

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi experimental research) ที่ใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม แล้วได้รับการจัดกระทำ (treatment X) ซึ่งเป็นแบบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่แท้จริง วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (randomized control-group pretest-posttest design) ซึ่งได้มาจากการสุ่ม (ล้วน สายยศ, 2540, หน้า 249) เขียนแบบแผนการวิจัย ได้ดังนี้

ตาราง 2 แบบแผนการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
E(R)	TE <sub>1</sub>	X	TE <sub>2</sub>
C(R)	TC <sub>1</sub>	-	TC <sub>2</sub>

E	แทน	กลุ่มทดลอง (experimental group)
C	แทน	กลุ่มควบคุม (control group)
R	แทน	การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม (random assignment)
X	แทน	การจัดกระทำ (treatment)
TE <sub>1</sub> และ TC <sub>1</sub>	แทน	การวัดผลก่อนการทดลอง (pretest) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
TE <sub>2</sub> และ TC <sub>2</sub>	แทน	การวัดผลหลังการทดลอง (posttest) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

โดยผู้วิจัยใช้วิธีดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ที่เรียนในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5 ในจังหวัดลพบุรี จำนวน 26 โรงเรียน มีนักเรียน 1,917 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนชัยบาดาลวิทยา อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5 ซึ่งเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 10 ห้องเรียน รวม 383 คน จากนั้นใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบห้องเรียน (cluster random sampling) โดยการจับฉลากได้ 2 ห้องเรียน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง คือนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 40 คน และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม คือนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 40 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ
4. แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบวัดแบบมาตราส่วนประเมินค่า จำนวน 30 ข้อ

### การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในวิจัยดังนี้

#### 1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ จำนวน 6 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง มีเนื้อหาที่ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ 6 หัวข้อ คือ 1) ระยะทาง การกระจัด และอัตราเร็ว 2) ความเร็ว ความเร่งและกราฟของการเคลื่อนที่แนวตรง 3) การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกแบบอิสระ 4) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 5) การเคลื่อนที่แบบวงกลม และ 6) การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ตามตาราง 3

ตาราง 3 เนื้อหาและเวลาที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ/เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง
1	ระยะทาง การกระจัดและอัตราเร็ว	3
2	ความเร็วและความเร่ง	3
3	การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกแบบอิสระ	3
4	การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	3
5	การเคลื่อนที่แบบวงกลม	3
6	การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	3
รวม		18

โดยมีขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 ศึกษา แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน รวมทั้งวัตถุประสงค์ของหลักสูตร เนื้อหาสาระ เวลาเรียนมาตรฐานและตัวชี้วัดจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2 กำหนดโครงสร้าง เนื้อหาสาระ จำนวนชั่วโมงที่เรียน และตัวชี้วัดของวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาสาระให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอนและช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ได้หัวข้อการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ข้อ คือ 1) ระยะทาง การกระจัดและอัตราเร็ว 2) ความเร็วและความเร่ง 3) การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกแบบอิสระ 4) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 5) การเคลื่อนที่แบบวงกลม 6) การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

1.3 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ จำนวน 6 แผน ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

- 1) มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด
- 2) จุดประสงค์การเรียนรู้
- 3) สาระสำคัญ
- 4) สาระการเรียนรู้
- 5) กระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดปัญหา ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ขั้นสรุปและประเมินค่าหาคำตอบ และขั้นนำเสนอ/ประเมินผลงาน
- 6) การวัดผลประเมินผล
- 7) แหล่งการเรียนรู้
- 8) ข้อเสนอแนะ

เมื่อจัดทำแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นให้สอดคล้องกับเนื้อหาและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ความเหมาะสมของกิจกรรมแต่ละขั้นตอน รวมทั้งการวัดประเมินผลการเรียนให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและสภาพสังคมของผู้เรียน

1.4 ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถในด้านหลักสูตรและการสอน ด้านเนื้อหา การวัดและประเมินผล และมีผลงานทางวิชาการเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป จำนวน 5 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาแล้วคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเนื้อหาและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ความเหมาะสมของกิจกรรมแต่ละขั้นตอน และวิธีการวัดผลประเมินผลการเรียน

