

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายกับการจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. รูปแบบการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนขามแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น โดยมีนักเรียนทั้งหมด จำนวน 332 คน จำนวน 9 ห้องเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนขามแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น จำนวนนักเรียน 60 คน จำนวน 2 ห้องเรียน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ผู้วิจัยสร้างแผนการเรียนรู้ทั้งหมด จำนวน 5 แผน โดยมีระยะเวลาในการเรียนรู้ 18 ชั่วโมง มีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือครูวิทยาศาสตร์พื้นฐานเล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อกำหนดรายละเอียดของแต่ละหัวข้อของแผนการจัดการเรียนรู้และจัดทำกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.1.2 วิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง สารละลาย เพื่อออกแบบกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ โดยแยกเป็นประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนี้

- N1 โลกคือสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้
- N2 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
- N3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน
- N4 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน
- N5 วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์และจินตนาการ
- N6 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการทำนาย
- N7 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง
- N8 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน
- N9 วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

บ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในบางขั้นตอนตามบริบทหรือความเหมาะสมกับเนื้อหาของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

2.1.3 ดำเนินการออกแบบและสร้างกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนเข้าใจบูรณาการ หรือให้สอดคล้องกับเนื้อหาของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการใช้คำถาม กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เป็นกิจกรรมที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การสังเกต การวัด การประมวลค่า การทำนาย การเปรียบเทียบ และการจำแนก ในการสำรวจตรวจสอบเพื่อค้นคว้าหาความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหาต่างๆ และกิจกรรมการปฏิบัติ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติในระหว่างการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ การคิด การค้นคว้า การเล่นเกมส์ การทดลอง และการสรุปผลจากการเรียนรู้การใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าอย่างเป็นกระบวนการจนค้นพบความรู้ เพื่อให้นักเรียนพิจารณา และกระตุ้น ใ้ความสนใจ ให้นักเรียนได้สะท้อนแนวความคิดของตนออกมา ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย มีการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผน รวม 18 ชั่วโมง ดังนี้

- 1) องค์ประกอบของสารละลาย เวลา 3 ชั่วโมง
- 2) การละลายของสารในตัวทำละลาย เวลา 4 ชั่วโมง
- 3) ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย เวลา 2 ชั่วโมง
- 4) ความเข้มข้นของสารละลายและพลังงานกับสารละลาย เวลา 4 ชั่วโมง
- 5) ทดสอบสารละลายกรดและสารละลายเบสในชีวิตประจำวัน เวลา 5

ชั่วโมง

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ 2) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด 3) จุดประสงค์การเรียนรู้ปกติและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 4) สารการเรียนรู้ 5) กระบวนการจัดการเรียนรู้ 6) สื่อและแหล่งเรียนรู้ 7) การวัดและประเมินผล และ 8) บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E โดยบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แทรกในบางขั้นตอน ทั้งนี้ขึ้นกับบริบทของเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ซึ่งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ มีการบ่งชี้แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้อย่างชัดเจน รวมทั้งมีการวัดและประเมินแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างจากการจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่มีการชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูใช้คำถาม สถานการณ์หรือสื่อต่างๆ กระตุ้นเร้าความสนใจ สงสัยประเด็นปัญหาที่จะศึกษา ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน หากพบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจ ผู้สอนจะแก้ไขโดยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจ ก่อนจะเริ่มกิจกรรมในขั้นต่อไป

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) นักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจ อยากรู้หรือครูกำหนดให้ แล้วออกแบบการทดลอง การสำรวจตรวจสอบและลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ เพื่อรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป ซึ่งผู้สอนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย การตีความจากหลักฐานที่มาจากการสำรวจตรวจสอบ และชี้ให้นักเรียนเข้าใจว่าการอธิบายหรือการตีความจากการใช้การคาดเดา ความเชื่อ เพศ ศาสนา เป็นต้น สามารถเกิดขึ้นได้และคำอธิบายเหล่านี้ไม่ใช่คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้สอนมีบทบาทในการให้คำปรึกษา ชี้แนะ และอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน

3) ขั้นอธิบาย (explanation) นักเรียนนำข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล และสรุป แล้วนำเสนอพร้อมคำอธิบายในรูปแบบต่างๆ เช่น กราฟ แผนผัง ตาราง เป็นต้น ขั้นนี้เน้นการอธิบายหรือผลงานที่นำเสนอต้องมีการอ้างอิงเอกสารและหลักฐานสามารถตรวจสอบได้และให้นักเรียนตรวจสอบว่าคำอธิบายของตนสอดคล้องหรือขัดแย้งกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่กลุ่มอื่นตรวจสอบมาหรือไม่ หากนักเรียนมีข้อสงสัยหรือมีคำถามที่ไม่สามารถอธิบายได้ ครูจะอธิบายเพิ่มเติมให้กับนักเรียนในประเด็นเหล่านั้น

4) ขั้นขยายความรู้ (elaboration) นักเรียนเพิ่มเติมความรู้ใหม่ให้ชัดเจน โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่างๆ ทำให้เกิดความรู้มากขึ้น ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียน โดยกระตุ้นหรือใช้สถานการณ์เรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาได้สะท้อนความเข้าใจของนักเรียนผ่านการตอบคำถาม การอภิปรายแสดงความคิดเห็น การนำเสนอ และให้นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

5) ขั้นสรุปและประเมินผลสิ่งที่เรียนรู้ (evaluation) ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปและประเมินสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ โดยใช้เครื่องมือประเมินที่หลากหลาย เช่น จากการตอบคำถาม การทำแบบวัด ใบงาน การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ เป็นต้น



ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้และการวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง สารละลาย กับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้	ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์									กิจกรรมการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์		
										การอภิปราย		
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	ใช้คำถาม	จากกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้	จากการปฏิบัติกิจกรรม
องค์ประกอบของสารละลาย	√									√(4)		
				√								√(3)
							√				√(3)	
การละลายของสารในตัวทำละลาย				√								√(3)
						√					√(4)	
							√				√(3)	
ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย							√			√(2)		
								√				√(3)
ความเข้มข้นของสารละลายและพลังงานกับสารละลาย				√								√(2)
					√					√(4)		
							√				√(2)	

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์										กิจกรรมการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์		
											การอภิปราย		
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	ใช้คำถาม	จากกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้	จากการปฏิบัติกิจกรรม	
ทดสอบสารละลายกรดและ สารละลายเบสในชีวิตประจำวัน	√									√(4)			
		√									√(3)		
			√							√(4)			
				√								√(2)	
								√		√(3)			
									√		√(4)		
สรุป	2	1	1	4	1	1	4	2	1	6	6	5	

หมายเหตุ :

- 1 = ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)
- 2 = ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)
- 3 = ขั้นอธิบาย (explanation)
- 4 = ขั้นขยายความรู้ (elaboration)
- 5 = ขั้นสรุปและประเมินผลสิ่งที่เรียนรู้ (evaluation)

