



การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมี
วิจารณญาณ

ทัศนพร ชัยสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมี
วิจารณญาณ



ทันตกร จุ้ยสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

AN ACTION RESEARCH ON THE PHENOMENON-BASED LEARNING ON CHEMICAL
KINETICS FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS TO ENHANCE LEARNING
ACHIEVEMENT AND CRITICAL THINKING SKILL



THUNTATHORN CHUYSAWAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY

2021

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ทักษิณ จุ้ยสวัสดิ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวชิรินทร์)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวชิรินทร์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

..... กรรมการ
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย
บูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

61910063: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน, ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทคัดย่อ : การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. (AN ACTION RESEARCH ON THE PHENOMENON-BASED LEARNING ON CHEMICAL KINETICS FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS TO ENHANCE LEARNING ACHIEVEMENT AND CRITICAL THINKING SKILL) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นพมณี เชื้อวชิรินทร์, Ph.D., ปริญญา ทองสอน, ศษ.ด. ปี พ.ศ. 2564.

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน มีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี จำนวน 5 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบหลังเรียน และแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ ดัชนีประสิทธิผล และข้อมูลเชิงบรรยาย ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ที่ 71.60 ± 12.15

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ที่ 83.15 ± 12.29

61910063: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)

KEYWORDS: Critical Thinking Skill, Learning Achievement, Phenomenon-based Learning

THUNTATHORN CHUYSAWAT : AN ACTION RESEARCH ON THE PHENOMENON-BASED LEARNING ON CHEMICAL KINETICS FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS TO ENHANCE LEARNING ACHIEVEMENT AND CRITICAL THINKING SKILL. ADVISORY COMMITTEE: NOPMANEE CHAUVATCHARIN, Ph.D., PARINYA THONGSORN, Ed.D. 2021.

This classroom action research was endeavored to evolve the learning achievement in the chemical kinetics topic and critical thinking skill for eleventh grade student by using phenomenon-based learning. The target group was 24 eleventh grade students in first semester of 2020 academic year at Princess Chulabhorn science high school Chonburi. The research instruments were provided consist of five lesson plans containing phenomenon-based learning, the learning achievement test, the critical thinking skill test, the post tests, and the learning observation form. The data were analysed by score average, score standard deviation, score percentage, score effective index, and content analysis. The consequences were as follows:

1. The learning achievement score in chemical kinetics topic was evolved to higher level after treated with the phenomenon-based learning. The relative gain score was 71.60 ± 12.15 .

2. The critical thinking skill score was evolved to higher level after treated with the phenomenon-based learning. The relative gain score was 83.15 ± 12.29 .

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความกรุณา ช่วยเหลือ แนะนำ และคำปรึกษาอย่างดียิ่งภายใต้การดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพมณี เชื้อวชิรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักของวิทยานิพนธ์ รวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญา ทอสงอน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมของวิทยานิพนธ์ ที่ได้แนะนำในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์และแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้อง ช่วยเหลือและดูแลองค์ประกอบต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่เป็นอย่างดี และที่สำคัญยิ่ง ท่านยังคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณานี้เป็นอย่างยิ่งและจะน้อมนำคำสอนมาปรับใช้ในชีวิตประจำวันและชีวิตการทำงาน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง อาจารย์ ดร. สมศิริ สิงห์หลพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาใช้เวลาอันมีค่าและให้เกียรติเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตรวจสอบและประเมินวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดจนในห้องักความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์และการศึกษาของผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ ดร. สมศิริ สิงห์หลพ อาจารย์ ดร. เสกสรรค์ ทองคำบรรจง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกพงษ์ สุวัฒน์มาลา และ คุณครูหวานใจ โบบทอง ที่อุทิศแรงกายและเวลาอันมีค่าอย่างยิ่งของท่านในการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งแนะนำแนวทางพัฒนาเครื่องมือดังกล่าวโดยละเอียด เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครูและบุคลากร โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณครูหวานใจ โบบทอง ครูพี่เลี้ยงของผู้วิจัย รวมถึงคณะครูและบุคลากรในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คำสัมภาษณ์อันเป็นประโยชน์ และแนวทางในการนำเครื่องมือดังกล่าวไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มทดลองใช้และกลุ่มเป้าหมาย รวมไปถึงคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินวิชาชีพครูในอนาคตของผู้วิจัยและผู้วิจัยขอขอบใจนักเรียนทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือตลอดการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาในหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ และมอบทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนผู้วิจัย ตลอดจนสร้างแรงผลักดันทั้งด้านบวกและด้านลบ ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินวิทยานิพนธ์นี้และกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา รวมถึงขอขอบคุณผู้สร้างอุปสรรคต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้วิจัยมีมุมมองในชีวิตที่กว้างขึ้น มีทักษะการแก้ไขปัญหาที่สูงขึ้น และมีความอดทนสูงขึ้นไปอย่างมาก คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นความกตัญญูทวาทิแด่บุพการี บูรพาจารย์ ผู้มีพระคุณของผู้วิจัยทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ผู้วิจัยเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ มีสติปัญญา มีคุณธรรมจริยธรรม มีจรรยาบรรณวิชาชีพครู และส่งผลให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จจบจนปัจจุบัน

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ วงการการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย การพัฒนานักเรียนไทยสู่ความเป็นเลิศในด้านวิทยาศาสตร์โลก และการเรียนรู้อย่างมีความสุขและมีประสิทธิภาพของนักเรียนในชั้นเรียน

ทันตกร จุฬาสวัสดิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย.....	10
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	10
ความสำคัญและประโยชน์ที่ได้รับ	11
ขอบเขตของการวิจัย	11
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	12
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
หลักสูตรกลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2560	15
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน	24
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	35
ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	45
การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน	59
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	67

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	71
กลุ่มเป้าหมาย.....	71
แบบแผนการวิจัย.....	71
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	78
วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	105
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	112
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	113
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	117
ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี.....	117
ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	123
ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ในวงจรที่ 1 - วงจรที่ 5.....	130
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	174
สรุปผลการวิจัย.....	174
อภิปรายผลการวิจัย.....	174
ข้อเสนอแนะ.....	186
บรรณานุกรม.....	189
ภาคผนวก.....	201
ภาคผนวก ก คณะผู้ทรงคุณวุฒิและเอกสารขอความอนุเคราะห์.....	202
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	212
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	246
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	318

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบอัตนัย	43
ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ	44
ตารางที่ 3 การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน	79
ตารางที่ 4 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน	81
ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี	84
ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อคำถาม	86
ตารางที่ 7 ระดับคะแนนการประเมินโดยใช้ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา.....	89
ตารางที่ 8 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี จำแนกตามหัวข้อการประเมิน	89
ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับจำนวนข้อคำถาม	91
ตารางที่ 10 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำแนกตามหัวข้อการประเมิน	92
ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน	94
ตารางที่ 12 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบทำยาวจร) แต่ละฉบับ จำแนกตามหัวข้อการประเมิน	97
ตารางที่ 13 คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียน	118
ตารางที่ 14 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี	121

ตารางที่ 15 คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน	124
.....	
ตารางที่ 16 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	127
.....	
ตารางที่ 17 การจัดกลุ่มปฏิบัติการของนักเรียนในแต่ละวงจร	132
.....	
ตารางที่ 18 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)	
ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำแนกรายบุคคล	141
.....	
ตารางที่ 19 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)	
ฉบับที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำแนกรายบุคคล	148
.....	
ตารางที่ 20 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)	
ฉบับที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำแนกรายบุคคล	153
.....	
ตารางที่ 21 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)	
ฉบับที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) จำแนกรายบุคคล	157
.....	
ตารางที่ 22 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)	
ฉบับที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) จำแนกรายบุคคล	168
.....	
ตารางที่ 23 ประเด็นค้นพบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา	
เป็นฐานในแต่ละวงจร	172
.....	
ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน	
เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	213
.....	
ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน	
เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	218
.....	
ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	
เรื่อง จลนศาสตร์เคมี จำแนกตามหัวข้อการประเมิน	220
.....	
ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	
ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี	227
.....	
ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมี	
วิจารณญาณ จำแนกตามหัวข้อการประเมิน	228
.....	