1.5 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาแปลความหมายของคะแนนตามเกณฑ์คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ได้ต้องมีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (พิชิต ฤทธิ์จัญญู, 2556, หน้า 151) จากการหาค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1- 6 พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.97-1.00 โดยเฉลี่ยทั้ง 6 แผน มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.99

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่ผ่านการพิจารณาตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ไปใช้จัดการเรียนการสอนกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

## 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนและหลังการทดลองสอนกับนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ และกระบวนการต่างๆ ในการวัดผล หลักการเขียนข้อสอบประเภทเลือกคำตอบ (selection type) แบบหลายตัวเลือก (multiple choice) จากหนังสือและเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผลทางการศึกษาของผู้ทรงคุณวุฒิต่างๆ เช่น พิชิต ฤทธิ์จัญญู (2556, หน้า 118) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

2.2 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จากเอกสารประกอบหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนชัยบาดาลวิทยา วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ว 31101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้วสร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยกำหนดร้อยละของพฤติกรรม

ที่ต้องการวัดในแต่ละด้าน เช่น ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำความรู้ไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า

2.3 สร้างแบบทดสอบตามตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ เรื่อง การเคลื่อนที่ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพข้อสอบขั้นต้น โดยผู้วิจัยได้พิจารณาความเป็นปรนัยของข้อสอบ ความยากง่ายของข้อคำถามคำตอบของข้อสอบในแต่ละข้อ ด้วยการตรวจความชัดเจนของภาษาที่ใช้เขียนคำถามคำตอบ โดยยึดหลักเมื่ออ่านแล้วจะสื่อความหมายและเข้าใจตรงกัน ใช้ภาษาง่ายเหมาะกับผู้อ่าน อ่านได้ชัดเจน ไม่กำกวม รวมทั้งความถูกต้องสมบูรณ์ของคำตอบที่มีให้เลือกและคำชี้แจงในการตอบ

2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลประเมินผลและด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 5 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแล้วคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามและตัวเลือก

2.5 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาแปลความหมายของคะแนนตามเกณฑ์ คือ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 - 1.00 แล้วทำการปรับปรุงและแก้ไขแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2.6 จัดพิมพ์แบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว เพื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 80 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งได้ผ่านการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่มาแล้ว

2.7 นำผลการทดสอบที่ได้ไปวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ โดยหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อ โดยแบ่งเป็นกลุ่มผู้ได้คะแนนสูง 33% และกลุ่มได้คะแนนต่ำ 33% จากจำนวน 80 คน ได้กลุ่มละ 26 คน รวม 52 คน ซึ่งมีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.54 – 0.79 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.23 – 0.58 (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2556, หน้า 141-142)

2.8 พิจารณาปรับปรุงและคัดเลือกข้อสอบเพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2.9 นำแบบทดสอบที่ได้มาคำนวณหาค่าความเที่ยงรายฉบับ โดยคำนวณจากสูตร KR-20ตามวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson method) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .882

2.10 นำแบบทดสอบที่ได้คุณภาพแล้ว จำนวน 40 ข้อ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยต่อไป

### 3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ตามกระบวนการสร้างแบบทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

3.2 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จากเอกสารประกอบหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนชัยบาดาลวิทยา วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ว 31101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้วสร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยกำหนดร้อยละของพฤติกรรมที่ต้องการวัดให้ครบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ 2) ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ 3) ด้านการวิเคราะห์หลักการ

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่ วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน และสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จำนวน 50 ข้อ โดยในแต่ละข้อคำถามจะประกอบด้วยแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และให้ครอบคลุมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน

3.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ หลักสูตรและการสอน และการวัดประเมินผล จำนวน 5 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาแล้วคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามและตัวเลือก โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 - 1.00

3.5 จัดพิมพ์แบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว เพื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 80 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

3.6 นำผลการทดสอบที่ได้ไปวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ โดยหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อ โดยแบ่งเป็นกลุ่มผู้ได้คะแนนสูง 33% และกลุ่มได้คะแนนต่ำ 33% จากจำนวน 80 คน ได้กลุ่มละ 26 คน รวม 52 คน ซึ่งมีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.40 – 0.71 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.23 – 0.58 (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2556, หน้า 141-142)

3.7 พิจารณาปรับปรุงและคัดเลือกข้อสอบเพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.8 นำแบบทดสอบที่ได้มาคำนวณหาค่าความเที่ยงรายฉบับ โดยคำนวณจากสูตร KR-20ตามวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson method) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .813

