

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือวิจัย
3. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 จำนวน 9 ห้อง รวม 279 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 34 คน จากวิธีการเลือกแบบกลุ่ม (Cluster Random)

3.2 เครื่องมือวิจัย

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 14 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 20 ชั่วโมง

3.2.2 แบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี เพื่อวัดการแสดงออกของตัวแทนความคิด เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 14 ข้อ

3.2.3 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง พันธะเคมี เป็นแบบวัดชนิดอัตนัย วัดทักษะ 12 ด้าน ตามแนวคิดของ Ennis จำนวน 7 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที

3.2.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย เลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที

3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ ขอบข่ายเนื้อหา การวัดการประเมินผล และศึกษาทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เพื่อใช้เป็นรูปแบบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ศึกษาหลักสูตรของโรงเรียนบรบือวิทยาคาร โดยศึกษาโครงสร้างรายวิชา คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แล้วทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาในการจัดการเรียนรู้ เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลา

แผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1. การเกิดและโครงสร้างสารประกอบไอออนิก	1. อธิบายการเกิดพันธะไอออนิกได้ 2. เขียนโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	1
2. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	1. เขียนสูตรสารประกอบไอออนิกได้ 2. เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	2

(ต่อ)

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
3. พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก	1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกได้	1
4. สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	1. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้ 2. เขียนสมการของปฏิกิริยาไอออนิกได้	2
5. การเกิดพันธะโคเวเลนต์	1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้	1
6. ชนิดของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต	1. บอกชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้ 2. บอกโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้	2
7. การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	1. เขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์ได้ 2. เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้	1
8. ความยาวและพลังงานพันธะ	1. อธิบายความยาวของพันธะและพลังงานพันธะได้ 2. คำนวณหาค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้	2
9. แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์	1. อธิบายโครงสร้างเรโซแนนซ์ของสารโคเวเลนต์ได้	1
10. รูปร่างของโมเลกุล	1. ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	2
11. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์	1. อธิบายสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	1
12. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	1. ระบุชนิดแรงยึดเหนี่ยวโมเลกุลโคเวเลนต์	2
13. สารโครงผลึกράงตาข่าย	1. บอกสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงผลึกράงตาข่ายได้	1
14. พันธะโลหะ	1. อธิบายการเกิดพันธะโลหะได้ 2. อธิบายสมบัติของพันธะโลหะได้	1
	รวม	20

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ครอบคลุมทุกหน่วยการเรียนรู้และผลการเรียนรู้วิเคราะห์ได้จำนวน 14 แผนการเรียนรู้ เวลา 20 ชั่วโมง

3. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จำนวน 14 แผนการเรียนรู้ เวลา 20 ชั่วโมง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ออกแบบการเขียนแผนกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่ส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด โดยการเชื่อมโยงระดับของการนำเสนอตัวแทนความคิดในวิชาเคมี 3 ระดับ ได้แก่ ระดับแมโครสโกปิก (Macroscopic) ระดับซัพ-แมโครสโกปิก (Sub-Microscopic) และระดับซิมโบลิก (Symbolic) ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของเอนนิส (Ennis) 12 ทักษะ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรม 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 ชี้นำเข้าสู่บทเรียน

3.2.2 ชี้นสอน ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนได้แก่

3.2.2.1 ชี้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญา

3.2.2.2 ชี้นดำเนินกิจกรรมได้ตรง

3.2.2.3 ชี้นสรุปโครงสร้างทางปัญญา

3.2.2.4 ชี้นนำไปใช้

3.2.3 ชี้นสรุป

3.2.4 ชี้นประเมิน

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ ความถูกต้องของเนื้อหา และความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล แล้วนำคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