ตารางที่ 3.2 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และ
การบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ขั้นตอน การเรียนรู้	ลักษณะกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	1. ใช้คำถาม 2. สถานการณ์ 3. สื่อ เช่น รูปภาพ สื่อของจริง วีดิทัศน์ โดยเชื่อมโยงกับความรู้ เดิม และจัด สถานการณ์ที่แปลก ใหม่ รวมทั้งยั่ว น่าสนใจและนำไปสู่ กระบวนการตรวจสอบ ความรู้	1. สร้างความสนใจ 2. กระตุ้นให้ร่วมกันคิด 3. ตั้งคำถามกระตุ้นให้ คิด 4. จัดสถานการณ์ให้ ผู้เรียนสนใจ 5. ตั้งคำถามที่ยังไม่ ชัดเจนให้นักเรียนคิด และอภิปรายร่วมกัน	1. ถามคำถามตาม ประเด็น 2. ตอบคำถาม 4. แสดงความสนใจ 5. อธิบายคำตอบ 6. แสดงความคิดเห็น และนำเสนอความคิด 7. นำเสนอประเด็น สถานการณ์ที่สนใจ 8. อภิปรายประเด็น ที่ต้องการทราบ
2. ขั้นสำรวจ และ ค้นหา (Exploration)	1. กิจกรรมหรือ สถานการณ์ 2. ใช้คำถาม ให้นักเรียน สำรวจ ตรวจสอบ ปัญหาหรือ ประเด็น ที่นักเรียน สนใจใคร่รู้ 3. ลงมือปฏิบัติในการ สำรวจตรวจสอบหรือ ทดลอง	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียน ทำงานร่วมกันในการ สำรวจค้นหา ซักถามผู้เรียน 2. ให้ข้อเสนอแนะ และ ให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน 3. ช่วยส่งเสริมให้ นักเรียนสร้างคำอธิบาย การตีความจากหลักฐาน ที่มาจากการสำรวจ ตรวจสอบ 4. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ สำรวจตรวจสอบโดยใช้ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	1. คิดอย่างอิสระ แต่ อยู่ในขอบเขตของ กิจกรรม 2. ทดสอบการ คาดคะเนสมมติฐาน คาดคะเนและ ตั้งสมมติฐานใหม่ 3. บันทึกการสังเกต และให้ข้อคิดเห็นลง ข้อสรุปบนพื้นฐาน ของข้อมูลที่มีความ น่าเชื่อถือได้ 4. ใช้ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ใน การสำรวจตรวจสอบ

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอน การเรียนรู้	ลักษณะกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. อธิบาย (explanation)	1. นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ แปรผล อภิปรายและสรุปผล 2. การนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ เช่น แผนผัง กราฟ บรรยาย 3. มีการอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานของนักเรียน 4. มีการพิสูจน์ตรวจสอบให้แน่ใจ	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตัวเอง 2. ให้ผู้เรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลอย่างเหมาะสม 3. ให้ผู้เรียนอธิบายให้คำจำกัดความและบ่งชี้ประเด็นที่สำคัญจากการสำรวจตรวจสอบได้ 4. อธิบายเพิ่มเติมในประเด็นเหล่านั้นที่นักเรียนสงสัยหรือมีคำถามที่ไม่สามารถอธิบายได้	1. อธิบายผลงานที่นำเสนอต้องมีการอ้างอิงเอกสารและหลักฐานสามารถตรวจสอบได้ 2. รับฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ 3. คิดวิเคราะห์วิจารณ์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ 4. ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมา
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	1. ใช้คำถาม 2. สถานการณ์หรือกิจกรรม ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในองค์ความรู้ใหม่ ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ นำ ความรู้ที่เรียนมาไป ขยายความรู้ใน สถานการณ์ใหม่ 2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อธิบายความรู้ ความเข้าใจอย่างหลากหลาย พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน 3. หักยอกประเด็น ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์มาให้ นักเรียนได้สะท้อนความ เข้าใจผ่านการตอบ คำถาม การอภิปราย	1. นำข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบไป ปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับ สถานการณ์เดิม 2. นำข้อมูลจากการสังเกต ตรวจสอบ สร้างความรู้ใหม่ หรือ ไปใช้ในชีวิตประจำวัน 3. นักเรียน ยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ ประเด็นธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอน การเรียนรู้	ลักษณะกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5. ขั้นสรุปและ ประเมินผลสิ่งที่ เรียนรู้ (evaluation)	มีการตรวจสอบความ ถูกต้องขององค์ความรู้ และกระบวนการที่ได้ โดยการวิเคราะห์และ แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่ง กันและกัน ทบทวน ใหม่ โดยใช้เครื่องมือ ประเมิน เช่น แบบวัด ใบกิจกรรม และการ เขียนสะท้อนการ เรียนรู้	1. ถามคำถามเพื่อ นำไปสู่ การประเมิน 2. สังเกตผู้เรียนในการ นำความคิดรวบยอด และทักษะใหม่ไปปรับ ใช้ประเมินความรู้และ ทักษะผู้เรียน 3. ถามคำถาม ปลายเปิดในประเด็น ต่างๆ หรือสถานการณ์ ที่กำหนดได้	1. ตอบคำถามโดย อาศัยประจักษ์ พยานหลักฐาน และ คำอธิบายที่ยอมรับได้ 2. แสดงความรู้ความ เข้าใจจากกิจกรรม สำรวจ ตรวจสอบ 3. ประเมิน ความก้าวหน้าและ ความรู้ของตนเอง

2.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา และด้านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.1.5 ได้รับข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) ควรปรับกิจกรรมให้น่าสนใจและจัดสถานการณ์ที่หลากหลาย แปลกใหม่ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง 2) ควรมีเครื่องมือที่หลากหลายในการประเมินความเข้าใจของนักเรียน เช่น การตอบคำถาม อภิปราย แบบวัดแผนผัง และการนำเสนอ เป็นต้น 3) การตั้งคำถามควรตั้งคำถามที่ชัดเจน

2.1.6 นำข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง ก่อนนำการจัดการเรียนรู้แบบที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้กับการวัดประเมินผล

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ปกติ	การวัดประเมินผล	วัตถุประสงค์ NOS	การวัดประเมินผล
องค์ประกอบ ของสารละลาย แผน NOS (3 ชั่วโมง) แผนปกติ (3 ชั่วโมง)	1. อธิบายเกี่ยวกับสารละลาย กระบวนการละลาย ตัวทำละลาย และตัวละลาย 2. อธิบายวิธีตรวจสอบ องค์ประกอบของสารละลาย 3. ระบุองค์ประกอบของ สารละลาย	1. สังเกตจากการ ปฏิบัติกิจกรรม 2. แบบฝึกหัด เรื่อง องค์ประกอบของ สารละลาย	1. ยกตัวอย่างการศึกษาความเข้าใจ ปรากฏการณ์ธรรมชาติมีรูปแบบที่ แน่นอนในบทเรียนได้ 2. อธิบายหลักฐาน เพื่อยืนยันการ ทดลององค์ประกอบของสารละลายได้ 3. ระบุสาเหตุและวิธีการของ นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการหลีกเลี่ยงอคติ	1. การเขียนอนุทินสะท้อน ความคิด 2. การตอบแบบฝึกหัดเรื่อง องค์ประกอบของ สารละลาย 3. สังเกตจากการตอบ คำถาม
การละลายของสาร ในตัวทำละลาย แผน NOS (4 ชั่วโมง) แผนปกติ (4 ชั่วโมง)	1. ทดลองและอธิบายการละลาย ของสารในตัวทำละลาย 2. อธิบายความรู้เกี่ยวกับการ ละลายของสารในตัวทำละลายและ นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน 3. ระบุสารละลายที่เตรียมสารใด เป็นตัวละลายและสารใดเป็นตัวทำ ละลาย	1. สังเกตจากการ ปฏิบัติกิจกรรม 2. แบบฝึกหัด เรื่อง การละลายของสาร ในตัวทำละลาย	1. อธิบายการทดสอบสารละลายด้วย หลักฐานเชิงประจักษ์ได้ 2. อธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือ เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ 3. สามารถให้เหตุผลและหลีกเลี่ยงความ ลำเอียงจากการตีความได้	1. การเขียนอนุทินสะท้อน ความคิด 2. การตอบแบบฝึกหัดเรื่อง การละลายของสารในตัว ทำละลาย 3. สังเกตจากการตอบ คำถาม