3.9 นำแบบทดสอบที่ได้คุณภาพแล้ว จำนวน 30 ข้อ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยต่อไป

#### 4. แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อวัดระดับเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองที่ใช้การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กับกลุ่มควบคุมที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์จากทฤษฎี เอกสารและงานวิจัย โดยเลือกใช้วิธีการสร้างแบบวัดเจตคติแบบประเมินค่า (rating scale) 5 ระดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ต (Likert) ซึ่งเป็นระดับของความเห็นและความรู้สึกของผู้ตอบแบบวัด ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4.2 สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้พัฒนามาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 40 ข้อ ประกอบด้วยข้อความเชิงนิมมาน (positive) และข้อความเชิงนิเสธ (negative) โดยครอบคลุมเนื้อหาเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ 5 ด้าน ดังนี้ 1) ความสนใจเกี่ยวกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ 2) การเห็นความสำคัญและคุณค่าของวิทยาศาสตร์ 3) ความสนใจ นิยม ชมชอบในวิทยาศาสตร์ 4) การแสดงออกและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ และ 5) การเลือกใช้แนวทางหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ

4.3 กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

4.3.1 ข้อความเชิงนิมมาน พิจารณาระดับการปฏิบัติโดยให้คะแนนดังนี้

- |               |             |
|---------------|-------------|
| 1) มากที่สุด  | ให้ 5 คะแนน |
| 2) มาก        | ให้ 4 คะแนน |
| 3) ปานกลาง    | ให้ 3 คะแนน |
| 4) น้อย       | ให้ 2 คะแนน |
| 5) น้อยที่สุด | ให้ 1 คะแนน |

4.3.2 ข้อความเชิงนิเสธ พิจารณาระดับการปฏิบัติโดยให้คะแนนดังนี้

- |               |             |
|---------------|-------------|
| 1) มากที่สุด  | ให้ 1 คะแนน |
| 2) มาก        | ให้ 2 คะแนน |
| 3) ปานกลาง    | ให้ 3 คะแนน |
| 4) น้อย       | ให้ 4 คะแนน |
| 5) น้อยที่สุด | ให้ 5 คะแนน |

#### 4.3.3 การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย โดยยึดค่าเฉลี่ยของกลุ่ม (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, หน้า 100) ดังนี้

- 1) ข้อความเชิงนิมิต พิจารณา ค่าเฉลี่ยของกลุ่มดังนี้
  - ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับมากที่สุด
  - ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับมาก
  - ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับปานกลาง
  - ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับน้อย
  - ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับน้อยที่สุด
- 2) ข้อความเชิงนิเสธ พิจารณา ค่าเฉลี่ยของกลุ่มดังนี้
  - ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับน้อยที่สุด
  - ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับน้อย
  - ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับปานกลาง
  - ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับมาก
  - ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับมากที่สุด

4.4 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยการหาดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์แล้วคัดเลือกค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์แต่ละข้อมีคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 0.80 - 1.00 (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2556, หน้า 151) ซึ่งเป็นค่าที่มีความสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงว่าข้อคำถามของแบบวัดนี้วัดได้ตรงตามจุดประสงค์ในการสร้างแบบวัดเจตคติ

4.5 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้รับตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้นจึงจัดพิมพ์แบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์โดยสลับข้อให้กระจายข้อความเชิงนิเสธ ข้อความเชิงนิมิต และเจตคติที่กำกับคุณลักษณะของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน จำนวน 40 ข้อ นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

4.6 นำค่าของคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มนักเรียนที่ทดลองใช้ไปคำนวณหาคุณภาพของเครื่องมือ โดยคำนวณหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อหรือความตรงเชิงจำแนกรายข้อ (discrimination validity) ตามวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างรายข้อของคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (inter total correlation) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson product moment correlation) เป็นตัวบ่งชี้ระดับเจตคติ แล้วคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามซึ่งมีลักษณะของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านที่เป็นข้อความเชิงนิมิตและข้อความเชิงนิเสธ อย่างละ 6 ข้อ และมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อระหว่าง 0.30 – 0.79 ได้ข้อคำถามทั้งหมด จำนวน 30 ข้อ

4.7 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ไปคำนวณหาค่าความเที่ยงทั้งฉบับโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (alpha coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) เพื่อให้ได้ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ และคุณลักษณะของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .945