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดทักษะการคิด
 อย่างมีวิจารณญาณ.....235

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบทดสอบหลังเรียน
 (แบบทดสอบทำขวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี จำแนกตามหัวข้อการประเมิน236

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบหลังเรียน
 (แบบทดสอบทำขวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี244



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	14
ภาพที่ 2 วงจรขดลวดของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ	62
ภาพที่ 3 แบบแผนการวิจัย.....	75
ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน.....	101
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี	102
ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	103
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี	104
ภาพที่ 8 ขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้	105
ภาพที่ 9 แผนภูมิเปรียบเทียบร้อยละคะแนนเฉลี่ยจากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน	121
ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงระดับพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี	123
ภาพที่ 11 แผนภูมิเปรียบเทียบร้อยละคะแนนเฉลี่ยจากการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมี วิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน.....	127
ภาพที่ 12 แผนภูมิแสดงระดับพัฒนาการทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน	129
ภาพที่ 13 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (รูปแบบที่ 1).....	134
ภาพที่ 14 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของของปัญหาจาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (รูปแบบที่ 2).....	135
ภาพที่ 15 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (รูปแบบที่ 1).....	137
ภาพที่ 16 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (รูปแบบที่ 2).....	138

ภาพที่ 17 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	139
ภาพที่ 18 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงประเด็นศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาใน วงจรที่ 1.....	140
ภาพที่ 19 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงประเด็นศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาใน วงจรที่ 1 (2).....	140
ภาพที่ 20 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 2.....	145
ภาพที่ 21 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 2 (รูปแบบที่ 1).....	145
ภาพที่ 22 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 2 (รูปแบบที่ 2).....	146
ภาพที่ 23 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 2 (รูปแบบที่ 3).....	146
ภาพที่ 24 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงประเด็นศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาใน วงจรที่ 2.....	147
ภาพที่ 25 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการหากฎอัตราโดยอาศัยวิธีการประมาณจากสถานะคงตัว ในแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	149
ภาพที่ 26 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 3.....	152
ภาพที่ 27 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 3.....	153
ภาพที่ 28 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 4.....	158
ภาพที่ 29 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 4.....	159

ภาพที่ 30 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงประเด็นศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาใน วงจรที่ 4.....	160
ภาพที่ 31 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการหากฎอัตราโดยอาศัยวิธีการประมาณจากสถานะคงตัว ในแบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ข้อคำถามที่ 1.....	161
ภาพที่ 32 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการหากฎอัตราโดยอาศัยวิธีการประมาณจากสถานะคงตัว ในแบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ข้อคำถามที่ 3.....	162
ภาพที่ 33 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาที่ 1 จาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 5.....	166
ภาพที่ 34 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาที่ 2 จาก ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 5.....	167

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาความรู้ความสามารถของบุคคล สร้างสรรค์สังคม และยังพัฒนาประเทศชาติ เป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนากำลังคนให้มีคุณภาพ สามารถดำรงชีวิต อยู่ร่วมกับบุคคลอื่น ๆ ในสังคมได้อย่างมีความสุข เยาวชนไทยทุกคนมีสิทธิขั้นพื้นฐานในการศึกษาที่รัฐบาลจัดสรรให้ เพื่อพัฒนาเยาวชนไทยมีความเจริญงอกงามทั้งด้านวิชาการ และคุณธรรมจริยธรรม รวมถึงเป็นต้นทุนทางปัญญาที่สำคัญในการพัฒนาความรู้ ทักษะ คุณลักษณะ และสมรรถนะในการประกอบ สัมมาอาชีพและการดำรงชีวิต อยู่ในสังคมได้ อย่างเป็นสุข ซึ่งจะนำไปสู่เสถียรภาพและความมั่นคงของสังคมและประเทศชาติที่ต้องการพัฒนา ให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมนานาอารยประเทศภายใต้กระแส การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลก ในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2560 ได้ระบุไว้อย่างชัดเจนเกี่ยวกับการปฏิรูปประเทศด้านการศึกษาตามมาตรา 54 เพื่อให้เยาวชนไทยพัฒนาเป็นสมาชิกในสังคม ที่มีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความรู้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา มีความสุข มีศักยภาพในการเรียนรู้ตามความถนัดและความต้องการของตนเองและสังคม เป็นกำลังสำคัญ ในการขับเคลื่อนประเทศ และสืบทอดวัฒนธรรมประเพณีอันดีงามของชนชาติไทยไว้ด้วย โดยกำหนดกรอบแนวทางการปฏิรูปการศึกษาไว้ใน 4 ด้านหลัก ๆ คือ (1) การดำเนินการ ให้เด็กเล็กได้รับการดูแลและพัฒนา ก่อนเข้ารับการศึกษา (2) การดำเนินการจัดทำกฎหมายเพื่อจัดตั้ง กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา (3) กลไกและระบบการผลิตคัดกรองและพัฒนา ผู้ประกอบวิชาชีพครูให้มีจิตวิญญาณของความเป็นครูและความรู้ความสามารถอย่างแท้จริง และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง (4) การปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนทุกระดับเพื่อให้เด็กเรียนสามารถ เรียนรู้ได้ตามความถนัดของนักเรียน โดยการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนนี้ต้องเอื้อประโยชน์ ต่อการสร้างและพัฒนาทักษะและความรู้ของเยาวชนไทยให้สอดคล้องกับการทำงานและการประกอบ สัมมาอาชีพ โดยเน้นการสร้างกลไกการวิจัย สร้างนวัตกรรม และพัฒนาด้านเทคโนโลยีการศึกษา เพื่อสร้างรากฐานที่เข้มแข็งในการจัดการศึกษาของไทย ซึ่งสอดคล้องกับกับหลักการ ในแนวทางการจัดการศึกษาของประเทศไทยตามที่ปรากฏในมาตรา 22 แห่งพระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติมที่ยึดหลักการจัดการศึกษาโดยเน้นนักเรียน

เป็นศูนย์กลาง โดยให้นักเรียนมีความสำคัญที่สุดในกระบวนการเรียนรู้ ส่งผลให้กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาอย่างสุดขีดความสามารถตามธรรมชาติและศักยภาพของนักเรียน ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ทั้งในด้านความต้องการ ความสนใจ ความถนัด และความรู้ความสามารถพื้นฐานอันเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการเรียนรู้ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การเรียนรู้จากสภาพจริง และการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้โดยตรงอย่างมีความสุข เป็นเหตุอันควรให้มีการจัดการศึกษาในรูปแบบที่หลากหลายและยืดหยุ่นตามความพร้อมของนักเรียนเป็นสำคัญ แนวทางดังกล่าวนี้เป็นปัจจัยสำคัญและท้าทายในการปฏิรูปการศึกษาของประเทศไทยให้สำเร็จตามเป้าประสงค์ (ทตยา รัชตวิชิตน์, 2561)

วิทยาศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการขับเคลื่อนและพัฒนาประเทศ ให้มีความเจริญก้าวหน้า มีความเกี่ยวข้องกับความเจริญก้าวหน้าด้านต่าง ๆ สร้างความสะดวกสบายให้กับมนุษย์ ทั้งด้านการศึกษา การแพทย์ การเกษตร การสื่อสารและคมนาคม อุตสาหกรรม การเมืองการปกครอง เศรษฐกิจ และในด้านอื่น ๆ อีกมากมาย ช่วยให้เกิดความเจริญงอกงามทางด้านร่างกายและจิตใจ ส่งเสริมพลานามัยที่ดีให้กับมนุษย์ ทั้งในด้านการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต อาหารการกิน สร้างความรู้ความเข้าใจให้มนุษย์เลือกใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กรรวม พัฒนาการบวนการคิด ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ การคิดวิเคราะห์ และการคิดอย่างสร้างสรรค์ ส่งเสริมทักษะในการสร้างองค์ความรู้และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบรู้เท่าทันโลกและเหตุการณ์ เปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมประเพณีในเชิงสร้างสรรค์ ช่วยแก้ไขปัญหาคง ๆ ที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติและผลกระทบของมนุษย์ เพื่อชีวิตที่เป็นสุขในฐานะพลโลก จึงกล่าวได้ว่า วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อชีวิตมนุษย์ทุกคน ดังนั้น การให้การศึกษาวิทยาศาสตร์ให้กับเยาวชนจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก ในการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าของปัจเจกบุคคลและสังคมระดับมหภาค (วิสุทธิ ไบไม่, 2559; สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก, 2560)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดได้ คิดเป็น เป็นเรื่องสำคัญอย่างมากในยุคปฏิรูปการศึกษา มนุษย์ทุกคนจำเป็นต้องใช้ความคิดในหลากหลายรูปแบบ เพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิตที่ประสบความสุขและการดำเนินชีวิตให้ประสบความสำเร็จ ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นผลจากประสิทธิภาพของการคิด กล่าวได้ว่า กลวิธีและทักษะกระบวนการคิดในรูปแบบต่าง ๆ เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาชีวิตมนุษย์ มนุษย์จึงควรฝึกฝนและเรียนรู้ เพื่อให้สามารถพัฒนาการคิดอย่างหลากหลายรูปแบบและแง่มุมอย่างมีประสิทธิภาพ การฝึกฝนทักษะกระบวนการคิดจึงเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญในการพัฒนาสติปัญญาของเยาวชน เพื่อให้เติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) ผู้ที่จะประสบ

ความสำเร็จในการดำเนินชีวิตในสังคมโลกและสังคมไทยในศตวรรษที่ 21 ควรเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ มีความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking skill) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการพิจารณาไตร่ตรองอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้น (เบญจวรรณ ถนอมชยรัช และคณะ, 2559) การพัฒนาทักษะดังกล่าวนี้จำเป็นต้องพัฒนาตั้งแต่ก่อนที่จะเข้าศึกษาในระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องพัฒนาตั้งแต่วัยเยาว์ ส่งเสริมให้มีการสะสมประสบการณ์ที่ละเอียดถี่ถ้วนและมีความสามารถอย่างคงทนกระทั่งระดับอุดมศึกษา ทักษะนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลานั้นสั้น จึงเป็นเหตุผลว่าทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นส่วนสำคัญในการเรียนรู้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อตัวนักเรียน ช่วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจข้อมูลหรือสิ่งที่ได้เรียนรู้มากยิ่งขึ้น สามารถคิดได้ด้วยตนเอง และเกิดความสำเร็จในการเรียนรู้ (คันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และ อุษา ชูชาติ, 2544; พิชญ มณีสร, 2557)

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นสิ่งล้ำค่าและเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้ถือเป็นสิทธิโดยชอบธรรมของผู้เรียนที่จะต้องได้รับการพัฒนาทักษะดังกล่าว (Norris, 1985) จึงกล่าวได้ว่าการให้การศึกษาเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณคือ ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผลและคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับประเด็น ข้อมูล หรือสถานการณ์ที่ปรากฏอยู่ เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจกระทำสิ่งต่าง ๆ หรือหาสาเหตุต่าง ๆ เพื่อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล (ปรกรณ์ ไพธองกูร, 2547) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการเรียนรู้และการดำรงชีวิตอย่างทรงคุณค่าในภาวะข้อมูลท่วมท้น (Information overload) เช่นนี้ บุคคลที่มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีจะสามารถคิดวิเคราะห์ได้อย่างมีหลักการ แบบแผน สามารถควบคุม จัดการ และตรวจสอบความคิดของตนเองได้ และยังสามารถตัดสินใจและแก้ไขปัญหาโดยใช้เหตุผลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (คันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และ อุษา ชูชาติ, 2544)

การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นหนึ่งในเป้าประสงค์ของการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Bailin, 2002) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนในวิชากลุ่มวิทยาศาสตร์ เพราะทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณต้องอาศัยกระบวนการคิดและสภาวะทางอารมณ์ (Paul, 1990) ซึ่งเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องสืบค้น เสาะหา สืบตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ กระทั่งนักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ที่มีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียน และเก็บข้อมูลไว้ได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อต้องเผชิญหน้ากับสถานการณ์ใด ๆ (สาขาชีววิทยา สสวท., 2550) จึงกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซิม

ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยเป็นเวลานาน สามารถส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ (สุมาลี ชัยเจริญ, 2551; กรมวิชาการ, 2534)

แม้ว่าจะมีการเน้นทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ในการจัดการเรียนรู้หลากหลายวิชาในหลากหลายระดับชั้น ทว่าโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ในปีพุทธศักราช 2561 (ค.ศ. 2018) ได้ระบุแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนนตั้งแต่การประเมินในปีพุทธศักราช 2543 (ค.ศ. 2000) ว่าผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของไทยไม่เปลี่ยนแปลง คะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย มีค่าอยู่ที่ 426 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในหลายประเทศ มีค่าอยู่ที่ 489 คะแนน หากพิจารณารายละเอียดของการประเมินดังกล่าวในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ข้อคำถามในด้านเนื้อหาส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้แนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ หรือทฤษฎีที่สำคัญในด้านกระบวนการเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการจัดจำแนกและจัดการตัวแปร การวัด การประเมินข้อมูล วิธีการลดข้อผิดพลาด การสรุปและนำเสนอข้อมูล และการออกแบบ การทดลองที่เหมาะสมกับคำถามทางวิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้เป็นแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างและระบุลักษณะของวิทยาศาสตร์และลักษณะที่ใช้ในการตัดสินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนไทยมีความสามารถในการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์การแปลความหมายของข้อมูล รวมถึงการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี ทว่านักเรียนไทยมีจุดอ่อนในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และยังไม่สามารถนำวิธีการทดลองทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาหรือแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากสถานการณ์เดิมได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

เมื่อพิจารณาคะแนน โปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล ในปีพุทธศักราช 2561 ร่วมกับรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ (Ordinary National Educational Test หรือ O-NET) ของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2561 ระบุค่าสถิติของวิชาวิทยาศาสตร์ ว่าในระดับประเทศมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 30.51 และมีฐานนิยมอยู่ที่ 27.20 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2561) บ่งชี้ว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังมีความรู้ความเข้าใจในรายวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ กล่าวได้ว่านักเรียนไทยสามารถพิจารณาแนวทางและวิธีการศึกษาให้เหมาะสมกับปัญหาที่ผู้เรียนต้องการศึกษา โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง สามารถสื่อสารข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ข้อมูลจากหลักฐานที่ปรากฏจริงในการสร้างองค์ความรู้ แต่นักเรียนไทยยังนำแนวทาง วิธีการ และกระบวนการเหล่านี้ไปใช้

