

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Research) เรื่อง ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถด้านการคิดวิจารณ์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน คือ เลือกกลุ่มตัวอย่าง เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ระยะเวลาในการทำการวิจัย แบบแผนการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย วิธีดำเนินการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 ของโรงเรียนสตรีทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 100 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกตัวอย่างแบบมีจุดมุ่งหมาย (Purposive Sampling) ผู้วิจัยได้สุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรงในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 มาหาค่าเฉลี่ย และนำห้องเรียนที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมาเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้อง จากนั้นสุ่มห้องเรียนจากจำนวน 2 ห้องเรียน โดยให้เป็นกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม จำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม จำนวน 50 คน

#### เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของโรงเรียนสตรีทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

#### ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 สัปดาห์ๆ ละ 4 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง โดยจัดการเรียนรู้ในสัปดาห์ที่ 15-17 ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548

### แบบแผนการวิจัย

เมื่อผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างแล้ว ได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผน Randomized Control - Group Pretest – Posttest Design (Borden, 1991 : 274-276) ซึ่งมีแบบแผนดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 แบบแผนการทดลอง

| กลุ่ม | ทดลองก่อนเรียน | การเรียน | ทดลองหลังเรียน |
|-------|----------------|----------|----------------|
| RE    | T <sub>1</sub> | X        | T <sub>2</sub> |
| RC    | T <sub>1</sub> | ~X       | T <sub>2</sub> |

|       |                |   |
|-------|----------------|---|
| เมื่อ | R              | แทน การกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่ม                           |
|       | E              | แทน กลุ่มทดลอง  |
|       | C              | แทน กลุ่มควบคุม   |
|       | T <sub>1</sub> | แทน การสอบก่อนที่จะจัดกระทำการทดลอง (Pretest)                 |
|       | T <sub>2</sub> | แทน การสอบหลังจากที่จัดกระทำการทดลอง (Posttest)               |
|       | X              | แทน การจัดการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ |
|       | ~X             | แทน การจัดการสอนตามปกติ                                       |

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การสอนตามปกติ
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แบบวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณ

## ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือวิจัย

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนมติ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของโรงเรียน ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายปี ช่วงชั้นที่ 4 (ม. 4-ม.6) มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

1.2 ศึกษาตำรา วารสาร เอกสาร และรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนผังมโนมติ วิธีสอน กิจกรรมการสอนให้เกิดมโนมติ และการฝึกฝนการเขียนแผนผังมโนมติ

1.3 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาวิชาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

1.4 วิเคราะห์และจัดทำรายการมโนมติจากเนื้อหาวิชา เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาฟิสิกส์

1.5 กำหนดสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ในแต่ละมโนมติ ให้สอดคล้องกับระยะเวลา เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา

ขั้นที่ 3 การสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนมติ

ขั้นที่ 4 การอธิบายและลงข้อสรุป

ขั้นที่ 5 การขยายความรู้

ขั้นที่ 6 การประเมิน

1.6 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนำแผนผังมโนมติมาสอนแทรก โดยการให้นักเรียนสามารถเขียนแผนผังสรุปเนื้อหาเมื่อเรียนจบแต่ละเรื่องย่อย เวลาที่ใช้สอนรวม 12 คาบ โดยสอนสัปดาห์ละ 4 คาบ ๆ ละ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 สัปดาห์

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาฟิสิกส์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาวิชา ภาษาที่ใช้ กระบวนการจัดการเรียนรู้อการสร้างมโนมติ สื่อ ความเหมาะสมของเวลา เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องอีกครั้งเพื่อเตรียมจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

## 2. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้การสอนตามปกติ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของ โรงเรียน ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายปี ช่วง  
ชั้นที่ 4 (ม. 4-ม.6) มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาวิชาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2.3 กำหนดสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อ  
การเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาบทเรียน ให้สอดคล้องกับระยะเวลา เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแผนการ  
จัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา

ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้

ขั้นที่ 5 การประเมิน

2.4 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เวลาที่ใช้สอนรวม 12 คาบ โดยสอนสัปดาห์ละ 4 คาบ  
ๆ ละ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 สัปดาห์

