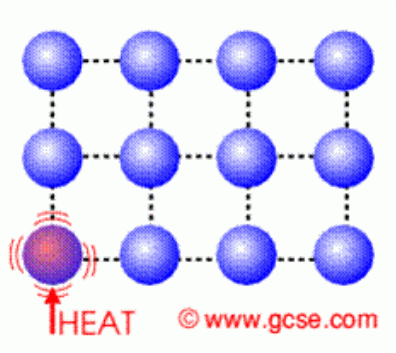
ภาพ 1 แสดงการถ่ายโอนความร้อน

กลไกการถ่ายโอนความร้อนออกเป็น 3 ชนิดคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความเป็นจริง การถ่ายโอนความร้อนทั้งสามชนิดอาจเกิดขึ้นพร้อมๆ กันอย่างแยกไม่ออก

- การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายโอนความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันไปเรื่อยๆ จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ ยกตัวอย่างเช่น หากเราจับทัพพีในหม้อหุงข้าว ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านทัพพีมายังมือของเรา ทำให้เรารู้สึกร้อน โลหะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี อโลหะและอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว



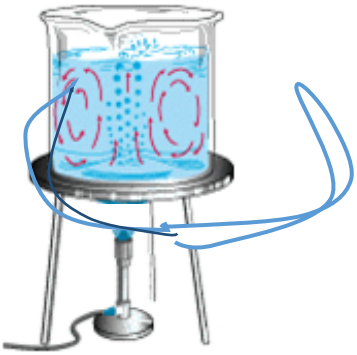
ภาพ 2 แสดงการนำความร้อนจากโลหะมาสู่มือ



ภาพ 3 แสดงการถ่ายโอนความร้อนระหว่างโมเลกุลของโลหะ

- การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายโอนความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของอะตอมและโมเลกุลของสสารที่เป็นตัวกลางซึ่งมี สถานะเป็นของเหลวและก๊าซเท่านั้น การพาความร้อนจึงมักเกิดขึ้นในบรรยากาศ และมหาสมุทรหรือบริเวณที่มีมวลอากาศที่หนาแน่น

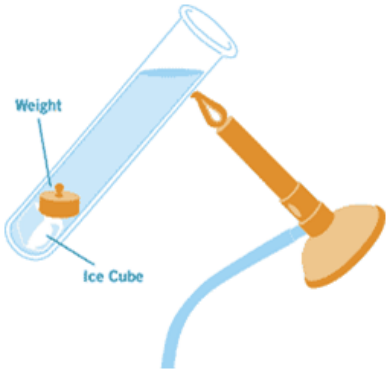
ภาพ 4 แสดงให้เห็นถึงธรรมชาติของวัฏจักรการพาความร้อน การแผ่รังสีจากกองไฟทำให้เกิดความร้อนที่ก้นบีกเกอร์น้ำด้านนอก โลหะทำให้เกิดการนำความร้อนเข้าสู่ภายในบีกเกอร์ ทำให้น้ำที่อยู่เบื้องล่างร้อนและขยายตัวจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงจึงลอยขึ้นสู่ข้างบน ทำให้น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำซึ่งอยู่ด้านบนเคลื่อนตัวลงมาแทนที่ เมื่อน้ำเย็นที่เคลื่อนลงมาได้รับความร้อนเบื้องล่าง ก็จะลอยขึ้นหมุนวนเป็นวัฏจักรต่อเนื่องกันไป ซึ่งเรียกว่า “วัฏจักรการพาความร้อน” (Convection circulation)



ภาพ 4 แสดงลักษณะของการพาความร้อน

- การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายโอนความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน ดังเช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายโอนความร้อนผ่านอวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -273องศาเซลเซียสหรือ 0

เคลวิน ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาวดัง ภาพ 5



ภาพ 5 แสดงการพาความร้อน

การประยุกต์ใช้

ภาพต่อไปนี้ คือ ขวดสุญากาศหรือขวดโอนอร์มอส ซึ่งสามารถเก็บรักษาอุณหภูมิของสิ่งที่บรรจุไว้ข้างในได้เป็นเวลานาน

ภาพ 6 แสดงขวดสุญญากาศ

ใบกิจกรรม

เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

สมาชิกกลุ่มที่ .....