4.8 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพแล้วจำนวน 30 ข้อ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ขอความร่วมมือกับโรงเรียนชัยบาดาลวิทยาที่ทำการทดลองซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. ทำการทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว จากนั้นอธิบายให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวิธีการเรียนการปฏิบัติตัวของนักเรียน

3. ดำเนินการทดลอง โดยผู้วิจัยทำการสอนนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ในระยะเวลาที่เท่ากันใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับกลุ่มทดลอง และการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับกลุ่มควบคุม จำนวน 6 แผน รวม 18 ชั่วโมง

4. หลังจากที่ได้ดำเนินการสอนจบตามเนื้อหาที่กำหนดไว้แล้วให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน

5. ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนมาวิเคราะห์ผล โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว (one-way ANCOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปการคำนวณทางคอมพิวเตอร์

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการหาค่าความสอดคล้องตามเนื้อหาและความตรงตามโครงสร้าง ซึ่งใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างหน่วยการเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ แบบฝึกหัดและแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ตามสูตรการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

2. การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีดังนี้

2.1 หาค่าความสอดคล้องตามเนื้อหาและความตรงตามโครงสร้างซึ่งใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญตามสูตรการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยแบ่งเป็นกลุ่มผู้ได้คะแนนสูง 33% และกลุ่มได้คะแนนต่ำ 33%

2.3 หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งฉบับ ตามสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Method)

3. การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

3.1 หาค่าความสอดคล้องตามเนื้อหาซึ่งใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญตามสูตร IOC

3.2 คำนวณหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (item-total correlation) ตามสูตรของเพียร์สัน

3.3 หาค่าความเที่ยงของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ตามสูตรการคำนวณหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -coefficient) ของครอนบาค

4. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2 กลุ่ม ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว (one-way ANCOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปการคำนวณทางคอมพิวเตอร์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (mean) โดยใช้สูตร (พงศธร ลิมป์ กฤตนุวัตร 2556, หน้า 3)

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

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยหรือคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนในกลุ่มตัวอย่าง
	$n$	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) คำนวณจากสูตร  
(พงศธร ลิมป์ กฤตพันธุ์ 2556, หน้า 4)

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

เมื่อ	S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	$X$	แทน	ค่าข้อมูลหรือคะแนนแต่ละคน
	$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	$n$	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

## 2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพและประสิทธิภาพเครื่องมือ

2.1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยใช้สูตร (พงศธร ลิมป์ กฤตพันธุ์ 2555, หน้า 10)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ ซึ่งข้อคำถามในการวิจัยครั้งนี้ให้รวมหมายถึง หน่วยการเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ แบบฝึกหัด แบบทดสอบ แบบวัด และแผนการจัดการเรียนรู้
	$\Sigma R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	$N$	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาค่าความยากง่าย (p) รายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ  
เรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้สูตร (พงศธร ลิมป์ กฤตพันธุ์  
2555, หน้า 22)

$$P = \frac{P_H + P_L}{2N}$$

เมื่อ	$P$	แทน	ค่าความยากง่าย
	$P_H$	แทน	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	$P_L$	แทน	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	$N$	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2.3 การหาค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) รายชื่อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้สูตร (พงศธร ลิมปี กฤตานุวัตร 2555, หน้า 22)

$$r = \frac{P_H - P_L}{N}$$

เมื่อ	$r$	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	$P_H$	แทน	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	$P_L$	แทน	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	$N$	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2.4 การหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ตามวิธีของคูเดออร์-ริชาร์ดสัน (พงศธร ลิมปี กฤตานุวัตร 2555, หน้า 16)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ	$r_{tt}$	แทน	สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบทดสอบ
	$n$	แทน	จำนวนข้อสอบ
	$p$	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกแต่ละข้อ
	$q$	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดแต่ละข้อ ( $q = 1 - p$ )
	$S^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

2.5 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยคำนวณจากสูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (item-total correlation) (พงศธร ลิมปี กฤตานุวัตร 2555, หน้า 22)

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ	$r$	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน
	$X$	แทน	คะแนนของข้อความแต่ละข้อความ
	$Y$	แทน	คะแนนรวมของแบบวัดเจตคติทั้งฉบับ
	$n$	แทน	จำนวนคนที่ได้รับการวัดเจตคติ