5. สร้างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. สารสำคัญ					
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 เหมาะสมกับวัยของนักเรียน					
6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพของแผนการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีดังนี้					
6.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร.อรัญ ชูกระเดื่อง ปร.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่งอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและประเมินผล					
6.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่งอาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและทฤษฎี					
6.3 คุณครูอภิวัฒน์ ศรีกันหา กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่งครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนชุมแพศึกษา เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและทฤษฎี					
6.4 คุณครูวราภรณ์ จินาบุญ ค.ม. (หลักสูตรและการเรียนการสอน) ตำแหน่งครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน					
6.5 คุณครูเบญจวรรณ ลำเภาทอง กศ.ม. (วัดผลการศึกษา) ตำแหน่งครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล					
ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประเมินแผนการเรียนรู้ โดยใช้มาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของ Likert (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 102-103) ทำการประเมินแต่ละแผนการเรียนรู้โดยเกณฑ์การประเมินคะแนน ดังนี้					
มีค่าเหมาะสมมากที่สุด	มีค่าเท่ากับ	5			
มีค่าเหมาะสมมาก	มีค่าเท่ากับ	4			
มีค่าเหมาะสมปานกลาง	มีค่าเท่ากับ	3			
มีค่าเหมาะสมน้อย	มีค่าเท่ากับ	2			
มีค่าเหมาะสมน้อยที่สุด	มีค่าเท่ากับ	1			

7. ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับของ Likert ซึ่งระดับความเหมาะสมต้องได้ค่าเฉลี่ย 3.51 ขึ้นไปจึงถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ได้ การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เกณฑ์ของเบสท์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 102-103) ดังนี้

4.51 - 5.00	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
3.51 - 4.50	ความเหมาะสมในระดับมาก
2.51 - 3.50	ความเหมาะสมในระดับปานกลาง
1.51 - 2.50	ความเหมาะสมในระดับน้อย
1.00 - 1.50	ความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ นำไปเทียบค่าเฉลี่ยพิจารณาความเหมาะสม ผลการวิเคราะห์ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 14 แผนมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.40-5.00 และคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 (ตารางที่ ค.1)

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ให้พิจารณาปรับปรุงแก้ไขตามที่ได้เสนอแนะเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี แล้วจัดพิมพ์เป็นแผนการเรียนรู้นับจริง

9. นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 34 คน

3.3.2 แบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด

แบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อวัดระดับความสามารถของการแสดงออกของตัวแทนความคิด 5 ระดับตามแนวคิดของ Michalchik (2008, p. 242-243) ผู้วิจัยได้สร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และหลักสูตร โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการวิเคราะห์จุดประสงค์จุดประสงค์ทุกแผนการเรียนรู้ ศึกษาทฤษฎีตัวแทนความคิด และวิธีการประเมินผลตามแนวคิดของ Michalchik (2008, p. 242-243) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด

2. สร้างแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ตามขอบข่ายวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทุกแผนการเรียนรู้ เป็นแบบทดสอบฉบับที่ 1 จำนวน 30 ข้อ ต้องการใช้จริง 14 ข้อ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3

การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบที่สร้างขึ้นและนำไปใช้ ของแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
		สร้างขึ้น	นำไปใช้
1	อธิบายการเกิดพันธะไอออนิกและเขียนโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	3	1
2	เขียนสูตรสารประกอบไอออนิกและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	2	1
3	อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกได้	2	1
4	อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้และเขียนสมการของปฏิกิริยาไอออนิกได้	2	1
5	อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้	2	1
6	บอกชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้และบอกโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้	2	1
7	เขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์ได้และเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้	2	1
8	อธิบายความยาวและพลังงานพันธะและคำนวณหาค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้	3	1
9	อธิบายโครงสร้างเรโซแนนซ์ของสารโคเวเลนต์ได้	2	1
10	ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	2	1
11	อธิบายสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	2	1
12	ระบุชนิดแรงยึดเหนี่ยวโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	2	1
13	บอกสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายได้	2	1
14	อธิบายการเกิดและสมบัติของพันธะโลหะได้	2	1
	รวม	30	14

3. นำแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดฉบับที่ 1 จำนวน 30 ข้อ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบเนื้อหา ภาษา และข้อคำถาม

4. ปรับปรุงแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดฉบับที่ 1 จำนวน 30 ข้อ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วสร้างเป็นแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดฉบับที่ 2 จำนวน 30 ข้อ

5. นำแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดฉบับที่ 2 จำนวน 30 ข้อ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา และประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยแบบทดสอบต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50-1.00 ขึ้นไป โดยพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนน (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 269) ดังนี้