ในการศึกษาปรากฏการณ์จริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติได้ไม่ด้นัก ทั้งนี้เป็นเพราะในสถานการณ์หรือปรากฏการณ์จริงล้วนมีข้อจำกัดหรือเงื่อนไขหลายประการที่จะต้องพิจารณาเพื่อหาแนวทางและวิธีการศึกษาร่วมด้วย ดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนจำเป็นต้องใช้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเลือกใช้แนวทางหรือวิธีการศึกษาที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น ๆ ประกอบกับทักษะการทดลองที่จำเป็นต้องอาศัยทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อใช้ในการวางกลยุทธ์หรือกระบวนการศึกษาให้นำมาสู่การสังเคราะห์องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ดำเนินการสอนในระดับมัธยมศึกษา ใช้หลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พ.ศ. 2560 ในการจัดการเรียนรู้ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งเป็น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 จำนวนระดับชั้นละ 6 ห้องเรียน แต่ละห้องมีนักเรียนจำนวน 24 คน ซึ่งเป็นนักเรียนคละความสามารถทุกห้องเรียน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ทุกห้องเรียน ซึ่งนักเรียนที่เข้าศึกษาที่นี่ได้นั้นจะต้องผ่านการทดสอบเข้าศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งใช้ข้อคำถามที่เน้นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ระดับสูง จึงสามารถกล่าวได้ว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี เป็นผู้มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ในระดับสูง (โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี, 2560) การจัดการเรียนรู้ในรายวิชา จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ในภาคการศึกษาที่ผ่านมา โดยเฉพาะในเนื้อหาจลนศาสตร์เคมีที่ศึกษาเกี่ยวกับความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การคำนวณเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากการสัมภาษณ์คุณครูผู้สอนในรายวิชาดังกล่าว พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาจลนศาสตร์เคมีนั้นอยู่ในระดับที่สามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้ มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 63.74 – 76.92 และนักเรียนส่วนใหญ่ มีระดับผลการเรียนอยู่ในช่วง 2 – 3 ตลอดระยะเวลา 4 ปี การศึกษาที่ผ่านมา นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาในระดับหนึ่ง สามารถนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ไปใช้ในการสอบคัดเลือกเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับสูงขึ้น แต่ทว่านักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถคิดแปลง เชื่อมโยงและประยุกต์เข้ากับชีวิตประจำวัน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาดังกล่าวเน้นการบรรยาย เสริมด้วยการทดลองที่ปรากฏในตำราเรียนซึ่งปรับมาจากบทปฏิบัติการในตำราเรียนต่างประเทศและตำราเรียนในระดับอุดมศึกษา มิได้เน้นให้นักเรียนพิสูจน์ ศึกษา ค้นคว้า และทดลองจากสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นในธรรมชาติ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง รวมถึงจำเป็นต้องจัดการเรียนรู้โดยอาศัยการบรรยายเป็นหลัก เนื่องจากเนื้อหาวิชามีปริมาณมาก (หวานใจ โบบทอง, การสื่อสารส่วนบุคคล,

4 กันยายน 2562) พิจารณาร่วมกับประสบการณ์สอนของผู้วิจัย พบว่าเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาจลนศาสตร์เคมี พบว่าเนื้อหาที่ใช้ยังขาดการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ทำให้ผู้เรียนขาดจินตภาพที่เทียบเคียงกับประสบการณ์ของผู้เรียน ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาส่วนดังกล่าวในระดับปานกลางถึงระดับต่ำ ประกอบกับรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติดของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2562 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี ระบุว่าคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์ มีค่าอยู่ที่ 58.24 และในสาระสารและสมบัติของสารซึ่งเกี่ยวข้องกับรายวิชาจลนศาสตร์เคมี และสมดุลเคมี มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 62.56 แม้คะแนนเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ อยู่มาก แต่ยังคงอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเทียบกับเกณฑ์ทั่วไปของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั่วประเทศ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2562)

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี เป็นนักเรียนกลุ่มหนึ่งในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ต้องศึกษารายวิชาจลนศาสตร์เคมี จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาเคมีให้กับนักเรียนกลุ่มดังกล่าวในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนกลุ่มนี้มีความรู้ความสามารถในกลุ่มรายวิชาเคมีในระดับที่สามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้ กล่าวคือ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 70.43 นักเรียนส่วนมากมีผลการเรียนในรายวิชาดังกล่าว อยู่ในช่วง 2 – 3.5 สามารถนำความรู้ที่ได้ในห้องเรียนไปใช้ในการตอบแบบทดสอบได้ ทว่านักเรียนไม่สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ในธรรมชาติได้ (อัญมณี พุทรมงคล และ มลทิรา จินามูล, การสื่อสารส่วนบุคคล, 23 มกราคม 2563) เมื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในรายวิชาดังกล่าว ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน (5E) ที่มีได้เน้นให้นักเรียนสืบเสาะความรู้ด้วยตนเองมากเท่าที่ควร กล่าวคือ แม่ว่านักเรียนจะได้ดำเนินการทดลองควบคู่ไปกับการบรรยาย แต่กิจกรรมการทดลองก็ได้ส่งเสริมให้นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมองข้ามความสำคัญในการสรรหาเลือกใช้วิธีดำเนินการทดลองที่เหมาะสม ประกอบกับสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นมักเป็นปฏิกิริยาที่มีความจำเพาะเจาะจงและพบได้ในห้องปฏิบัติการหรือกระบวนการสังเคราะห์สารเคมีเท่านั้น มิได้เป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถประสบพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมิได้นำทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาใช้ในการศึกษาในห้องเรียน สังเกตได้จากเมื่อครูผู้สอนยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์นอกห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมในห้องเรียนไปใช้อธิบายหรือแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์เหล่านั้นอันเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชา รวมถึงรวบรวมองค์ความรู้เพื่อเชื่อมโยงไปสู่หน่วยการเรียนรู้ถัดไป พบว่า

นักเรียนไม่สามารถระบุปัญหา ที่สำคัญที่สุดหรือปัญหาที่เชื่อมโยงกับเนื้อหานั้น ๆ ได้ต้องอาศัยเวลาหรือการชี้แนะจากครูผู้สอนจึงจะสามารถระบุปัญหาดังกล่าวได้ เมื่อครูผู้สอนให้นักเรียนระบุสมมติฐานและออกแบบวิธีการทดลองเพื่อศึกษาหรือแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ตัวอย่าง นักเรียนยังคงระบุสมมติฐานคลาดเคลื่อน ออกแบบวิธีการทดลองที่ไม่สามารถศึกษาปัญหาและอันตรายจากการเลือกใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่ไม่เหมาะสม และเมื่อนักเรียนได้ดำเนินการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองแล้ว นักเรียนไม่สามารถนำผลการทดลองมาสรุปผลได้อย่างตรงประเด็นการศึกษารวมถึงนักเรียนไม่สามารถนำผลเหล่านี้มาประเมินความเป็นไปได้ของสถานการณ์อื่น ๆ

หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล กล่าวได้ว่านักเรียนมิได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของเนื้อหาวิชา ขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ ขาดการเชื่อมโยงองค์ความรู้ไปสู่ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตนอกห้องเรียน มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับที่สามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้ รวมถึงการต่อยอดเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ให้กว้างขวาง มีทักษะกระบวนการศึกษาอย่างมีความชำนาญและมีเจตคติที่ดีต่อรายวิชาและการเรียนรู้ จึงควรส่งเสริมหรือปฏิบัติให้มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัวนักเรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับความรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงในสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือในโลกแห่งความเป็นจริง ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงและสร้างสรรค์องค์ความรู้ในห้องเรียนผนวกกับประสบการณ์จากชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon-Based Learning หรือ PhenoBL) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นำปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงมาเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบด้วยมุมมองที่หลากหลายในเชิงสหวิทยาการของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้วิธีการ เทคนิค เครื่องมือ และทักษะที่หลากหลาย ผ่านกระบวนการคิดในหลากหลายรูปแบบ เช่น การคิดไตร่ตรอง การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดอย่างสร้างสรรค์ เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาทักษะของนักเรียนจากการศึกษาข้ามพรมแดนระหว่างวิชาภายใต้บริบทที่เชื่อมโยงกัน เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง โดยมุ่งเน้นพัฒนาความสุขในการเรียนรู้ของนักเรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการคิด ได้แสดงออกทางความรู้สึกรับประสบการณ์จากการเรียนรู้ ตลอดจนสร้างสรรค์ผลงานเพื่อพัฒนาทักษะหลักและทักษะอารมณ์สังคม (พงศธร มหาวิจิตร, 2560; อรพรรณ บุตรกตัญญู, 2561) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวนี้ช่วยส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในการประเมิน การออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์การแปลความหมายของข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ อันเป็นจุดแข็งของนักเรียนไทย และพัฒนาความสามารถในการอธิบาย