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ปกติ	การวัดประเมินผล	วัตถุประสงค์ NOS	การวัดประเมินผล
ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย แผน NOS (2 ชั่วโมง) แผนปกติ (2 ชั่วโมง)	1. ทดลองและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสาร 2. สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสารแต่ละชนิดได้	1. สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรม 2. แบบฝึกหัด ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย	1. ระบุและหลักเลียงความลำเอียงจากการทดลองได้ 2. อธิบายวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน	1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิด 2. การตอบแบบฝึกหัดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย
ความเข้มข้นของสารละลายและพลังงานกับสารละลาย แผน NOS (4 ชั่วโมง) แผนปกติ (6 ชั่วโมง)	1. ทดลองและอธิบายวิธีเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นร้อยละ 2. อธิบายความหมายของระบบสิ่งแวดล้อม การละลายประเภทของดูดพลังงาน และคายพลังงาน	1. สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรม 2. แบบฝึกหัด เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายและพลังงานกับสารละลาย	1. ระบุและหลักเลียงความลำเอียงในการทดลองได้ 2. อธิบายวิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์และจินตนาการได้	1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิด 2. การตอบแบบฝึกหัดเรื่องความเข้มข้นของสารละลาย 3. สังเกตจากการตอบคำถาม

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ปกติ	การวัดประเมินผล	วัตถุประสงค์ NOS	การวัดประเมินผล
สารละลายกรดและ สารละลายเบสใน ชีวิตประจำวัน แผน NOS (5 ชั่วโมง) แผนปกติ (6 ชั่วโมง)	1. อธิบายและทดสอบสารละลาย กรดและสารละลายเบสใน ชีวิตประจำวันด้วยกระดาษลิตมัส 2. จัดกลุ่มสารละลายที่ตรวจสอบ เป็นสารละลายกรดหรือสารละลาย เบส โดยใช้สมบัติการเปลี่ยนสีของ กระดาษลิตมัส 3. อธิบายสมบัติทางเคมีของ สารละลายกรดและสารละลายเบส โดยทำปฏิกิริยากับสารบางชนิดได้ 4. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่า PH กับคุณสมบัติความเป็นกรด และเบสโดยใช้อินดิเคเตอร์ 5. อธิบายประโยชน์จาก สารละลายกรดและเบส	1. สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรม 2. แบบฝึกหัด เรื่อง สารละลายกรดและ สารละลายเบสใน ชีวิตประจำวัน	1. ให้เหตุผลการศึกษาความเข้าใจ ปรากฏการณ์ธรรมชาติมีรูปแบบที่ แน่นอน พร้อมทั้งยกตัวอย่างที่ เกี่ยวข้องกับบทเรียนได้ 2. อธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมี หลักฐานเพิ่มเติมได้ดีกว่า 3. อธิบายได้ว่าความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มีความคงทน 4. สามารถอธิบายว่าวิทยาศาสตร์ ต้องมีหลักฐาน เพื่อยืนยันผลการ ทดลองนั้นๆ 5. อธิบายสาเหตุวิทยาศาสตร์เป็น กิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน	1. การเขียนอนุทินสะท้อน ความคิด 2. การตอบแบบฝึกหัดเรื่อง สารละลายกรดและ สารละลายเบสใน ชีวิตประจำวัน 3. สังเกตจากการตอบ คำถาม

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับแผนการจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย เรื่อง องค์ประกอบของสารละลาย

ขั้นตอน	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	การจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย
1. ขั้นสร้าง ความสนใจ	1.1 ครูนำของเหลว 4 ชนิด โดยให้นักเรียนสังเกตสารทั้ง 4 ชนิด - ให้นักเรียนทายว่าสารทั้ง 4 ชนิดคืออะไรบ้าง - ลักษณะสารทั้ง 4 ชนิดที่สังเกตได้ - สารแต่ละชนิดประกอบด้วยองค์ประกอบใดบ้าง ในกรณีที่นักเรียนทายว่า น้ำสีแดง คือ น้ำหวานสีแดง มีองค์ประกอบ ได้แก่ น้ำ + น้ำตาล + สีส้มอาหาร ลักษณะ น้ำหวานสีแดงจะมีรสหวาน ของเหลวใส กลิ่นหอม แสดงว่านักเรียนใส่ความคิดเห็นหรือความรู้เดิมของตนเองจะไม่ใช้การตีความจากการสังเกตทำให้เกิดความลำเอียงที่มาจากตัวผู้สังเกต อาจมีผลต่อหลักฐานที่ได้ (บ่งชี้โดยกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประเด็น N7 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง) - ทราบไหมว่าสารทั้ง 4 ชนิดเป็นสารใดบ้างจะตรวจสอบอย่างไร	1.1 ครูให้นักเรียนแยกกลุ่มสาร 3 ชนิด ได้แก่ น้ำหวานสีแดง, น้ำเกลือ และน้ำอัดลมที่ไม่เจือสี ให้สังเกตสารทั้ง 3 ชนิด มีสิ่งที่เหมือนหรือสิ่งที่แตกต่างกันอย่างไร (ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์; N7 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง) 1.2 ถ้าต้องการตรวจสอบสารละลายของเหลวทั้ง 3 ชนิด จะมีวิธีใดบ้างที่สามารถใช้ตรวจสอบ 1.3 นักเรียนคิดว่าสารละลายอยู่ในสถานะของแข็ง และแก๊สได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ขั้นตอน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติ
ของวิทยาศาสตร์

2. ขั้นสำรวจ
และค้นหา

2.1 ครูนำของเหลวทั้ง 4 ชนิด ให้นักเรียนทดสอบ ขั้นตอนดังนี้
1. สังเกตลักษณะ น้ำเชื่อม น้ำเกลือ น้ำ และน้ำแดง แล้วบันทึกผล
2. นำของเหลว 4 ชนิด ชนิดละ 1 cm³ ใส่ลงในหลุมโลหะ ชนิดละหลุม
3. นำจากหลุมไปตั้งบนตะเกียงแอลกอฮอล์
4. ให้ความร้อนจนของเหลวระเหยแห้งไปหมด สังเกตและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลง

สาร	ลักษณะของเหลวที่สังเกตได้ก่อนให้ความร้อนจนแห้ง	ลักษณะที่สังเกตได้เมื่อให้ความร้อนจนแห้ง
น้ำเกลือ		
น้ำเชื่อม		
น้ำ		
น้ำแดง		

การจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย

2.1 นักเรียนทำกิจกรรม 3.1 เรื่อง องค์ประกอบของสารละลาย มีขั้นตอนการทดลองดังนี้
1. สังเกตลักษณะและระบุงค์ประกอบของ น้ำเชื่อม น้ำเกลือ และน้ำอัดลมที่ไม่เจือสี แล้วบันทึกผลการสังเกต
2. นำของเหลวทั้ง 3 ชนิด ชนิดละ 1 cm³ ใส่ลงในหลุม ชนิดละหลุม
3. นำจากหลุมไปตั้งบนตะเกียงแอลกอฮอล์
4. ให้ความร้อนจนของเหลวระเหยแห้งไปหมด สังเกตและบันทึกผล