ให้คะแนน	+1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
ให้คะแนน	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
ให้คะแนน	-1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง ผลการวิเคราะห์พบว่า ผ่านเกณฑ์ IOC ทุกข้อ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 แต่ผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะเกณฑ์ที่ 0.80-1.00 มาทั้งหมด 14 ข้อ โดยที่แต่ละแผนนั้นไม่ตกทุกจุดประสงค์ (ตารางที่ ก.2)

6. ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดฉบับที่ 2 จำนวน 30 ข้อ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน (ชุดเดิม) จากนั้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ให้พิจารณาปรับปรุงแก้ไขตามที่ได้เสนอแนะ แล้วสร้างเป็นแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดฉบับที่ 3 จำนวน 30 ข้อ

7. นำแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดฉบับที่ 3 จำนวน 30 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 เพื่อปรับปรุง เนื้อหา ภาษา ข้อคำถาม และเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

8. วิเคราะห์ความยากจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 299) ผลการวิเคราะห์พบว่าความยากของแบบทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.34-0.78 แต่ผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะเกณฑ์ที่ 0.36-0.63 มาทั้งหมด 14 ข้อ (ตารางที่ ก.3)

9. วิเคราะห์อำนาจจำแนกจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 308) ผลการวิเคราะห์พบว่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.23-0.87 แต่ผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะเกณฑ์ที่ 0.41-0.82 มาทั้งหมด 14 ข้อ (ตารางที่ ก.3)

10. คัดเลือกแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดจากฉบับที่ 3 จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20-1.00 (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 303) สร้างเป็นฉบับที่ 4 จำนวน 14 ข้อ

11. วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบของฉบับที่ 4 จำนวน 14 ข้อ ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient Method) ผลการวิเคราะห์ พบว่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับยอมรับได้ (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 297) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.97 (ตารางที่ ก.4)

12. จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ฉบับที่ 4 จำนวน 14 ข้อ (ฉบับจริง) เป็นแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี

13. นำแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดฉบับที่ 4 จำนวนข้อสอบ 14 ข้อ (ฉบับจริง) ไปทดสอบหลังเรียนเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 1 ห้องเรียนรวม 34 คน

3.3.3 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์ใช้แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเกสินี ศรีวรรณ (2551, น. 368-374) วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Ennis มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96 เป็นแบบวัดชนิดอัตนัย จำนวน 7 ข้อ และแบบสังเกตทักษะที่ 12 ใช้เวลาในการทดสอบ 60 นาที ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Ennis ประกอบด้วย

1. การกำหนดหรือระบุประเด็นคำถามหรือปัญหา
2. การคิดวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
3. การถามคำถามที่ท้าทาย และตอบคำถามได้อย่างชัดเจน
4. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล
5. การสังเกตและตัดสินผลข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเอง
6. การการนิรนัยและตัดสินนิรนัย
7. การอุปนัยและตัดสินอุปนัย
8. การตัดสินคุณค่า
9. การให้ความหมายคำต่าง ๆ และตัดสินความหมาย
10. การระบุข้อสันนิษฐาน
11. การตัดสินใจเพื่อนำไปปฏิบัติได้
12. การปฏิสัมพันธ์และการมีทักษะการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยได้หาคุณภาพของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเกสินี ศรีวรรณ (2551, น. 368-374) วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Emnis โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 เพื่อปรับปรุง เนื้อหา ภาษา ข้อคำถาม และเวลาที่ใช้ในการทดสอบ
2. วิเคราะห์หาความยากจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970) (ไพศาล วรรคำ, 2559, น. 299) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ความยากของแบบวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.38-0.65 (ตารางที่ ค.5)
3. วิเคราะห์หาอำนาจจำแนกจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970) (ไพศาล วรรคำ, 2559, น. 308) ผลการวิเคราะห์ พบว่า อำนาจจำแนกของแบบวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.43-0.78 (ตารางที่ ค.5)
4. วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient Method) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับยอมรับได้ (ไพศาล วรรคำ, 2559, น. 297) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.89 (ตารางที่ ค.6)
5. จัดพิมพ์แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เป็นแบบวัดฉบับจริงจำนวน 7 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป
6. นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปทดสอบหลังเรียนเมื่อสิ้นสุดกระบวนการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 34 คน