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติที่นักเรียนสนใจเชิงวิทยาศาสตร์ จึงสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งถือเป็นจุดอ่อนของนักเรียนโดยใช้ความสามารถ ในการออกแบบและทักษะการทดลองที่นับว่าเป็นจุดแข็งของผู้เรียนเพื่อเป็นปัจจัยส่งเสริม การเรียนรู้ในโลกแห่งความเป็นจริงที่มีบริบทและเหตุปัจจัยชัดเจน พร้อมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้สร้างองค์ความรู้และประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติอย่างแท้จริง รวมทั้งยังส่งเสริมลักษณะนิสัยของผู้เรียนให้เกิดความรักในการสืบเสาะหาความรู้จากสิ่งรอบตัว เกิดเป็นนิสัยรักการเรียนรู้ ตลอดชีวิตเพื่อพัฒนาให้เกิดเป็นบุคคลที่ทันยุคทันสมัยอยู่เสมอ (สุบิน ไชยยะ และคณะ, 2558) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานนี้ถูกพัฒนาขึ้นและนำไปใช้จัดการเรียนรู้ ในประเทศฟินแลนด์โดยเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 เป็นต้นมา

นักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่านได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์ เป็นฐานนี้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนเพื่อพัฒนาทักษะและประสบการณ์การเรียนรู้ ของนักเรียน Francis *et al.* (2012) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ในวิชาเกษตรเชิงนิเวศวิทยา (Agroecology) ให้กับนักศึกษาระดับอุดมศึกษา พบว่านักศึกษา สามารถนำความรู้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์การประเมินผลผลิตทางการเกษตร เศรษฐกิจ สภาพแวดล้อม และมิติทางสังคมอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ในการจัดการระบบการเกษตร ในไร่นาและทุ่งปศุสัตว์ที่นักศึกษาคำเนินการศึกษาเชิงปฏิบัติการอย่างใกล้ชิด Wakil *et al.* (2019) ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศให้กับ นักเรียนระดับประถมศึกษาที่ขาดทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการ ด้านทักษะดังกล่าวสูงขึ้นร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนรู้รูปแบบดั้งเดิม และยังช่วยให้ ทักษะดังกล่าวของนักเรียนคงทนอยู่ในระยะเวลาที่ยาวนานอีกด้วย และ พงศธร มหาวิจิตร (2562) นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาบูรณาการร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนา ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และทักษะการคิด อย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ให้กับนักศึกษาระดับอุดมศึกษาในรายวิชาการประถมศึกษา พบว่านักศึกษามีคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 อยู่ในระดับดีมากในทุกทักษะ เห็นได้ว่าการจัด การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานนี้ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ที่หลากหลาย และแตกต่างกันได้ อย่างสัมฤทธิ์ผลภายใต้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์การเรียนรู้มาใช้ในการแก้ไขปัญหาอื่น ๆ ในสถานการณ์ที่แตกต่างจากประสบการณ์เดิม และยังช่วยให้ความรู้และประสบการณ์เหล่านั้น มีความคงทนอีกด้วย

แม้ว่ายังไม่พบการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ทว่าการจัดการเรียนรู้ในลักษณะเช่นนี้สามารถเทียบเคียงได้กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันเป็นจุดตั้งต้นหรือปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้ (คณะกรรมการจัดการความรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2561) กล่าวคือ การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเป็นการศึกษาประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งใช้กระบวนการเดียวกันในบริบทที่แตกต่างกัน ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการดังกล่าวนี้ประกอบด้วย การกำหนดประเด็นปัญหา การศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์ประเด็นปัญหา การวางแผนการศึกษาค้นคว้า การสร้างประเด็นการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา และการสรุปและรายงานผลที่ได้จากการศึกษา (ภัทรวดี มากมี, 2554) การจัดการเรียนรู้ที่ผนวกการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะนี้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังที่ปรากฏในงานวิจัยของน้องนาง ปรี่องาม และ น้อยทิพย์ ลิมเจริญยิ่ง (2554) ที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อลดคา จิตจักร และคณะ (2558) ได้นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีขนาดอิทธิพลอยู่ระดับสูงขึ้นไป และ พงมาพร คณะรัมย์ (2559) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างเห็นได้ชัด ดังกล่าวมานี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างสัมฤทธิ์ผล จึงอนุมานได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่มีรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้คล้ายคลึงกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานผนวกกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและการใช้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันอาจสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

จากการศึกษาแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานนั้น พบว่าการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าวสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ ผู้วิจัยจึงสนใจนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเป็นสำคัญ

คำถามการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่าน ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ เป็นต้นว่า อนุเบศ ทับนิยม และ สุมาลี ชุกำแพง (2563) สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และ วาสนา กิรติจำเริญ และ อิศรา พลนงศ์ (2563) สามารถพัฒนาทักษะการสื่อสารและการนำเสนอของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในวิชาการออกแบบและการจัดการเรียนรู้ได้ และเมื่อพิจารณาถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานแล้วนั้น พบว่ามีความคล้ายคลึงกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่นำปัญหาจากปรากฏการณ์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบดังกล่าวสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้จริง เช่น ฉัตรชญา ดิงสะ และคณะ (2561) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานผสมผสานกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะอย่างได้ผล และพจนมาพร คณะรัมย์ (2559) ได้นำชุดกิจกรรม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มาใช้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อย่างได้ผล เช่นเดียวกัน ดังกล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานและการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันนี้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ ผู้วิจัยจึงได้สร้างคำถามของการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ส่งผลต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน
2. เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

ความสำคัญและประโยชน์ที่ได้รับ

1. นักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในระดับที่สูงขึ้น
2. งานวิจัยนี้เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์และรายวิชาอื่น ๆ ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เพื่อใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี โดยเน้นพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน ซึ่งแต่ละห้องมีการจัดนักเรียนแบบความสามารถ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์
2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
 - 2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน
 - 2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ตามหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2560 ประกอบด้วยเนื้อหา 3 สาระการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้
 - 3.1 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.2 แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
4. ระยะเวลาในการวิจัย ผู้วิจัยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการวิจัย 19 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที แบ่งเป็นการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบเรียน การจัดการเรียนรู้ 15 คาบเรียน (สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน) และการทดสอบหลังเรียน 2 คาบเรียน โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริงมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้ โดยเน้นการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานของ Silander (2015) ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจและค้นหาคำตอบโดยใช้องค์ความรู้และประสบการณ์เดิมจากสรรพศาสตร์ด้วยกระบวนการ วิธีการ เครื่องมือ และเทคนิคต่าง ๆ ที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย พัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องในการสำรวจและค้นหาคำตอบ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ใหม่และการแก้ไขปัญหาใหม่ในชีวิตของนักเรียน มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 การเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ครูเป็นผู้เลือกปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ในการศึกษา โดยปรากฏการณ์ที่เลือกมานั้นต้องเป็นปรากฏการณ์ที่นักเรียนให้ความสนใจอยู่ในขณะนั้นและเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสำรวจ ศึกษา ค้นคว้า หรือทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาของนักเรียนได้