สาร	องค์ประกอบ	ลักษณะของเหลวก่อนให้ความร้อนจนแห้ง	ลักษณะของเหลวเมื่อให้ความร้อนจนแห้ง
น้ำเกลือ			
น้ำเชื่อม			
น้ำอัดลม			

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

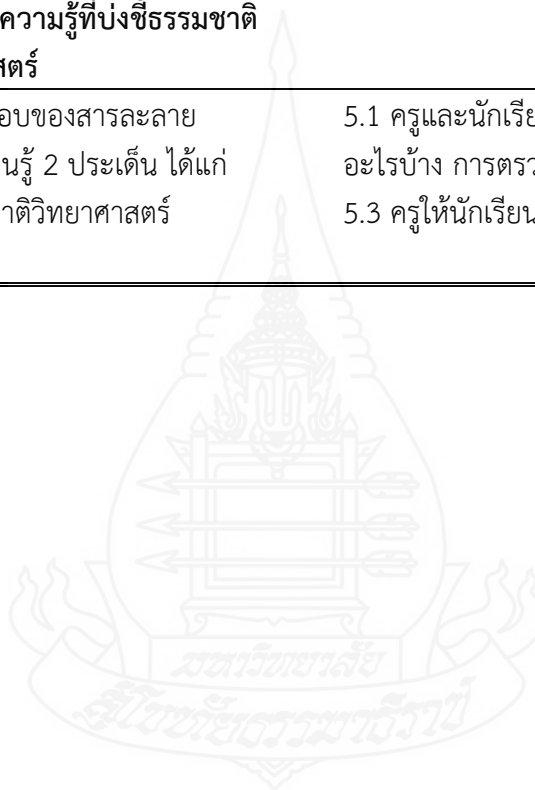
ขั้นตอน	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	การจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย
3. ขั้นอธิบาย	3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดสอบการละลาย ทั้ง 4 ชนิดหน้าชั้นเรียนและอภิปรายผลร่วมกัน - น้ำเป็นสารบริสุทธิ์หรือไม่เป็นสารบริสุทธิ์ - แล้วย้ำแดงเป็นสารบริสุทธิ์หรือไม่เป็นสารบริสุทธิ์ (บ่งชี้โดย กิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ ประเด็น N7 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและ หลีกเลี่ยงความลำเอียง) : นักเรียนคิดว่าถ้าทำการทดลองของเหลว ที่เป็นประเภทเครื่องดื่ม เลือกมาเพียง 1 ชนิดเท่านั้น จะสามารถ สรุปการตรวจสอบองค์ประกอบของสารละลายอยู่ในสถานะ ของเหลวได้ทั้งหมดหรือไม่ เพราะเหตุใด (บ่งชี้โดยการปฏิบัติ กิจกรรม ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประเด็น N4 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน) : ในการทดสอบของเหลวทั้ง 4 ชนิดเมื่อให้ความร้อนพบว่ามีสารตกค้างกันหลุมโลหะ เป็นหลักฐาน เชิงประจักษ์ สามารถตีความสรุปบนหลักฐานได้	3.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน นักเรียน กลุ่มใดมีผลการทดลองแตกต่างจากนักเรียนกลุ่มแรกให้ออกมา นำเสนอและหลังจากนั้นอภิปรายผลร่วมกัน 3.2 ครูให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายผลร่วมกัน โดยครูใช้คำถามดังนี้ - น้ำเชื่อม น้ำเกลือ และน้ำอัดลม การสังเกตก่อนให้ความร้อนมี ลักษณะอย่างไร - สิ่งที่เหลืออยู่บนจานหลุมโลหะแต่ละหลุมเหมือนกันหรือต่างกัน อย่างไร - มีสารเหลืออยู่ทุกหลุมหรือไม่ เพราะเหตุใด (ด้านการสืบเสาะหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์; N4 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน) - สมบัติของตัวทำละลายและตัวละลายมีผลต่อการละลายของสาร หรือไม่อย่างไร - น้ำเชื่อม น้ำเกลือและน้ำอัดลม มีองค์ประกอบกี่ชนิดอะไรบ้าง - เราจะมีวิธีการตรวจสอบองค์ประกอบของสารละลายเหล่านี้ได้ อย่างไร

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ขั้นตอน	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	การจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย
4. ขยาย ความรู้	ครูเพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับสารละลายเป็นสารผสมประเภทสารเนื้อเดียว มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ตัวทำละลายที่มีปริมาณมากที่สุด ในของผสมและตัวละลายอื่นๆ เป็นตัวละลาย การระเหยแห้งนำมาเป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การทำน้ำตาลมะพร้าว - ให้เติมคำในช่องว่างดังนี้ สารละลายของแข็ง ตัวทำละลายจะต้องเป็น.....สารละลายของเหลว ตัวทำละลายจะต้องเป็น.....และสารละลายแก๊ส ตัวทำละลายจะต้อง..... ส่วนตัวถูกละลายในสารละลายทั้ง 3 ชนิด เป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊ส (บ่งชี้โดยใช้คำถาม ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ประเด็น N1 โลกคือสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้ :ปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นเกิดขึ้นอย่างมีแบบแผนแน่นอน สามารถอธิบายลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยกระบวนการคิดและมีวิธีการศึกษาที่เป็นระบบอย่างละเอียด รวมทั้งมีเครื่องมือต่างๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น การพิจารณาตัวทำละลายและตัวละลาย)	ครูอธิบายเพิ่มเติมจากคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับสารละลายเป็นสารเนื้อเดียว ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตัวทำละลายที่มีปริมาณมากที่สุดของผสมและตัวละลายที่อยู่ในสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊สได้ การให้ความร้อนแก่สารจนของเหลวระเหยกลายเป็นไอแห้งทั้งหมด ใช้ตรวจสอบองค์ประกอบของสารละลาย เป็นวิธีแยกสารโดยให้ความร้อน เรียกว่า การระเหยแห้ง เป็นวิธีการตรวจสอบได้ดีกับตัวละลายที่เป็นของแข็งระเหยยาก โดยการระเหยแห้งนำมาเป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น การทำน้ำตาลมะพร้าว การผลิตเครื่องดื่มที่เปลี่ยนจากสารละลายเป็นเครื่องดื่มชนิดผง เช่น ชিংผง เก็กฮวยผง มะตูมผง นมผง ชาผง เป็นต้น

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ขั้นตอน	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	การจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย
5. ขั้นสรุปและ ประเมินผลสิ่งที่ เรียนรู้	5.1 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดองค์ประกอบของสารละลาย 5.2 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ 2 ประเด็น ได้แก่ แนวคิดวิทยาศาสตร์และลักษณะธรรมชาติวิทยาศาสตร์	5.1 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ประกอบของสารละลายมีกี่ชนิด อะไรบ้าง การตรวจสอบสารละลายด้วยวิธีการหยด 5.3 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเรื่อง องค์ประกอบของสารละลาย



2.2 แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยครอบคลุมประเด็นเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน จำนวน 16 ข้อ โดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นใน 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และมีช่องว่างให้อธิบายแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ เพื่อเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลที่ได้ประกอบด้วยข้อความทางบวกและข้อความทางลบ ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.2.1 ศึกษาและทำความเข้าใจสาระการเรียนรู้ที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, การสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์และทำตารางวิเคราะห์องค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นกรอบในการสร้างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.2.3 สร้างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์, การสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ โดยแยกเป็นประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนี้

- N1 โลกคือสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้
- N2 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
- N3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน
- N4 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน
- N5 วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์และจินตนาการ
- N6 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการทำนาย
- N7 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง
- N8 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน
- N9 วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