3.3.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถและประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้วิจัยได้สร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และหลักสูตร โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ทุกแผนการเรียนรู้อ ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และศึกษาการวัดการประเมินผล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ตามขอบข่ายจุดประสงค์การเรียนรู้ในทุกแผนการเรียนรู้อ เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัยฉบับที่ 1 จำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริง 30 ข้อ ใช้เวลาทำ 60 นาที ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4

การวิเคราะห์ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
	สร้างขึ้น	นำไปใช้
1. อธิบายการเกิดพันธะไอออนิกได้	3	1
2. เขียนโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้	3	1
3. เขียนสูตรสารประกอบไอออนิกได้	3	1
4. เรียกชื่อสารประกอบไอออนิกได้	3	1
5. อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิกได้	3	2
6. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้	3	1
7. เขียนสมการของปฏิกิริยาไอออนิกได้	3	2
8. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ได้	3	2
9. บอกชนิดของพันธะโคเวเลนต์ได้	3	1
10. บอกโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตตได้	2	1
11. เขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์ได้	3	1
12. เรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ได้	3	2
13. อธิบายความยาวของพันธะและพลังงานพันธะได้	3	2
14. คำนวณหาค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาได้	2	1
15. อธิบายโครงสร้างเรโซแนนซ์ของสารโคเวเลนต์ได้	3	1
16. ทำนายรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	3	2
17. อธิบายสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	3	2
18. ระบุชนิดแรงยึดเหนี่ยวโมเลกุลโคเวเลนต์ได้	3	2
19. บอกสมบัติของสารโคเวเลนต์โครงสร้างตาข่ายได้	3	2
20. อธิบายการเกิดพันธะโลหะได้	2	1
21. อธิบายสมบัติของพันธะโลหะได้	3	1
รวม	60	30

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1 จำนวน 60 ข้อ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบเนื้อหา ภาษา และข้อคำถาม

4. นำมาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 1 จำนวน 60 ข้อ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วสร้างเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2 จำนวน 60 ข้อ

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2 จำนวน 60 ข้อ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา และประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยแบบทดสอบต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50-1.00 ขึ้นไป โดยพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนน (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 269) ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง ผลการวิเคราะห์พบว่า ผ่านเกณฑ์ IOC ทุกข้อซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 แต่ผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะเกณฑ์ที่ 0.80-1.00 มาทั้งหมด 30 ข้อ (ตารางที่ ค.7)

6. ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2 จำนวน 60 ข้อ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน จากนั้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ให้พิจารณา ปรับปรุงแก้ไข ตามที่ได้เสนอแนะ แล้วสร้างเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 3 จำนวน 60 ข้อ

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 3 จำนวน 60 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 ที่ผ่านกระบวนการเรียนการสอน เรื่อง พันธะเคมี มาแล้วเพื่อปรับปรุงเนื้อหา ภาษา ข้อคำถาม และเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

8. วิเคราะห์หาความยาก (Item Difficulty) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 303) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ความยากของแบบทดสอบ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.27-0.82 แต่ผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะเกณฑ์ที่ 0.37-0.69 จำนวน 30 ข้อ (ตารางที่ ค.8)

9. วิเคราะห์หาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ด้วยวิธีของเบรนนาน (Brennan) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 306) ผลการวิเคราะห์พบว่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-0.82 แต่ผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะเกณฑ์ที่ 0.32-0.75 จำนวน 30 ข้อ (ตารางที่ ค.8)

10. คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากฉบับที่ 3 จำนวน 60 ข้อ ที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20-1.00 (ไพศาลวรคำ, 2559, น. 303) สร้างเป็นฉบับที่ 4 จำนวน 30 ข้อ

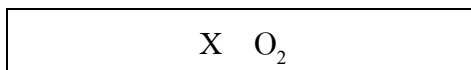
11. วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ฉบับที่ 4 จำนวน 30 ข้อ โดยใช้สูตรของ Lovett (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 292) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับยอมรับได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.93 (ตารางที่ ค.9)

12. จัดพิมพ์แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ฉบับที่ 4 จำนวน 30 ข้อ (ฉบับจริง) เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี

13. นำแบบทดสอบฉบับที่ 4 จำนวน 30 ข้อ (ฉบับจริง) ไปทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 34 คน

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มทดลองกลุ่มวิจัยเดียว วัดผลหลังการทดลอง (One group posttest only design) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 141) มีลักษณะของแบบแผนงานวิจัยดังนี้



เมื่อ X หมายถึง การได้รับการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้

O₂ หมายถึง การวัดหรือการสังเกตหลังการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมตามแบบแผนงานวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ต่อการส่งเสริมการแสดงออกของตัวแทนความคิด การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. ในแต่ในแผนการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะสังเกตทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Emnis ทักษะที่ 12 การปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

3. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมในแต่ละแผนการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย หลังจากเรียนเสร็จ 1 สัปดาห์

4. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ทุกแผนการเรียนรู้ผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนทำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบวัดชนิดอัตนัย จำนวน 7 ข้อ

5. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ทุกแผนการเรียน ผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ
6. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการตรวจแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วบันทึกผลเป็นคะแนนหลังเรียน
7. เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำไปวิเคราะห์ผลตามวิธีการทางสถิติต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์การแสดงผลออกของตัวแทนความคิด โดยใช้เกณฑ์ประเมินแบบ Rubrics ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5

เกณฑ์การประเมินระดับของตัวแทนความคิด

เกณฑ์การประเมินระดับของตัวแทนความคิด				
5	4	3	2	1
นักเรียนสามารถสะท้อนถึงการใช้ตัวแทนความคิดโดยใช้ตัวแทนความคิดได้มากกว่า 1 ตัวแทนความคิด อธิบายกระบวนการที่ซ่อนอยู่ภายในได้ มีการใช้สำนวนภาษาได้ถูกต้อง	นักเรียนให้ความหมายของรูปแบบตัวแทนความคิดได้ สร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดได้ ตัวแทนความคิดถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์มีการปรับเปลี่ยนตัวแทนความคิด	นักเรียนสร้างประโยชน์โดยใช้รูปแบบของตัวแทนความคิดได้ แต่ไม่ตรงตามแนวคิดของวิทยาศาสตร์ ตัวแทนความคิดของนักเรียนอยู่ในลักษณะพื้นฐาน	นักเรียนนำเสนอทักษะสัญลักษณ์เบื้องต้นได้โดยอยู่บนพื้นฐานของลักษณะทางกายภาพร่วมกับองค์ประกอบสัญลักษณ์บางประการเท่านั้น	นักเรียนนำเสนอตัวแทนความคิดในลักษณะกายภาพ ตัวแทนความคิดนั้นเป็นตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น

เมื่อวิเคราะห์ระดับของการแสดงออกของตัวแทนความคิดเสร็จแล้ว นำจำนวนนักเรียนที่ตอบได้ไปจัดกลุ่มเพื่อหาค่าร้อยละในแต่ละระดับ ผู้วิจัยคาดหวังว่านักเรียนจะสามารถแสดงออกของตัวแทนความคิดได้ในระดับที่ 5 ซึ่งเป็นระดับการแสดงออกของตัวแทนความคิดสูงสุด

2. วิเคราะห์แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน โดยพิจารณาคำตอบของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics (ภาคผนวก ข) แล้วหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละในแต่ละด้าน

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์กับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบด้วยสถิติ One Sample t-test

4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สหสัมพันธ์อย่างง่าย และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 สถิติพื้นฐาน

3.6.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{X}) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 323) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3-1)$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

X_i แทน คะแนนของคนที่ i

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

3.6.1.2 ร้อยละ (Percentages : %) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 321) ดังนี้

$$\text{ร้อยละ (\%)} = \frac{f}{N} \times 100 \quad (3-2)$$

เมื่อ f แทน ความถี่ของรายการที่สนใจ

N แทน จำนวนทั้งหมด

3.6.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 325) ดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3-3)$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
 \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 X_i แทน ค่าคะแนนของคนที่ i
 n แทน จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

3.6.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.6.2.1 ค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Item-Objective Congruence Index : IOC) และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของเอนนิส (Index of Congruence : IOC) แบบทดสอบและแบบวัดทั้งหมดใช้สูตรในการคำนวณ IOC โดยแปลงระดับความสอดคล้องเป็นคะแนน ดังนี้