1.2 การกำหนดปัญหาและสมมติฐาน ครูให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาที่นักเรียนสนใจศึกษาจากปรากฏการณ์นั้น แล้วนักเรียนจึงตั้งสมมติฐานจากปัญหาดังกล่าว

1.3 การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง ครูให้นักเรียนออกแบบการทดลองในหลากหลายรูปแบบตามความสามารถของนักเรียนเพื่อนำไปใช้ในการสำรวจและสืบค้นคำตอบของปัญหาของนักเรียนที่กำหนดไว้แล้ว โดยมีเงื่อนไขอยู่บนอุปกรณ์และสารเคมีที่มีจำกัดอยู่ในโรงเรียน จากนั้นนักเรียนเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพียงวิธีการเดียว โดยจะต้องพิจารณาถึงปัจจัย ข้อจำกัด และความเป็นไปได้ที่สามารถนำวิธีการนั้น ๆ ไปใช้ในการค้นหาคำตอบได้ดีที่สุด

1.4 การดำเนินการทดลอง ครูให้นักเรียนทดลองตามวิธีการทดลองที่ได้ระบุไว้ โดยทดลองและค้นหาคำตอบในสถานที่เกิดปรากฏการณ์จริง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและชี้แนะการดำเนินการทดลองให้เหมาะสมและใกล้ชิด

1.5 การนำเสนอและสรุปผลการทดลอง ครูให้นักเรียนนำปรากฏการณ์ที่ครูกำหนดให้ ปัญหาที่นักเรียนต้องการศึกษาพร้อมเหตุผลที่นักเรียนเลือกศึกษาปัญหาดังกล่าว วิธีการทดลองที่นักเรียนวางแผนและออกแบบไว้ทั้งหมด วิธีการที่นักเรียนเลือกศึกษาและเหตุผลที่สนับสนุนวิธีการดังกล่าว ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง และประเด็นที่นักเรียนสนใจเพิ่มเติม เพื่อให้ครูประเมินกระบวนการศึกษาและผลที่ได้จากการศึกษาของนักเรียนตามสภาพจริง

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถทางการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้ จลนศาสตร์เคมี รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ซึ่งพิจารณาได้จากความแตกต่างระหว่าง คะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนเรียน และหลังเรียน ในรายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหาและจุดประสงค์ การเรียนรู้สาระการเรียนรู้รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี เป็นแบบทดสอบ ปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ แบ่งองค์ประกอบของพฤติกรรมการเรียนรู้ เชิงพุทธิพิสัยตามแนวคิดของ Bloom (1965) โดยแบ่งเป็นพฤติกรรมทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า

3. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรอง ข้อมูลอย่างรอบคอบ โดยใช้หลักฐานหรือข้อมูลที่เชื่อถือได้มาสนับสนุนกระบวนการคิดนำไปสู่ การลงข้อสรุปและการตัดสินใจที่เหมาะสม มีเหตุผล แบ่งด้วยตัวบ่งชี้ทักษะการคิดอย่างมี วิจารณญาณ 4 ด้าน ดังนี้

3.1 การกำหนดปัญหา หมายถึง การพิจารณาสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือข้อมูล ที่กำหนดให้ แล้วระบุประเด็นปัญหาที่จะต้องตัดสินใจหรือให้ข้อสรุป

3.2 การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคาดคะเนคำตอบของปัญหาที่จะต้องตัดสินใจ หรือให้ข้อสรุป โดยพิจารณาอย่างไตร่ตรองและรอบคอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ เพื่อหาแนวทาง ที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดในการลงข้อสรุปหรือตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษา

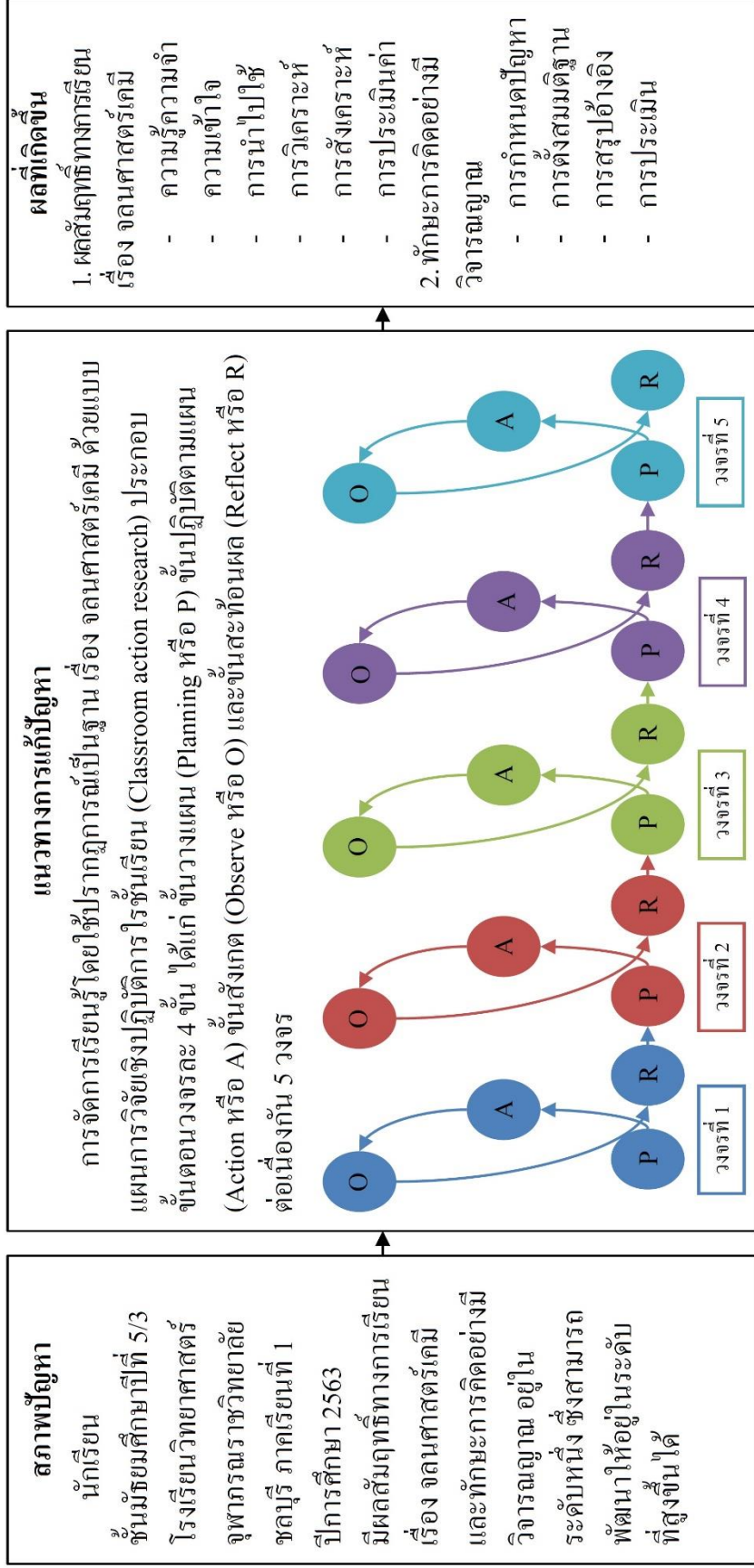
3.3 การสรุปอ้างอิง หมายถึง การค้นหาหรือเชื่อมโยงหลักฐานหรือข้อมูลที่เชื่อถือ ได้มาสนับสนุนการตรวจสอบสมมติฐาน เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปหรือตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็น ที่ศึกษาอย่างมีเหตุผล