โดยสร้างตารางการวิเคราะห์จำนวนแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงการวิเคราะห์แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ประเด็นเกี่ยวกับ NOS	จำนวนข้อ		ข้อความ	คำถาม	
	เชิงบวก	เชิงลบ		เชิงบวก	เชิงลบ
1. ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์					
1.1 โลกคือสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้	1	1	1. ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์มักมีรูปแบบที่แน่นอน และสามารถเข้าใจได้	✓	
1.2 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	1	1	2. วิทยาศาสตร์คือความรู้ที่อธิบายสิ่งที่ปรากฏการณ์ ทางธรรมชาติ และสิ่งต่างๆ รอบตัวเรา		✓
			3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาจากการศึกษาถือว่าเป็นความรู้และไม่สามารถนำไปใช้กับความรู้ของจักรวาลทั้งหมดได้		✓
			4. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	✓	
1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน	1		5. วิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำความเข้าใจได้ทุกอย่างละเอียดรอบคอบสมบูรณ์	✓	
1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม	2		6. ปรากฏการณ์บางอย่างที่เกิดขึ้นกับโลกของเราไม่สามารถตรวจสอบได้ โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	✓	
			7. วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบที่สมบูรณ์กับทุกคำถาม	✓	

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ประเด็นเกี่ยวกับ NOS	จำนวนข้อ		ข้อความ	คำถาม	
	เชิงบวก	เชิงลบ		เชิงบวก	เชิงลบ
2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
2.1 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	2	1	8. นักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้หลักฐานที่มีอยู่	✓	
			9. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้ เมื่อมีหลักฐานและพยาน มาสนับสนุนเพียงพอ	✓	
			10. วิทยาศาสตร์สามารถให้คำตอบหรืออธิบายเกี่ยวกับความเชื่อ ปาฏิหาริย์ และพลังเหนือธรรมชาติได้		✓
2.2 วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์และจินตนาการ		1	11. นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและการให้เหตุผลเชิงตรรกะในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		✓
2.3 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการทำนาย	1		12. วิทยาศาสตร์พยายามอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ในอนาคตและในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบได้	✓	
2.4 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง	1	1	13. นักวิทยาศาสตร์ต้องระมัดระวังและจัดความลำเอียงที่เกิดขึ้นในการแปลความหมายข้อมูล	✓	
			14. นักวิทยาศาสตร์จะทำการทดลองซ้ำหลายๆครั้ง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดลอง		✓

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ประเด็นเกี่ยวกับ NOS	จำนวนข้อ		ข้อความ	คำถาม	
	เชิงบวก	เชิงลบ		เชิงบวก	เชิงลบ
2.5 วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น		1	15. นักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงหรือตำแหน่งการงานสูงมีอำนาจในการตัดสินใจว่าอะไรคือความจริง		✓
3. กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์					
3.1 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน		2	16. นักวิทยาศาสตร์ทำงานในห้องทดลอง โดยที่ความต้องการของคนในสังคมไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ 17. การหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับความต้องการของสังคมและวัฒนธรรมของชุมชน		✓ ✓
3.2 วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมที่ยอมรับกันโดยทั่วไป	1	1	18. นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้า และวิจัยโดยคำนึงถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์มากกว่าความถูกต้องทางศีลธรรม และจริยธรรม 19. การทดลองมนุษย์ โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้องได้รับข้อมูลที่เป็นความจริงเกี่ยวกับการทดลองนั้น สิทธิประโยชน์ข้อจำกัดและความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและปัจจุบัน	✓	✓
3.3 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะของผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง	1		20. นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะประชาชนคนหนึ่งที่มีมุมมอง ค่านิยมในการแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้	✓	

2.2.4 นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาความเหมาะสมของข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ แล้วปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามให้ชัดเจนและเข้าใจง่าย

2.2.5 นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขแล้ว หาค่าความตรง (Validity) ของข้อคำถามโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณา พิจารณาค่าความตรงด้วยสูตร ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามระหว่าง 0.67 - 1.00

2.2.6 นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไป ทดลองใช้ (Try - Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขามแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2559 ที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา จำนวน 22 คน

2.2.7 ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนคำตอบมีรายละเอียด ดังนี้
เข้าใจถูกต้อง (Understanding: U) หมายถึง การอธิบายหรือการตอบ คำถามเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องสอดคล้อง กับประเด็นลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับ ทางวิทยาศาสตร์ ให้ 4 คะแนน

เข้าใจบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง การอธิบายหรือการ ตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นบางส่วน แต่ไม่ครบทั้งหมด หรือมีความสอดคล้องบางส่วน หรือไม่สามารถอธิบายให้เหตุผล และยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย ให้ 3 คะแนน

เข้าใจคลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU) หมายถึง การอธิบายหรือการ ตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดที่เป็น ที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด ให้ 2 คะแนน

ไม่เข้าใจ (Naive Understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม ไม่ สามารถอธิบายเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หรือไม่ตอบคำถาม ให้ 1 คะแนน

2.2.8 นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หาค่าความยาก ง่าย ตั้งแต่ 0.36-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.29 - 1 ความเชื่อถือของแบบวัดความเข้าใจ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ เท่ากับ 0.721 สามารถนำข้อคำถามไปใช้ได้ จำนวน 16 ข้อ

ตารางที่ 3.6 แนวทางการพิจารณาคำตอบเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ความเข้าใจ	แนวทางการพิจารณาคำตอบ
โลกคือสิ่งที่สามารถทำ ความเข้าใจได้	เข้าใจถูกต้อง	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์มักมีรูปแบบที่แน่นอน และสามารถเข้าใจได้ และวิทยาศาสตร์คือความรู้ที่อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและสิ่งต่างๆ รอบตัวเรา เช่น pH ของสารละลายกรดและเบส การพิจารณาตัวทำละลาย(solvent) และตัวละลาย(solute)
	เข้าใจบางส่วน	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์มักมีรูปแบบที่แน่นอน และสามารถเข้าใจได้และอธิบายถึงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า วิทยาศาสตร์คือความรู้ที่อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรม ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและสิ่งต่างๆ รอบตัวเรา แต่ไม่ให้เกิดผลหรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย
	เข้าใจคลาดเคลื่อน	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และเราไม่สามารถเข้าใจได้ทั้งหมดทุกเรื่องและ วิทยาศาสตร์คือความรู้ที่อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรม ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและสิ่งต่างๆ รอบตัวเรา แต่ไม่ให้เกิดผลหรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย
	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

องค์ประกอบธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ความเข้าใจ	แนวทางการพิจารณาคำตอบ
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้	เข้าใจถูกต้อง	สามารถระบุได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถ เปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถ อธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า เช่น จากการตรวจสอบ ความรู้เดิมของนักเรียน พบว่าสารละลายบางชนิด นักเรียนไม่สามารถจำแนกสมบัติของสารละลาย ได้ เมื่อตรวจสอบความเป็นกรด-เบส โดยใช้ กระดาษลิตมัสในการทดสอบ สามารถทำความเข้าใจ และอธิบายสมบัติความเป็นกรด-เบสได้อย่าง ละเอียดขึ้น
	เข้าใจบางส่วน	สามารถระบุได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถ เปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถ อธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า
	เข้าใจ คลาดเคลื่อน	ระบุว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีการ เปลี่ยนแปลง และตอบคำถามได้ไม่ถูกต้องตรงตาม คำตอบ
	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มี ความคงทน	เข้าใจถูกต้อง	อธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำความเข้าใจ ได้ทุกอย่างละครบถ้วนสมบูรณ์ เช่น ทฤษฎีกรด- เบส
	เข้าใจบางส่วน	อธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทำความเข้าใจ ได้ทุกอย่างละครบถ้วนสมบูรณ์ แต่ไม่ให้เหตุผล หรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย
	เข้าใจ คลาดเคลื่อน	อธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์สามารถทำความเข้าใจได้ ทุกอย่างละครบถ้วนสมบูรณ์ แต่ไม่ยกตัวอย่าง ประกอบการอธิบาย
	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