สอดคล้อง	มีคะแนนเป็น	+1
ไม่แน่ใจ	มีคะแนนเป็น	0
ไม่สอดคล้อง	มีคะแนนเป็น	-1

และหาดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 269) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (3-4)$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง
 R แทน เป็นคะแนนของระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้อง

3.6.2.2 ค่าความยากของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังนี้

1) การหาค่าระดับความยากของแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้วิธีของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney and Saber) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 299) ดังนี้

$$p = \frac{S_H + S_L - (2nX_{\min})}{2n(X_{\max} - X_{\min})} \quad (3-5)$$

เมื่อ	p	แทน	ดัชนีความยาก
	S_H	แทน	เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง
	S_L	แทน	เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ
	n	แทน	เป็นจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
	X_{\max}	แทน	เป็นคะแนนสูงสุดในข้อนั้น
	X_{\min}	แทน	เป็นคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2) การหาค่าระดับความยากของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นรายข้อ โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2558, น. 298) ดังนี้

$$P = \frac{R}{N} \quad (3-6)$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากของข้อสอบ
	R	แทน	จำนวนคนตอบถูก
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมด

3.6.2.3 ค่าอำนาจจำแนกของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังนี้

1) ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิดและแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้วิธีของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney and Saber) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 308) ดังนี้

$$D = \frac{S_H - S_L}{n(X_{\max} - X_{\min})} \quad (3-7)$$

เมื่อ	D	แทน	อำนาจจำแนกของข้อสอบ
	S_H	แทน	เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง
	S_L	แทน	เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ
	n	แทน	เป็นจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
	X_{\max}	แทน	เป็นคะแนนสูงสุดในข้อนั้น
	X_{\min}	แทน	เป็นคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination : B) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของเบรนนาน (Brennan) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 306) ดังนี้

$$B = \frac{f_p}{n_p} - \frac{f_F}{n_F} \quad (3-8)$$

เมื่อ	B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของเบรนนาน
	f_p	แทน	จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มผ่านเกณฑ์
	f_F	แทน	จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์
	n_p	แทน	จำนวนคนในกลุ่มผ่านเกณฑ์
	n_F	แทน	จำนวนคนในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์

3.6.2.4 ความเชื่อมั่นของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังนี้

1) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดตัวแทนความคิด และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient Method) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 288) ดังนี้

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right) \quad (3-9)$$

เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์แอลฟา
	k	แทน	จำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม t

2) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของโลเวท (Lovett) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 292) ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x - \sum x^2}{(k-1) \sum (x-c)^2} \quad (3-10)$$

เมื่อ	r_{cc}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	k	แทน	จำนวนของแบบทดสอบทั้งหมด
	c	แทน	คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ
	x_i	แทน	คะแนนของแต่ละข้อ

3.6.3 สถิติที่ใช้ตรวจสอบสมมติฐาน

3.6.3.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังกับก่อนเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สูตร One-Sample t-test (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 349) ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad df = n - 1 \quad (3-11)$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที่
	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	μ_0	แทน	ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบ
	S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (จำนวนนักเรียน)

3.6.3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation) เพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1) สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) เป็นการคำนวณเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 82) ดังนี้

$$r = \frac{\sum Z_x Z_y}{N} \quad (3-12)$$

เมื่อ r แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x และตัวแปร y

Z_x แทน คะแนนมาตรฐานของค่าตัวแปร x

Z_y แทน คะแนนมาตรฐานของค่าตัวแปร y

N แทน จำนวนทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

2) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation) ระหว่างตัวแปรตาม y และตัวแปรอิสระ x ค่าสหสัมพันธ์ R หาได้จากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 126) ดังนี้

$$R^2 = \frac{SS_{reg}}{SS_T} \quad (3-13)$$

เมื่อ R แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

SS_{reg} แทน ผลรวมกำลังสอง (Sum of squares) ของ x ที่เกิดจากการถดถอย

SS_T แทน ผลรวมของกำลังสองของทั้งหมดของ y (Total sum of squares)