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาฟิสิกส์ และอาจารย์  
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาวิชา ภาษาที่ใช้ กระบวนการจัดการเรียนรู้  
การสร้างมโนคติ สื่อ ความเหมาะสมของเวลา เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องอีกครั้งเพื่อเตรียมจัดทำแผนการ  
จัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

## 3. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 กำหนดจุดมุ่งหมายเกี่ยวกับขอบข่ายของเนื้อหา วิธีสร้างและการออกแบบทดสอบ  
ยึดหลักการวัดผลและการประเมินผล โดยศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 วิชาฟิสิกส์ หนังสือเรียน คู่มือครู  
จุดประสงค์ และเอกสารประกอบการเรียนการสอนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในเรื่อง การเคลื่อนที่แนว  
วงกลม

3.3 สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย  
ของหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม โดยวิเคราะห์ด้านต่างๆ 4 ด้าน

3.3.1 ด้านความรู้ความจำ

### 3.3.2 ด้านความเข้าใจ

### 3.3.3 ด้านการแก้ปัญหา

### 3.3.4 ด้านการนำไปใช้

3.4 นำผลการวิเคราะห์ไปสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม จำนวน 60 ข้อ

3.5 นำแบบทดสอบที่สร้างแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดรวมถึงความถูกต้องในด้านการใช้ภาษา นำผลการตรวจสอบมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ (Index of item objective congruence : IOC) โดยเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ .50-1.00

3.6 นำแบบทดสอบที่สร้าง และปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่ม ตัวอย่าง ที่ได้รับการสอนเรื่องการเคลื่อนที่แนววงกลมแล้ว โดยใช้นักเรียนจากโรงเรียนสตรีทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 100 คน จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลรายข้อ ซึ่งมี รายละเอียดดังนี้

3.6.1 นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน โดยที่ข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน

3.6.2 นำผลคะแนนที่ตรวจแล้ว มาวิเคราะห์เป็นรายข้อ คือ หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้เทคนิค 27% ในการแบ่งกลุ่มสูง-ต่ำ แล้วเลือกเฉพาะข้อที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2-0.8 จำนวน 30 ข้อ

3.7 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ไปทดสอบเป็นครั้งที่ 2 กับนักเรียนโรงเรียนสตรีทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ได้เรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลมแล้ว ซึ่งไม่ใช่กลุ่ม ตัวอย่างจำนวนโรงเรียนละ 50 คน นำผลคะแนนที่ได้มาหาความเที่ยงของแบบทดสอบโดยวิธีวัดความคงที่ภายในตามวิธีของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) ด้วยสูตร KR-20

### 3.8 นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนตัวอย่าง

## 4. การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา ข้อความ ข้อมูลจากสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร บทโฆษณาทางโทรทัศน์ ที่คลุมเครือ แบบวัดเป็นแบบสอบปรนัยชนิด 3 ตัวเลือก ในแต่ละข้อมีคำตอบถูกอยู่คำตอบเดียว การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดวิจารณ์จะให้คะแนนดังนี้คือ ตอบถูกในแต่ละข้อให้ 1 คะแนน ถ้าตอบ

ผิดให้ 0 คะแนน คะแนนของแบบวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์จะคิดจากผลรวมของข้อสอบที่ตอบถูก โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาทฤษฎีและวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ สร้างนิยามเชิงปฏิบัติการคิดวิจารณ์ 5 ลักษณะย่อยของความคิด คือ ความสามารถในการสรุปอ้างอิง ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ความสามารถในการนิรนัย ความสามารถในการตีความ และความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง

4.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดจากหนังสือเกี่ยวกับเทคนิคการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ

4.3 ศึกษาแบบวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ โดยอาศัยหลักการของวัตสัน และเกลเซอร์ (Watson and Glaser) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และสถานการณ์ในปัจจุบัน

4.4 สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ตามคำนิยาม

4.5 นำแบบวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงตามโครงสร้าง(Construct Validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องของแบบวัดกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก และตรวจสอบความถูกต้องของภาษา

4.6 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง แล้วคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .5 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538 : 117)

4.7 นำแบบวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรีทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งผ่านการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม แล้วนำแบบวัดนั้นมาตรวจให้คะแนน โดยตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อโดยหาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก

4.8 คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากระหว่าง 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป

4.9 นำข้อสอบที่คัดเลือกและปรับปรุงจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 แล้วไปทดลองใช้เป็นครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 50 คน ซึ่งผ่านการเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม

4.10 นำคะแนนที่ได้หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ โดยการวิเคราะห์ค่าความคงที่ภายในตามแบบของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) ด้วยสูตร KR-20

4.11 นำแบบวัดไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

## วิธีดำเนินการทดลอง

1. ผู้วิจัยนำหนังสือจากภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานีถึงผู้อำนวยการสถานศึกษาโรงเรียนสตรีทุ่งสง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อขออนุญาตให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการทำการทดลอง
2. กำหนดวิธีสอน โดยการจับฉลากห้องเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
 

|             |  |
|-------------|--|
| กลุ่มทดลอง  | จัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ |
| กลุ่มควบคุม | จัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามปกติ  |
3. ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิจารณ์ญาณ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อทดสอบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ และนักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม
4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัยทั้ง 2 กลุ่ม ใช้เวลาสอนกลุ่มละ 3 สัปดาห์ๆ ละ 4 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง
5. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนตามกำหนด ทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และวัดความสามารถด้านการคิดวิจารณ์ญาณของนักเรียน ทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นข้อสอบฉบับเดิมอีกครั้งหนึ่ง
6. ตรวจสอบแบบวัดและนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐานต่อไป

## การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ และกลุ่มที่ได้รับการสอนตามปกติ คือ หาค่ามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetic mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และใช้การทดสอบที แบบกลุ่มตัวอย่างไม่สัมพันธ์กัน (t-test independent group) (Kohout, 1974 : 343-347)
2. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ และกลุ่มที่ได้รับการสอนตามปกติ คือ หาค่ามัชฌิมเลขคณิต, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้การทดสอบที แบบกลุ่มตัวอย่างไม่สัมพันธ์กัน

3. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณ ก่อนกับหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ และกลุ่มที่ได้รับการสอนตามปกติ คือ หาค่าผลรวมของผลต่างของคะแนน ( $\sum D$ ) ผลรวมของผลต่างของคะแนนแต่ละคู่ยกกำลังสอง ( $\sum D^2$ ) และใช้การทดสอบที แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (t-test dependent group) (Kohout, 1974 : 351)

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ ดังนี้

#### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่ามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetic mean) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2536 : 145-146)

|       |           |         |                              |
|-------|-----------|---------|------------------------------|
| สูตร  | $\bar{X}$ | =       | $\frac{\sum X}{n}$           |
| เมื่อ | $\bar{X}$ | หมายถึง | ค่ามัชฌิมเลขคณิต             |
|       | $\sum X$  | หมายถึง | ผลรวมของคะแนนทั้งหมด         |
|       | n         | หมายถึง | จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง |

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2536 : 64)

|       |            |         |   |
|-------|------------|---------|---|
| สูตร  | S          | =       | $\sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$ |
| เมื่อ | S          | หมายถึง | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน                             |
|       | $\sum X$   | หมายถึง | ผลรวมของคะแนนทั้งหมด                            |
|       | $\sum X^2$ | หมายถึง | ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง                 |
|       | N          | หมายถึง | จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง                          |

#### 2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าความตรง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม และแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิจารณ์ญาณ ใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538 : 117)



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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้  
 $\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด  
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (Difficulty = p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม และแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (บุญชม ศรีสะอาด, 2543 : 81)

$$\text{สูตร } p = \frac{R}{N}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ  
 R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ  
 N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

2.3 หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination = r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม และแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (โกวิท ประวาลพุกษ์, 2523 : 199)

$$\text{สูตร } r = \frac{R_U - R_L}{N}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ  
 $R_U$  แทน จำนวนผู้ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มสูง  
 $R_L$  แทน จำนวนผู้ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มต่ำ  
 N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

2.4 หาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนววงกลม และแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิจารณ์ญาณ ใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538 : 130)

$$\text{สูตร} \quad r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

|       |          |  |
|-------|----------|--|
| เมื่อ | $r_{tt}$ | แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น                |
|       | $p$      | แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกแต่ละข้อ           |
|       | $q$      | แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดแต่ละข้อ = $1 - p$ |
|       | $S_t^2$  | แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด         |
|       | $n$      | แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ                      |