องค์ประกอบธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ความเข้าใจ	แนวทางการพิจารณาคำตอบ
วิทยาศาสตร์ต้องการ หลักฐาน	เข้าใจถูกต้อง	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ในการอธิบายและทำนาย ปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้หลักฐานที่มีอยู่และ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้ เมื่อมี หลักฐานและพยาน มาสนับสนุนเพียงพอ รวมทั้ง วิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถให้คำตอบหรืออธิบาย เกี่ยวกับความเชื่อ ปาฏิหาริย์ และพลังเหนือ ธรรมชาติได้ เช่น การจำแนกสารละลายกรด-เบส และกลางจากสังเกตการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์
	เข้าใจบางส่วน	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ในการอธิบายและทำนาย ปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้หลักฐานที่มีอยู่ และ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้ เมื่อมี หลักฐานและพยาน มาสนับสนุนเพียงพอ รวมทั้ง วิทยาศาสตร์สามารถให้คำตอบหรืออธิบาย เกี่ยวกับความเชื่อ ปาฏิหาริย์ และพลังเหนือ ธรรมชาติได้และไม่ให้เหตุผลหรือไม่ยกตัวอย่าง ประกอบการอธิบาย
	เข้าใจ คลาดเคลื่อน	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ในการอธิบายและทำนาย ปรากฏการณ์ต่างๆ โดยไม่มีหลักฐานก็ได้ รวมทั้ง วิทยาศาสตร์สามารถให้คำตอบหรืออธิบาย เกี่ยวกับความเชื่อ ปาฏิหาริย์ และพลังเหนือ ธรรมชาติได้และไม่ให้เหตุผลหรือไม่ยกตัวอย่าง ประกอบการอธิบาย
	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

องค์ประกอบธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ความเข้าใจ	แนวทางการพิจารณาคำตอบ
วิทยาศาสตร์มีการ ผสมผสานระหว่าง ตรรกศาสตร์และ จินตนาการ	เข้าใจถูกต้อง	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า นักวิทยาศาสตร์ ใช้จินตนาการและการให้เหตุผลเชิงตรรกะในการ แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การละลาย ประเภทกายการดูดและคายพลังงาน โดยเราไม่ สามารถที่จะมองเห็นอนุภาคของของแข็งและ โมเลกุลของน้ำจำเป็นที่จะต้องอาศัยหลักการ จินตนาการและความคิดทำให้เกิดการตั้งสมมติฐาน และทฤษฎี
	เข้าใจบางส่วน	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า นักวิทยาศาสตร์ ไม่ใช้จินตนาการแต่ใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการ แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และไม่ให้เหตุผล หรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย
	เข้าใจ คลาดเคลื่อน	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า นักวิทยาศาสตร์ ไม่ใช้จินตนาการและการไม่ให้เหตุผลเชิงตรรกะใน การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และไม่ให้ เหตุผลหรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย
	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น
วิทยาศาสตร์ให้ คำอธิบายและการ ทำนาย	เข้าใจถูกต้อง	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า วิทยาศาสตร์ พยายามอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ในอนาคต และในอดีตที่ยังไม่มีการค้นพบ เช่น การเกิดสึนามิ แผ่นดินไหว ซากฟอสซิล เป็นต้น สถานการณ์ครูสั่ง ให้นักเรียนชงโอวันติล 1 แก้ว โดยให้เทโอวันติล ครึ่งกระป๋องลงในน้ำ นักเรียนจะปฏิบัติตามที่ครูสั่ง หรือไม่ โดยให้นักเรียนได้ฝึกการทำนายและ สามารถให้เหตุผลประกอบได้

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

องค์ประกอบธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ความเข้าใจ	แนวทางการพิจารณาคำตอบ
วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบาย และการทำนาย	เข้าใจบางส่วน	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า วิทยาศาสตร์พยายามอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ในอนาคตไม่ได้ เพราะเป็นเรื่องที่ยังไม่เกิดขึ้นและในอดีตสามารถอธิบายได้และไม่ให้เหตุผลหรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย
	เข้าใจ คลาดเคลื่อน	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า วิทยาศาสตร์อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ในอนาคตและในอดีตไม่ได้และไม่ให้เหตุผลประกอบการอธิบาย
	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น
นักวิทยาศาสตร์พยายาม ที่จะระบุและหลีกเลี่ยง ความลำเอียง	เข้าใจถูกต้อง	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า นักวิทยาศาสตร์ต้องระมัดระวังและจัดความลำเอียงที่เกิดขึ้นในการแปลความหมายข้อมูล การทำการทดลองซ้ำหลายๆครั้ง เพื่อความแม่นยำ และนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงหรือตำแหน่งการงานสูงไม่มีอำนาจในการตัดสินใจว่าอะไรคือความจริงได้ เช่น การทดลองต้องทดลองมากกว่า 3 ครั้ง เพื่อความถูกต้องและความแม่นยำของข้อมูล รวมทั้งต้องแปลความหมายข้อมูลตามผลการทดลอง
	เข้าใจบางส่วน	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่านักวิทยาศาสตร์ต้องระมัดระวังและจัดความลำเอียงที่เกิดขึ้นในการแปลความหมายข้อมูล การทำการทดลองซ้ำหลายๆครั้ง เพื่อความแม่นยำ และนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงหรือตำแหน่งการงานสูงมีอำนาจในการตัดสินใจว่าอะไรคือความจริงได้และไม่ให้เหตุผลหรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

องค์ประกอบธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ความเข้าใจ	แนวทางการพิจารณาคำตอบ
วิทยาศาสตร์ให้ คำอธิบายและการ ทำนาย	เข้าใจ	แสดงความสัมพันธ์ของคำตอบว่า นักวิทยาศาสตร์
	คลาดเคลื่อน	ไม่ต้องระมัดระวังและจัดความลำเอียงที่เกิดขึ้นใน การแปลความหมายข้อมูล การทำการทดลองซ้ำ หลายๆครั้ง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการ ทดลอง และนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงหรือ ตำแหน่งการงานสูงไม่มีอำนาจในการตัดสินใจว่า อะไรคือความจริงได้และไม่ให้เหตุผลหรือไม่ ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย
วิทยาศาสตร์เป็น กิจกรรมทางสังคมที่ ซับซ้อน	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น
	เข้าใจถูกต้อง	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ทำงานในห้องทดลอง โดย ที่ความต้องการของคนในสังคมมีผลต่อการทำงาน ของนักวิทยาศาสตร์และการหาความรู้ของ นักวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับความต้องการของ สังคมและวัฒนธรรมของชุมชน เช่น นักเรียน ทำงานเป็นกลุ่มระดมความคิดเหมือนกับการทำงาน ของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานหลายๆ คนใน ห้องทดลอง และนำเสนอผลการทดลองให้เพื่อนๆ กลุ่มอื่นได้ซักถาม วิพากษ์วิจารณ์ เพื่อจะได้มีการ พัฒนาความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือ
	เข้าใจบางส่วน	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ทำงานในห้องทดลอง โดย ที่ความต้องการของคนในสังคมไม่มีผลต่อการทำงาน ของนักวิทยาศาสตร์ และการหาความรู้ของ นักวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับความต้องการของ สังคมและวัฒนธรรมของชุมชนและไม่ให้เหตุผล หรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