2.6 การหาค่าความเที่ยงของแบบวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) โดยใช้สูตรการคำนวณสัมประสิทธิ์แอลฟา (พงศธร ลิมป์ กฤตอนุวัตร์, 2555, หน้า 19)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ	$\alpha$	แทน	สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบวัด
	$n$	แทน	จำนวนข้อคำถาม
	$\sum s_i^2$	แทน	ผลรวมความแปรปรวนของข้อคำถามแต่ละข้อ
	$s_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

### 3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบความแตกต่างกันของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สูตร match paired t-test (พงศธร ลิมป์ กฤตอนุวัตร์, 2555, หน้า 141)

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

เมื่อ	t	แทน	เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยการทดสอบค่าที่
	D	แทน	ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่
	n	แทน	จำนวนคู่ของตัวอย่าง

3.2 ทดสอบความแตกต่างกันของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน 2 กลุ่มระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สูตรที่ใช้ในการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว (one-way ANCOVA) ค่าพหุคูณสถิติ F ที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้ (พงศธร ลิมป์ กฤตอนุวัตร์, 2555, หน้า 142-143)

3.2.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรร่วม โดยคำนวณหาผลรวมของผลต่างกำลังสอง (sum of square) ของตัวแปรร่วม ได้แก่ ผลรวมของผลต่างกำลังสองรวม ( $SS_{tx}$ ) ผลรวมของผลต่างกำลังสองระหว่างกลุ่ม ( $SS_{bx}$ ) และผลรวมของผลต่างกำลังสองภายในกลุ่ม ( $SS_{wx}$ ) ดังนี้

$$SS_{tx} = \sum_j \sum_i X_{ij}^2 - \frac{\left( \sum_j \sum_i X_{ij} \right)^2}{N}$$

$$SS_{bx} = \frac{\sum_j \left( \sum_i X_{ij} \right)^2}{n} - \frac{\left( \sum_j \sum_i X_{ij} \right)^2}{N}$$

$$SS_{wx} = \sum_j \sum_i X_{ij}^2 - \frac{\sum_j \left( \sum_i X_{ij} \right)^2}{n}$$

3.2.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรตาม โดยคำนวณหาผลรวมของผลต่างกำลังสองของตัวแปรตาม ได้แก่ ผลรวมของผลต่างกำลังสองรวม ( $SS_{ty}$ ) ผลรวมของผลต่างกำลังสองระหว่างกลุ่ม ( $SS_{by}$ ) และผลรวมของผลต่างกำลังสองภายในกลุ่ม ( $SS_{wy}$ ) ดังนี้

$$SS_{ty} = \sum_j \sum_i Y_{ij}^2 - \frac{\left( \sum_j \sum_i Y_{ij} \right)^2}{N}$$

$$SS_{by} = \frac{\sum_j \left( \sum_i Y_{ij} \right)^2}{n} - \frac{\left( \sum_j \sum_i Y_{ij} \right)^2}{N}$$

$$SS_{wy} = \sum_j \sum_i Y_{ij}^2 - \frac{\sum_j \left( \sum_i Y_{ij} \right)^2}{n}$$

3.2.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของผลคูณของตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม โดยคำนวณหาผลรวมของผลคูณระหว่างตัวแปรร่วมกับตัวแปรตาม ได้แก่ ผลรวมของผลคูณรวม ( $SS_{txy}$ ) ผลรวมของผลคูณระหว่างกลุ่ม ( $SS_{bxy}$ ) และผลรวมของผลคูณภายในกลุ่ม ( $SS_{wxy}$ ) ดังนี้

$$SS_{txy} = \sum_j \sum_i X_{ij} Y_{ij} - \frac{\left( \sum_j \sum_i X_{ij} \right) \left( \sum_j \sum_i Y_{ij} \right)}{N}$$

$$SS_{bxy} = \frac{\sum_j \left( \sum_i X_{ij} \right) \left( \sum_i Y_{ij} \right)}{n} - \frac{\left( \sum_j \sum_i X_{ij} \right) \left( \sum_j \sum_i Y_{ij} \right)}{N}$$

$$SS_{wxy} = \sum_j \sum_i X_{ij} Y_{ij} - \frac{\sum_j \left( \sum_i X_{ij} \right) \left( \sum_i Y_{ij} \right)}{n}$$