1.....รหัสนักศึกษา.....

2.....รหัสนักศึกษา.....

3.....รหัสนักศึกษา.....

4.....รหัสนักศึกษา.....

5.....รหัสนักศึกษา.....

คำถาม

1. การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นอย่างไร

สมมุติฐาน

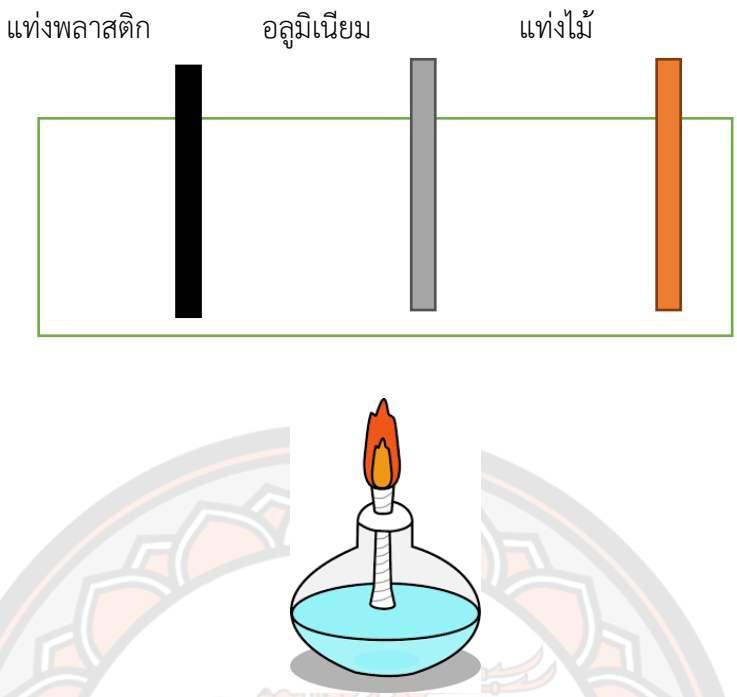
.....

.....

ตอนที่ 1 การนำความร้อน

อุปกรณ์การทดลอง

1. ไม้บรรทัดเหล็กยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 1 อัน
2. แท่งเหล็ก แท่งไม้ แท่งพลาสติก ยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 1 อัน
3. ภาชนะต้มน้ำ 1 อัน
4. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ชุด
5. อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ 1 อัน
6. เทียนไข 1 อัน
7. ตะปู 6 ตัว
8. แอลกอฮอล์เทอร์โมมิเตอร์ 1 อัน



ภาพ 7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์

วิธีการทดลอง

1. นักศึกษาเตรียมอุปกรณ์ดังภาพที่ 7
2. ติดตะปูด้วยเทียนไขไว้ที่ระยะ 20, 22 และ 24 เซนติเมตร
3. นักศึกษาเติมน้ำใส่ภาชนะต้มน้ำ 2 ใน 3
4. นักศึกษาสังเกตเทียนไขที่ติดไว้ที่ปลายแท่งอลูมิเนียม แท่งพลาสติก แท่งไม้
5. บันทึกเวลา อุณหภูมิ และผลการสังเกต

แบบบันทึกผลการทดลอง

แท่งไม้

เวลา (นาที)	**อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)**	**ผลการสังเกต**
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

พลาสติก

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผลการสังเกต
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

เหล็ก

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผลการสังเกต
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

ตอนที่ 2 การพาความร้อน

อุปกรณ์

1. ตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ตะเกียง
2. กระดาษ ขนาด A41 แผ่น
3. เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน
4. วงเวียน 1 อัน
5. พัดลมเล็ก 1 อัน