องค์ประกอบธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ความเข้าใจ	แนวทางการพิจารณาคำตอบ
วิทยาศาสตร์เป็น กิจกรรมทางสังคมที่ ซับซ้อน	เข้าใจ คลาดเคลื่อน	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ทำงานในห้องทดลอง ไม่ได้ทำเพื่อความต้องการของคนในสังคมและการ หาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์จะไม่เกี่ยวข้องกับ ความต้องการของสังคมและไม่ให้เหตุผลหรือไม่ ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย
	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น
วิทยาศาสตร์มีหลักการ ทางจริยธรรมที่ยอมรับ กันโดยทั่วไป	เข้าใจถูกต้อง	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้า และวิจัย โดยคำนึงถึงความถูกต้องทางศีลธรรมและ จริยธรรม และการทดลองมนุษย์จะต้องได้รับ ข้อมูลที่เป็นความจริงเกี่ยวกับการทดลองนั้น สิทธิ ประโยชน์ข้อจำกัดและความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น เช่น นักเรียนต้องการศึกษาเลือดของ ด.ช. เอ ทดสอบ ความเป็นกรด-เบส ต้องได้รับการยินยอมจาก ด.ช. เอ และจะต้องได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการ ทดลองนั้น สิทธิประโยชน์และความเสี่ยงที่จะ เกิดขึ้นที่เป็นความจริง
	เข้าใจบางส่วน	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้า และวิจัย โดยคำนึงถึงประโยชน์มากกว่าจริยธรรม และ ตัวอย่างจะต้องได้รับข้อมูลที่เป็นความจริง เกี่ยวกับการทดลองนั้น สิทธิประโยชน์ข้อจำกัด และไม่ให้เหตุผลหรือไม่ยกตัวอย่างประกอบการ อธิบาย
	เข้าใจ คลาดเคลื่อน	ระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้า และวิจัย ไม่คำนึงถึงความถูกต้องทางศีลธรรม และการ ทดลองมนุษย์จะต้องไม่ได้รับข้อมูลที่เป็นความจริง เกี่ยวกับการทดลองนั้นและไม่ให้เหตุผล ประกอบการอธิบาย
	ไม่เข้าใจ	ไม่ตอบคำถามหรือไม่แสดงความคิดเห็น

2.3 แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของมาร์ซาโน (Marzano, 2001) โดยแบบวัดที่มีลักษณะคำถามแบบปลายเปิด จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการสังเกตและการจำแนก, ด้านการจัดกลุ่ม, ด้านการวิเคราะห์เหตุผล, ด้านการนำไปใช้ และด้านการทำนาย แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย แบบอัตโนมัติ 9 ข้อ และแบบวัดเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 11 ข้อ การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.3.1 ศึกษาโครงสร้างของหลักสูตร สารการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังระดับของการเรียนรู้ของผู้เรียนจากหนังสือหลักสูตร คู่มือครู หนังสือเรียน และเอกสารการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการเขียนข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางจัดทำกรอบแนวคิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ รวมทั้งการสร้างคำถามและคำตอบให้ถูกต้อง

2.3.2 จัดทำกรอบแนวคิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ต้องการให้นักเรียนเข้าใจ นำกรอบแนวคิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในการเรียบเรียงเนื้อหา จากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ ได้รับข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงภาษาที่ใช้เรียบเรียงแนวคิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้มีความถูกต้องเหมาะสมมากยิ่งขึ้น มีรายละเอียดตารางที่ 3.7 ดังนี้

ตารางที่ 3.7 กรอบแนวคิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์	แนวคิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
1. ด้านการสังเกตและการจำแนก	ความสามารถในการสังเกตและจำแนก แยกแยะ รายละเอียดของสิ่งต่างๆ หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เหมือนกันและแตกต่างกันออกเป็นแต่ละส่วนได้ ซึ่งจะเชื่อมโยงไปสู่ความสามารถในการจับคู่และการจัดกลุ่มสิ่งต่างๆ ที่เหมือนกันทั้งรูปร่างลักษณะ แหล่งกำเนิดได้
2. ด้านการจัดกลุ่ม	ความสามารถในการประมวลความรู้ เพื่อการจัดกลุ่ม จัดลำดับและจัดประเภทของสิ่งต่างๆ สามารถหาคุณลักษณะหรือคุณสมบัติของที่เหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันออกเป็นพวกเป็นกลุ่ม
3. ด้านการวิเคราะห์เหตุผล	ความสามารถในการแยกแยะข้อผิดพลาด มองเห็นความผิดปกติ ความสัมพันธ์และความไม่สัมพันธ์สอดคล้องของสิ่งต่างๆ สามารถโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล สามารถระบุสิ่งที่ไม่ถูกต้องสิ่งผิดปกติไม่เหมาะสมเป็นไปไม่ได้ในสถานที่ต่างๆ จากการสังเกตและการใช้ความรู้เดิมผสานกับความรู้ใหม่ สามารถสรุปประเด็นต่างๆ และยกเหตุผลประกอบได้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ระดับความสามารถ ในการคิดวิเคราะห์	แนวคิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
4. ด้านการนำไปใช้	ความสามารถในการนำความรู้เดิมที่มีไปสรุปเป็นหลักการใหม่ นำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ หรือสามารถนำความรู้ไปใช้ในกิจกรรมชีวิตประจำวันได้ โดยทั่วไปจะเป็นการให้เหตุผลเชิงอุปนัย
5. ด้านการทำนาย	ความสามารถในการนำความรู้หรือหลักการที่มีอยู่ไปใช้ เพื่อการทำนายสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ สามารถเข้าใจเหตุการณ์ มีความรู้สามารถในการบรรยายละเอียดในเหตุการณ์นั้นและปรับเปลี่ยนวิธีการให้เหมาะสมกับสิ่งที่อาจเกิดขึ้นต่อไปได้ โดยทั่วไปเป็นการให้เหตุผลเชิงนิรนัย กล่าวคือ จากข้อสรุป จากกฎ สูตร ทฤษฎี สามารถบรรยายละเอียดได้และนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เจาะจงได้

2.3.3 สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งแบบวัดมี 6 สถานการณ์คำถาม มีลักษณะแบบปลายเปิด จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน นำแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้

2.3.4 นำข้อเสนอแนะที่ได้รับจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงภาษาที่ใช้ในการสร้างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้มีความกระชับ ถูกต้องเหมาะสม และสอดคล้องกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 5 ด้านที่ต้องการศึกษา มากยิ่งขึ้น รวมทั้งตัดข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ตัดออก เนื่องจากมีข้ออื่นทดแทนอยู่แล้ว

2.3.5 นำแบบวัดที่ปรับปรุง และแก้ไขแล้วตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญไปหาค่าความตรง (Validity) ของข้อคำถามโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาค่าความตรง ด้วยสูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามระหว่าง 0.67 – 1 จำนวน 20 ข้อ โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้ปรับภาษาให้กระชับและเข้าใจง่ายขึ้น

2.3.6 นำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้ (Try - Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน ของโรงเรียนชุมชนแพศึกษา อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

2.3.7 ตรวจสอบให้คะแนน และแนวทางการพิจารณากลุ่มคำตอบ เพื่อตรวจให้คะแนน และจัดกลุ่มความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