3.2.4 คำนวณผลรวมของผลต่างกำลังสองของตัวแปรตามหลังปรับด้วยตัวแปรร่วม (adjusted sum of square) ได้แก่ ผลรวมของผลต่างกำลังสองรวมหลังปรับด้วยตัวแปรร่วม ( $SS'_{ty}$ ) ผลรวมของผลต่างกำลังสองระหว่างกลุ่มหลังปรับด้วยตัวแปรร่วม ( $SS'_{by}$ ) และผลรวมของผลต่างกำลังสองภายในกลุ่มหลังปรับด้วยตัวแปรร่วม ( $SS'_{wy}$ ) ดังนี้

$$SS'_{ty} = SS_{ty} - \frac{(SS_{txy})^2}{SS_{tx}}$$

$$SS'_{by} = SS'_{ty} - SS'_{wy}$$

$$SS'_{wy} = SS_{wy} - \frac{(SS_{wxy})^2}{SS_{wx}}$$

เมื่อ	N	แทน	จำนวนคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนคะแนนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

3.2.5 คำนวณค่าของตัวแปรตามที่ปรับด้วยตัวแปรร่วมในแต่ละกลุ่มของตัวแปรอิสระ (adjusted treatment group means) ตามสมการ

$$\bar{Y}'_{.j} = \bar{Y}_{.j} - b_{yx}(\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})$$

เมื่อ $\bar{Y}'_{.j}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามของกลุ่ม $j$ ที่ปรับค่าแล้ว
$\bar{Y}_{.j}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามของกลุ่ม $j$
$\bar{X}_{.j}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วมของกลุ่ม $j$
$\bar{X}_{..}$	แทน	ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของตัวแปรร่วม
$b_{yx}$	แทน	สัมประสิทธิ์การถดถอย ซึ่งหาได้จากสูตร

$$b_{yx} = \frac{SS_{wxy}}{SS_{wx}}$$

หรือ

$$b_{yx} = \frac{\sum_j \sum_i (X_{ij} - \bar{X}_{..})(Y_{ij} - \bar{Y}_{..})}{\sum_j \sum_i (X_{ij} - \bar{X}_{..})^2}$$

คำนวณค่าสถิติ  $F$  ที่ใช้ในการทดสอบ

$$F = \frac{MS'_{by}}{MS'_{wy}} \sim F_{j-1, N-j-c}(1-\alpha)$$

เมื่อ $MS'_{by}$	แทน	ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม ที่ปรับค่าแล้ว
$MS'_{wy}$	แทน	ความแปรปรวนภายในกลุ่ม ที่ปรับค่าแล้ว
$c$	แทน	จำนวนตัวแปรร่วม
$j$	แทน	จำนวนกลุ่ม
$N$	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

### 3.2.6 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ดังนี้

ตาราง 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	SIGNIF .OF F
ตัวแปรร่วม	$SS_{bx}$	c	$MS_{bx}$	$MS_{bx} / MS'_{wy}$	$P(F>F_c)$
ตัวแปรอิสระ	$SS_{by}$	j-1	$MS'_{by}$	$MS'_{by} / MS'_{wy}$	$P(F>F_c)$
ส่วนที่เหลือ	$SS'_{wy}$	N-j-c	$MS'_{wy}$		
รวม	$SS_{ty}$	N-1			

เมื่อ	SS	แทน	ผลรวมกำลังสองของคะแนน
	$SS_{bx}$	แทน	ผลรวมของผลต่างกำลังสองระหว่างกลุ่ม
	$SS_{by}$	แทน	ผลรวมของผลต่างกำลังสองระหว่างกลุ่ม
	$SS'_{wy}$	แทน	ผลรวมของผลต่างกำลังสองภายในกลุ่มหลังปรับด้วยตัวแปรร่วม
	MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของคะแนน
	$MS_{bx}$	แทน	ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
	$MS'_{by}$	แทน	ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มที่ปรับค่าแล้ว
	$MS'_{wy}$	แทน	ความแปรปรวนภายในกลุ่มที่ปรับค่าแล้ว
	df	แทน	ชั้นของความเป็นอิสระ
	c	แทน	จำนวนตัวแปรร่วม
	j	แทน	จำนวนกลุ่ม
	N	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด
	F	แทน	ค่าการแจกแจงของ F
	$F_c$	แทน	ค่าการแจกแจงของ F ของตัวแปรร่วม
	P	แทน	ค่าความน่าจะเป็น(ระดับนัยสำคัญ)