ภาพ 8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์

วิธีการทดลอง

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 8
2. นำเทอร์โมมิเตอร์แขวนกับขาตั้ง ความสูงของหัววัดตรงกับความสูงของเปลวไฟที่ระยะห่างจากตะเกียงแอลกอฮอล์ 20 เซนติเมตร
3. จุดไฟตะเกียงแอลกอฮอล์
4. วางพัดลมห่างจากฐานตะเกียงที่ระยะ 10เซนติเมตรเทอร์โมมิเตอร์วางที่ตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 2 ดังภาพที่ 8
5. เปิดพัดลม
6. อ่านค่าอุณหภูมิ และบันทึกผลลงใบกิจกรรม
7. ทำซ้ำข้อ 1-6 อีก 2 ครั้ง

แบบบันทึกผล

ครั้งที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2
1		
2		
3		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

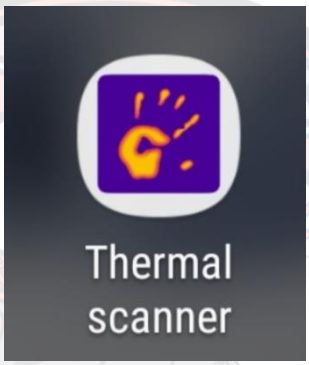
.....

.....

ตอนที่ 3 การแผ่รังสีความร้อน

อุปกรณ์

1. มือถือ 1 เครื่อง
2. แอฟพลิเคชั่น Thermal scanner
3. น้ำเย็น 0.5 ลิตร
4. เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน



ภาพ 9 แสดงแอฟพลิเคชั่น กล้องความร้อนผล HD: จำลอง

วิธีการทดลอง

1. นักศึกษาโหลดแอฟพลิเคชั่น Thermal scanner สำหรับถ่ายรูปตรวจจับความร้อนที่แผ่ออกมาจากวัตถุ ดังภาพ 9
2. นำมือถือไปถ่ายภาพในตำแหน่งต่าง ๆ บริเวณห้องเรียน และนอกห้องเรียน จำนวน 3 บริเวณ
3. นำภาพที่ได้มาปริ้นที่เครื่องปริ้น
4. บันทึกผลการสังเกตจากภาพที่เห็นจากการถ่ายภาพ

ภาพถ่าย	อธิบายภาพถ่าย

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

1. การถ่ายโอนความร้อนมีกี่แบบ อะไรบ้าง

.....

.....

.....

2. ลักษณะที่สำคัญของการนำความร้อนคืออะไร

.....

.....

.....

3. ลักษณะที่สำคัญของการพาความร้อนคืออะไร

.....

.....

.....

4. ลักษณะที่สำคัญของการแผ่รังสีความร้อนคืออะไร

.....

.....

.....

แบบสะท้อนการเรียนรู้และการปฏิบัติของนักศึกษา

1. นักศึกษาเข้าใจเนื้อหาที่อาจารย์สอน ในประเด็นไหนบ้าง

.....

.....

.....

2. นักศึกษาไม่เข้าใจเนื้อหาที่อาจารย์สอน ในประเด็นไหนบ้าง

.....

.....

.....

3. การลงมือปฏิบัติงาน/กิจกรรม ด้วยตนเองของนักศึกษา

คิดเป็นร้อยละ.....ของการเรียนวันนี้

จงอธิบายรายละเอียด

.....

.....

.....

4. การศึกษาการปฏิบัติจากเพื่อนและทำตามเพื่อน ขอคำแนะนำจากเพื่อน

คิดเป็นร้อยละ.....ของการเรียนวันนี้

จงอธิบายรายละเอียด

.....

.....

.....

5. การรับฟังคำแนะนำของผู้สอนทำให้นักศึกษาเข้าใจในการเรียน
คิดเป็นร้อยละ.....ของการเรียนวันนี้
จงอธิบายรายละเอียด
.....
.....
.....

6. นักศึกษาเชื่อมั่นว่าสามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่ได้เรียนให้กับเพื่อนๆ หรือการปฏิบัติการสอนในอนาคตได้อย่างไร
คิดเป็นร้อยละ.....ของการเรียนวันนี้
จงอธิบายรายละเอียด
.....
.....
.....