รูปแบบข้อสอบ (ข้อที่)	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
อัตนัย (1, 2, 6, 7 และ 12)	ไม่ได้คะแนน 2 คะแนน 4 คะแนน	ไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้อง สามารถตอบสิ่งที่เหมือนหรือสิ่งที่แตกต่างจากการสังเกต อย่างใดอย่างหนึ่งได้ถูกต้อง พร้อมยกตัวอย่างประกอบได้ สมเหตุสมผล สามารถตอบสิ่งที่เหมือนและสิ่งที่แตกต่างจากการสังเกตได้ ถูกต้อง พร้อมยกตัวอย่างประกอบได้สมเหตุสมผล
อัตนัย (15, 16 และ 19)	ไม่ได้คะแนน 1 คะแนน 3 คะแนน	ไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้อง ยกตัวอย่างสิ่งที่เหมือน และสิ่งที่แตกต่างได้ถูกต้อง แต่ไม่ ครบอย่างละ 2 ข้อ ยกตัวอย่างสิ่งที่เหมือนและสิ่งที่แตกต่างได้ถูกต้อง อย่างละ 2 ข้อ
อัตนัย (18)	ไม่ได้คะแนน 1 คะแนน 2 คะแนน	ไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้อง ยกตัวอย่างสิ่งที่เหมือนและสิ่งที่แตกต่างได้ถูกต้อง อย่างละ 2 ข้อ เมื่อยกตัวอย่างสิ่งที่เหมือน และสิ่งที่แตกต่างได้ถูกต้อง แต่ ไม่ครบอย่างละ 2 ข้อ
เลือกตอบ 4	0	ตอบผิด
ตัวเลือก (3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 17 และ 20)	1	ตอบถูก

2.3.8 นำผลการตรวจมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) พบว่า มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21 - 1 และมีค่าความเที่ยง (Reliability) เท่ากับ 0.618 สามารถนำข้อสอบไปใช้ได้จำนวน 20 ข้อ

2.4 แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้

แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้มีลักษณะกึ่งโครงสร้าง สร้างขึ้นสำหรับใช้บันทึกเหตุการณ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และบันทึกผลหลังจากการจัดการเรียนรู้ ใช้ในการพิจารณาลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่ช่วยสนับสนุนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นการเขียนบรรยายหรือบันทึกเหตุการณ์ในชั้นเรียน ประกอบด้วยเนื้อหาวิทยาศาสตร์ แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้ ผลการจัดการเรียนรู้ อุปสรรค และการแก้ปัญหา โดยมีแนวทางในการสร้างแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.4.1 ศึกษารูปแบบของแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้จากเอกสารต่างๆ เพื่อกำหนดกรอบการบันทึกของผู้วิจัย ระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้แบบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ให้กับนักเรียน

2.4.2 สร้างแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้และนำแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 ท่านมาปรับปรุงกรอบการบันทึกให้สามารถบันทึกข้อมูลที่ต้องการเก็บรวบรวมให้มากยิ่งขึ้น

2.4.3 ได้แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ที่มีกรอบการบันทึก และนำแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.5 อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งมีการกำหนดหัวข้อให้นักเรียนเขียนบันทึกจุดมุ่งหมายของการใช้อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยมีแนวทางในการสร้างอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

2.5.1 ศึกษารูปแบบของอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนจากเอกสาร และงานวิจัยต่างๆ จากนั้นสร้างหัวข้อ เพื่อให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง

2.5.2 นำอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบ ความเหมาะสมของหัวข้อที่กำหนดให้นักเรียนเขียนบันทึก และปรับปรุงความเหมาะสมของหัวข้อ ในการเขียนบันทึกของนักเรียนตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

2.5.3 ได้อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีหัวข้อให้นักเรียนเขียนบันทึก

3. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งดำเนินการวิจัยตามรูปแบบการวิจัย โดยมีห้องทดลองและห้องควบคุม

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

4.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยผู้วิจัยทดสอบนักเรียนทั้งห้องทดลองและห้องควบคุมด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และให้เวลานักเรียนทำแบบวัดทั้งหมด 120 นาที แบ่งการสอบเป็น 2 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที

4.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเองและดำเนินการสอนห้องทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย จำนวน 5 แผน เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

4.3 รวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกหลังการเรียนรู้ โดยทำการบันทึกการจัดการเรียนรู้ในหัวข้อ “ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้” เพื่อนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกแผนการจัดการเรียนรู้

4.4 รวบรวมข้อมูลจากการบันทึกอนุทินของนักเรียน โดยให้นักเรียนบันทึกอนุทินของตนเองหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย ในหัวข้อ “สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ในวันนี้คืออะไร” เพื่อนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กำหนดให้นักเรียน ส่งบันทึกอนุทินท้ายคาบเรียน สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

4.5 เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนห้องทดลองและห้องควบคุมด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ชุดเดียวกับก่อนการเรียนรู้และให้เวลานักเรียนทำแบบวัดทั้งหมด 120 นาที แบ่งการสอบเป็น 2 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที เช่นเดียวกัน

4.6 เปรียบเทียบคำตอบก่อนและหลังเรียนโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา แล้วจัดกลุ่มคำตอบ บันทึกความถี่และร้อยละของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Marzano (2001) เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนเป็นรายบุคคล ก่อนและหลังเรียน โดยเกณฑ์การพิจารณามีเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละข้อ

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนและหลังเรียน จากการที่นักเรียนตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการอ่านคำตอบที่นักเรียนให้เหตุผลประกอบว่ามีความสอดคล้องกับการแสดงความคิดเห็นหรือไม่ โดยการลงรหัสซึ่งเป็นตัวแทนความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เอาไว้แต่ละข้อตามที่กำหนดกรอบไว้ แล้วอ่านคำตอบอีกครั้งเพื่อความถูกต้อง โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาเป็นรายชื่อ การให้คะแนนคำตอบมีรายละเอียด ดังนี้

เข้าใจถูกต้อง (Understanding: U) หมายถึง การอธิบาย ขยายความเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับประเด็นลักษณะธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์

เข้าใจบางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง การอธิบาย ขยายความเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นได้ถูกต้องแต่ยกตัวอย่างที่ไม่สอดคล้องกับประเด็นลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หรือไม่ให้เหตุผลไม่ยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

เข้าใจคลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU) หมายถึง การอธิบายขยายความเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นที่ไม่ถูกต้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์

ไม่เข้าใจ (Naive Understanding: NU) หมายถึง การตอบคำถามไม่ตรงกับประเด็นที่ถามหรือไม่ตอบคำถาม

5.3 สถิติที่ใช้ในการวิจัย รายละเอียดดังต่อไปนี้

5.3.1 ร้อยละ (Percentage) คำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$p = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ
f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ
N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

5.3.2 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ X แทน ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

5.3.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคำนวณจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X แทน คะแนนแต่ละตัว
N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม
 $\sum$ แทน ผลรวม

5.3.4 การทดสอบค่า t-test แบบ Independent Samples กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน โดยมีสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ t	แทน	ค่าสถิติใช้ในการเปรียบเทียบค่าวิกฤตในการแจกแจงแบบ t เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
X^1, X^2	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มเป้าหมาย 1 และกลุ่มเป้าหมาย 2 ตามลำดับ
n^1, n^2	แทน	ขนาดของกลุ่มเป้าหมาย 1 และกลุ่มเป้าหมาย 2 ตามลำดับ
S^1, S^2	แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มเป้าหมาย 1 และกลุ่ม 2 ตามลำดับ