### 3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 ทดสอบความแปรปรวนโดยใช้การทดสอบ F-test ใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2536 : 95-98)

$$\begin{aligned} \text{สมมติฐาน} \quad H_0 &: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \\ H_1 &: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \end{aligned}$$

$$\text{ใช้สูตร} \quad F = \frac{MS_b}{MS_w}$$

|       |                |     |  |
|-------|----------------|-----|--|
|       | $df_b = p - 1$ | และ | $df_w = N - p$                         |
| เมื่อ | F              | แทน | ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน F-test         |
|       | $MS_b$         | แทน | ความแปรปรวน (Mean square) ระหว่างกลุ่ม |
|       | $MS_w$         | แทน | ความแปรปรวนภายในกลุ่ม                  |
|       | $p$            | แทน | จำนวนกลุ่ม                             |
|       | $N$            | แทน | จำนวนตัวอย่างทั้งหมด                   |

3.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ญาณ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ (กลุ่มทดลอง) และกลุ่มที่ได้รับการสอนตามปกติ(กลุ่มควบคุม) โดยใช้ค่าสถิติทดสอบที (t-test) แบบ Independent ซึ่งมีอยู่ 3 กรณีดังนี้

$$\text{สมมติฐาน} \quad H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

1) กรณีที่ผลการทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทดสอบความแปรปรวนแล้ว ความแปรปรวนทั้ง 2 กลุ่มเท่ากัน ใช้สูตร (Kohout, 1974 : 343)

$$\text{สูตร} \quad t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

|       |             |     |  |
|-------|-------------|-----|--|
| เมื่อ | t           | แทน | ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-distribution   |
|       | $\bar{X}_1$ | แทน | ค่าเฉลี่ยของคะแนนนักเรียนกลุ่มทดลอง      |
|       | $\bar{X}_2$ | แทน | ค่าเฉลี่ยของคะแนนนักเรียนกลุ่มควบคุม     |
|       | $n_1$       | แทน | จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง                |
|       | $n_2$       | แทน | จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม               |
|       | $S_1^2$     | แทน | ความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนในกลุ่มทดลอง  |
|       | $S_2^2$     | แทน | ความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนในกลุ่มควบคุม |

2) กรณีที่ผลการทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทดสอบความแปรปรวนแล้ว ความแปรปรวนทั้ง 2 กลุ่ม ไม่เท่ากัน ใช้สูตร (Kohout, 1974 : 347)

$$\text{สูตร} \quad t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1-1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2-1}}$$

|       |             |  |
|-------|-------------|--|
| เมื่อ | t           | แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-distribution   |
|       | $\bar{X}_1$ | แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนนักเรียนกลุ่มทดลอง      |
|       | $\bar{X}_2$ | แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนนักเรียนกลุ่มควบคุม     |
|       | $n_1$       | แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง                |
|       | $n_2$       | แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม               |
|       | $S_1^2$     | แทน ความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนในกลุ่มทดลอง  |
|       | $S_2^2$     | แทน ความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนในกลุ่มควบคุม |

3) กรณีที่ผลการทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทดสอบความแปรปรวนแล้ว ความแปรปรวนทั้ง 2 กลุ่มเท่ากัน ใช้สูตร (ดัดแปลงจากการทดสอบที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่สัมพันธ์กัน และทั้ง 2 กลุ่ม มีความแปรปรวน เท่ากันของ Kohout, 1974 : 343)

|       |             |     |   |
|-------|-------------|-----|---|
| สูตร  | t           | =   | $\frac{\bar{D}_1 - \bar{D}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_{D_1}^2 + (n_2-1)S_{D_2}^2}{n_1+n_2-2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$ |
|       | df          | =   | $n_1 + n_2 - 2$   |
| เมื่อ | t           | แทน | ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-distribution  |
|       | $\bar{D}_1$ | แทน | ค่ามัชฌิมเลขคณิตของผลต่างของคะแนนในกลุ่มทดลอง   |
|       | $\bar{D}_2$ | แทน | ค่ามัชฌิมเลขคณิตของผลต่างของคะแนนในกลุ่มควบคุม  |
|       | $n_1$       | แทน | จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง   |
|       | $n_2$       | แทน | จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม  |
|       | $S_{D_1}^2$ | แทน | ความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนในกลุ่มทดลอง   |
|       | $S_{D_2}^2$ | แทน | ความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนในกลุ่มควบคุม  |