7. ความรู้สึกโดยรวมในการเรียนวันนี้
คิดเป็นร้อยละ.....ของการเรียนวันนี้
จงอธิบายรายละเอียด
.....
.....
.....

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

1. การถ่ายโอนความร้อนมีกี่แบบ อะไรบ้าง

แนวคำตอบ การถ่ายโอนพลังงานความร้อน มี 3 แบบ ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

2. ลักษณะที่สำคัญของการนำความร้อนคืออะไร

แนวคำตอบ เป็นการถ่ายโอนความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันไปเรื่อย ๆ จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ

3. ลักษณะที่สำคัญของการพาความร้อนคืออะไร

แนวคำตอบ เป็นการถ่ายโอนความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของอะตอมและโมเลกุลของสสารที่เป็นตัวกลางซึ่งมี สถานะเป็นของเหลวและก๊าซเท่านั้น

4. ลักษณะที่สำคัญของการแผ่รังสีความร้อนคืออะไร

แนวคำตอบ เป็นการถ่ายโอนความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน

แบบบันทึกหลังสอน

1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

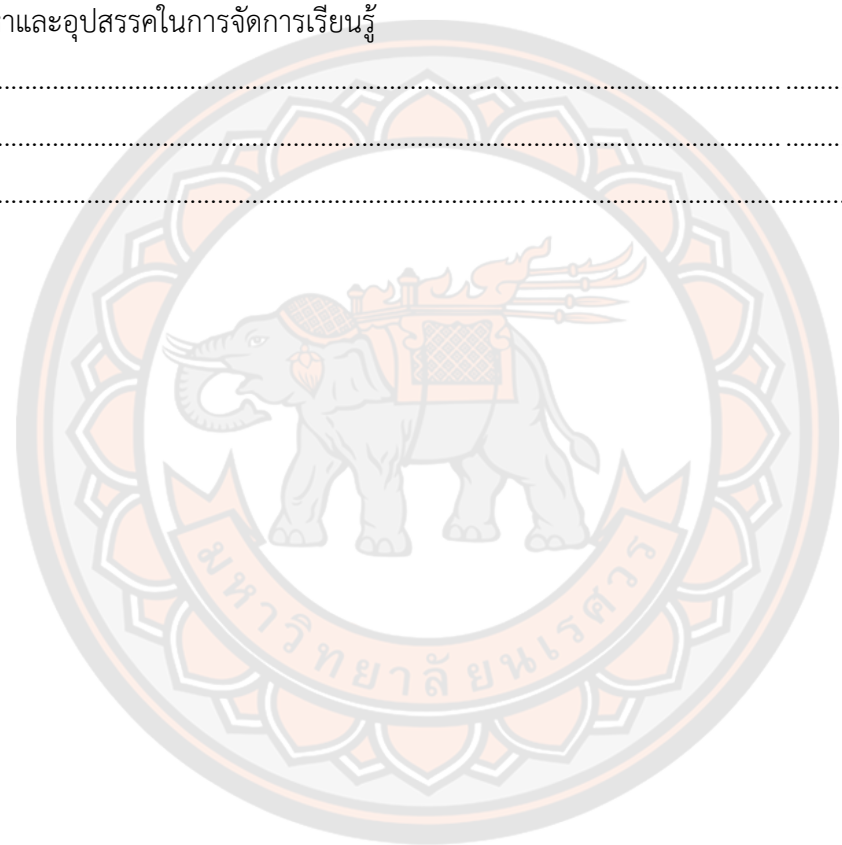
.....

2.ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....



ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	สุปราณี พิศมัย
วัน เดือน ปี เกิด	20 กุมภาพันธ์ 2523
ที่อยู่ปัจจุบัน	6 หมู่ที่ 1 ตำบลดงมูลเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
ที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
ประสบการณ์การทำงาน	ปี 2553-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
ประวัติการศึกษา	2546 วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยนเรศวร
	2548 ป.บัณฑิต (วิชาชีพครู) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
	2548 วท.ม. (ฟิสิกส์ประยุกต์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่