3.4 การประเมิน หมายถึง การนำการสรุปอ้างอิงไปประยุกต์ใช้สถานการณ์อื่น ๆ แล้ว ประเมินการสรุปอ้างอิงนั้น ๆ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ และสามารถเปลี่ยนแปลงการสรุปอ้างอิง ได้หากมีข้อมูลเพิ่มเติม

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็น แบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 5 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมจำนวน ข้อคำถาม 20 ข้อ นำมาใช้วัดทักษะดังกล่าวก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็น ฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ลักษณะของข้อคำถามจะเป็นการพิจารณาสถานการณ์ โดย 1 สถานการณ์ จะใช้ในการตอบแบบทดสอบจำนวน 4 ข้อ จำแนกตามวิธีการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิด อย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังนี้

1. หลักสูตรกลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2560
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
5. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรกลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2560

กลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย เป็นกลุ่มของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จัดตั้งขึ้นเพื่อสนองพระราชปณิธานของสมเด็จพระเจ้าน้องนางเธอ เจ้าฟ้าจุฬาภรณวลัยลักษณ์ อัครราชกุมารี กรมพระศรีสวางควัฒน วรขัตติยราชนารี ที่ทรงมุ่งมั่นส่งเสริมคุณภาพชีวิต ในด้านความเป็นอยู่และการศึกษาของเยาวชน ปัจจุบันเป็นโรงเรียนที่อยู่ในแผนและยุทธศาสตร์ สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ โดยจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในระดับชั้นมัธยมศึกษา (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) เน้นการจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมให้เด็กมีทักษะการคิดในหลากหลายรูปแบบและมีความกล้าหาญในการลงมือปฏิบัติการ ทางวิทยาศาสตร์ โดยโรงเรียนสนับสนุนทั้งด้านอุปกรณ์การเรียนการสอน และอุปกรณ์ ในห้องทดลองที่มีอย่างหลากหลายและเพียงพอต่อความต้องการของนักเรียน ประกอบด้วย โรงเรียนทั้งหมด 12 แห่ง ดังต่อไปนี้

- 1) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย นครศรีธรรมราช
- 2) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย เชียงราย
- 3) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ตรัง
- 4) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย บุรีรัมย์
- 5) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย มุกดาหาร

- 6) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย สตูล
- 7) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี
- 8) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย เลย
- 9) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย พิษณุโลก
- 10) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ลพบุรี
- 11) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ปทุมธานี
- 12) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี เป็นหนึ่งในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ดำเนินการจัดการเรียนรู้ภายใต้หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2560 มีภารกิจในการศึกษาค้นคว้าและดำเนินการจัดการศึกษาให้กับผู้มีความสามารถพิเศษ ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในลักษณะของโรงเรียนประจำ (นักเรียนพักอยู่ภายในบริเวณโรงเรียน) เพื่อกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ และเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อยโอกาสและขาดแคลนทุนทรัพย์ ทั้งนี้เพื่อพัฒนานักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษ ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เหล่านั้นไปสู่ความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้นด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่มีความที่มีความสามารถระดับสูงเยี่ยม เทียบเคียงกับนักวิจัยชั้นนำของนานาชาติ มีจิตวิญญาณมุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ สามารถสร้างองค์ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีให้กับประเทศชาติ และสังคมไทยในอนาคต ช่วยพัฒนาประเทศชาติให้สามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่ม มากขึ้น สร้างสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขันได้ และสังคมที่ยั่งยืน พอเพียง มีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน

การศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นสิทธิที่เด็กและเยาวชนทุกคนต้องได้รับอย่างต่อเนื่องให้สอดคล้องกับความสามารถ ความถนัดและความสนใจที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล รัฐและสังคมพึงจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษเพื่อให้ทุกคนได้รับการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพในทุกด้าน โดยไม่ลดทอนและสกัดกั้นความสามารถพิเศษด้านใดด้านหนึ่ง ทั้งนี้โดยมีครอบครัวและสังคมให้การดูแลส่งเสริมให้เป็นคนที่สมบูรณ์ทั้งด้านสติปัญญา ร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และสังคม เป็นคนดี มีคุณภาพควบคู่ไปกับการพัฒนาความสามารถพิเศษที่มีอยู่ ตลอดจนสนับสนุนส่งเสริมให้นำความสามารถพิเศษนั้น ๆ ไปพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ ๆ ให้กับสังคม และประเทศชาติ

แม้ว่าอุดมการณ์ดังกล่าวจะได้เคยปรากฏในเอกสารแนวทางหรือข้อเสนอแนะในการจัดการศึกษาในหลายวาระด้วยกันแต่ในทางปฏิบัติการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษยังไม่ได้ได้รับการจัดอย่างกว้างขวางและครอบคลุม ปัจจุบันเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษส่วนใหญ่ยังได้รับการศึกษาในลักษณะเดียวกันกับเด็กและเยาวชนปกติทั่วไป ซึ่งนอกจากจะไม่สามารถส่งเสริมให้พัฒนาได้อย่างเต็มศักยภาพแล้ว บางกรณี พฤติกรรมของเด็กและเยาวชนเหล่านี้ที่มีความแตกต่างจากเด็กปกติยังไม่เป็นที่ยอมรับของครูและโรงเรียน บางครั้งมีความรุนแรงถึงขั้นถูกปฏิเสธที่จะให้ศึกษาอยู่ในโรงเรียนต่อไป

จนกระทั่งเมื่อมีการประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในหลักสูตรดังกล่าวได้มีการกำหนดแนวทางในการจัดการศึกษาสำหรับกลุ่มเป้าหมายไว้ โดยเฉพาะ มีความว่า “การจัดการศึกษาบางประเภทสำหรับกลุ่มเป้าหมายเฉพาะ เช่น การศึกษาเฉพาะทาง การศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษ การศึกษาทางเลือก การศึกษาสำหรับผู้ด้อยโอกาส การศึกษาตามอัธยาศัย สามารถนำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานไปปรับใช้ได้ตามความเหมาะสมกับสภาพและบริบทของแต่ละกลุ่มเป้าหมาย”

กรณีของการจัดการศึกษาให้แก่ผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มีเหตุผลที่สำคัญมากอีกประการ คือเป็นการพัฒนากำลังคนที่จะทำหน้าที่เป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้นด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีศักยภาพสูงระดับนานาชาติซึ่งประเทศไทยยังขาดแคลนอยู่มาก ทำให้มีผลงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นใช้เองน้อยมาก เมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ ผลที่ตามมาคือการเสียค่าใช้จ่ายมหาศาลในการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในประเทศ เพื่อให้ประเทศชาติสามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มแทนการเป็นสังคมผู้บริโภค เป็นสังคมที่ใช้ปัญญาในการพัฒนาประเทศมากขึ้นแทนการใช้ขาดเหงื่อแรงกาย เช่นในปัจจุบัน จึงมีความจำเป็นอย่างสูงสุดและรีบด่วนที่สุดที่ประเทศชาติต้องสร้างนักวิจัย และนักประดิษฐ์คิดค้นที่มีความสามารถสูงในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งจะต้องสร้างมาตั้งแต่เยาว์วัย

การจัดการศึกษาให้แก่ผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ จึงไม่ใช่เป็นเพียงการดำเนินการเพื่อให้บุคคลได้รับโอกาสตามสิทธิเท่านั้น แต่ยังเป็นการตอบสนองความต้องการของประเทศชาติ เป็นการสร้างขุมกำลังทางวิชาการในด้านนี้อย่างเป็นรูปธรรม เยาวชนที่มีศักยภาพพิเศษเหล่านี้เมื่อได้รับการบ่มเพาะจนเกิดการพัฒนาถึงระดับสูงสุดแล้ว ภายภาคหน้าก็จะสามารถค้นคิดสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่สังคม และประเทศชาติได้อย่างมหาศาล เป็นการสร้างสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขันได้ และสังคมที่ยั่งยืนพอเพียงมีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน

1. วิสัยทัศน์ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค

โรงเรียนวิทยาศาสตร์ที่จัดการศึกษาให้กับผู้มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาให้คุณภาพระดับเดียวกับโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ

2. พันธกิจของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค

ศึกษาค้นคว้า วิจัยพัฒนา และร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อดำเนินการบริหารและจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาทั้งตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มุ่งเน้นความเป็นเลิศ ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ในลักษณะของโรงเรียนประจำ สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศและเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อยโอกาส และขาดแคลนทุนทรัพย์

ทั้งนี้ เพื่อพัฒนานักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เหล่านั้นไปสู่ ความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่มีความสามารถระดับสูงเทียบเคียงนักวิจัยชั้นนำของนานาชาติ มีจิตวิญญาณ มุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ สามารถสร้างองค์ความรู้ ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้กับประเทศชาติและสังคมไทยในอนาคต ช่วยพัฒนาประเทศชาติให้สามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิต ที่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น สร้างสังคมแห่งภูมิปัญญา และการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขันได้ และสังคมที่ยั่งยืนพอเพียง มีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน

3. อุดมการณ์และเป้าหมายในการพัฒนานักเรียน

โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคมีอุดมการณ์ และเป้าหมายในการพัฒนานักเรียน โดยมุ่งส่งเสริมและพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- 1) เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยในตนเอง ปฏิบัติตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ มีคุณธรรม จริยธรรม มีบุคลิกภาพที่ดีและมีความเป็นผู้นำ
- 2) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ อย่างลึกซึ้ง ในระดับเดียวกันกับนักเรียน โรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ
- 3) มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีจิตวิญญาณของความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น และนักพัฒนาด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ในระดับเดียวกันกับนักเรียน โรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ

- 4) รักการเรียนรู้ รักการอ่าน รักการเขียน รักการค้นคว้าอย่างเป็นระบบ มีความรอบรู้รอบรู้รอบ และสามารถบูรณาการความรู้ได้
- 5) มีความรู้และทักษะการใช้ภาษาต่างประเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับเดียวกันกับนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำนานาชาติ
- 6) มีจิตสำนึกในเกียรติภูมิของความเป็นไทย มีความเข้าใจและภูมิใจในประวัติศาสตร์ของชาติ มีความรักและความภาคภูมิใจในชาติบ้านเมืองและท้องถิ่น เป็นพลเมืองดี ชีวีมันในการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข
- 7) มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ภาษาไทย ศิลปวัฒนธรรมไทย ประเพณีไทย และภูมิปัญญาไทย ตลอดจนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ
- 8) มีจิตมุ่งที่จะทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามให้กับสังคม มีความรับผิดชอบ ต่อสังคม ต้องการตอบแทนบ้านเมืองตามความสามารถของตนอย่างต่อเนื่อง
- 9) มีสุขภาพอนามัยที่ดี รักการออกกำลังกาย รู้จักดูแลตนเองให้เข้มแข็งทั้งกายและใจ ทั้งนี้ เพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์คิดค้น ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่มีความสามารถระดับสูงเชื่อมโยงเกี่ยวกับนักวิจัยชั้นนำของนานาชาติ และมีจิตวิญญาณ มุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ สามารถสร้างองค์ความรู้ด้าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้กับประเทศชาติ และสังคมไทยในอนาคต ช่วยพัฒนาประเทศชาติให้สามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น สร้างสังคมแห่ง ภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขัน ได้ และสังคมที่ยั่งยืนพอเพียง มีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรฉบับนี้ มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะหรือความสามารถด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) ความสามารถในการสื่อสาร มีความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษา สามารถถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ มีความสามารถในการเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่จะมีต่อตนเองและสังคม

2) ความสามารถในการคิด มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการแก้ปัญหาและเผชิญปัญหา ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล หลักคุณธรรมบนข้อมูลสารสนเทศต่างๆ เข้าใจ ความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคม สามารถแสวงหาความรู้และประยุกต์ ความรู้เพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา มีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบ ที่เกิดขึ้นต่อตนเองสังคมและสิ่งแวดล้อม

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต มีความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้ อย่างต่อเนื่อง มีทักษะในการดำรงชีวิตทักษะการทำงาน และทักษะในการอยู่ร่วมกันในสังคม ทักษะการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล สามารถจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่างๆ ได้ อย่างเหมาะสม สามารถปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อมและรู้จัก หลีกเลี่ยงการแสดงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่จะส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี มีความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้าน ต่างๆ อย่างเหมาะสม ทั้งเพื่อการเรียนรู้ การสื่อสารการทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

6) ความสามารถในการทำงานเป็นทีม มีความสามารถในการเป็นทั้งผู้นำและผู้ตามที่ดี รู้จักบทบาทและหน้าที่ของตนเอง สามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ใหม่ๆ และสิ่งแวดล้อมใหม่ๆ ได้ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ รู้จักสังเกตคนรอบข้างและเพื่อนร่วมงาน รู้จักใช้จุดดีและจุดแข็ง ของแต่ละคนให้เป็นประโยชน์ สามารถบริหารความขัดแย้งได้ มีจิตวิทยาในการทำงานร่วมกับคนอื่น

7) ความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษ สามารถใช้ภาษาอังกฤษในการค้นคว้าหาความรู้ การเรียน การประชุมสัมมนา การเจรจาต่อรองและการทำงานร่วมกับชาวต่างชาติได้อย่างคล่องแคล่ว มีประสิทธิภาพสมวัยทั้งด้านการพูดการอ่าน และการเขียน

8) ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหาหรือสร้างองค์ความรู้ หรือประดิษฐ์คิดค้นสิ่งต่างๆ ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีได้อย่างชำนาญและสร้างสรรค์

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคได้กำหนดเป้าหมายในการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนของโรงเรียนไว้ดังนี้

- 1) มีความรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- 2) มีความภูมิใจในความเป็นไทยและศิลปวัฒนธรรมไทย
- 3) มีจิตสาธารณะและมีอุดมการณ์มุ่งมั่นในการพัฒนาประเทศ
- 4) มีวินัยและมีความซื่อสัตย์สุจริต
- 5) มุ่งมั่นในการทำงานและดำรงชีวิตอยู่อย่างพอเพียง
- 6) ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง
- 7) เห็นคุณค่าของการเรียนรู้จากการปฏิบัติทดลองจริง
- 8) เห็นคุณค่าและความสำคัญของการวิจัยและการประดิษฐ์คิดค้น
- 9) มีจิตใจเปิดกว้าง เชื่อในเหตุผล เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนเองได้

ตามข้อมูลและหลักฐานใหม่ที่ได้รับ

- 10) รักและเห็นคุณค่าของการออกกำลังกาย

6. จุดเน้นของหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค

หลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2560 มีจุดเน้นดังนี้

- 1) เน้นการพัฒนานักเรียนรอบด้านทั้งพุทธิศึกษา จริยศึกษา พลศึกษา และหัตถศึกษา
- 2) สาระการเรียนรู้ในรายวิชาพื้นฐาน เน้นการจัดให้สอดคล้องกับความสามารถ

ของนักเรียนเป็นรายบุคคล และให้ครอบคลุมหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ

3) รายวิชาเพิ่มเติม เน้นการจัดให้มีความหลากหลายสอดคล้องกับศักยภาพ ความถนัด และความสนใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเลือกเรียนรายวิชาเพิ่มเติมจากสถาบันอุดมศึกษา ศูนย์วิจัย และสถานประกอบการภายนอกโรงเรียนทั้งในและต่างประเทศได้ตามศักยภาพ ความถนัด และความสนใจ เปิดโอกาสให้สามารถเทียบโอนความรู้ได้

4) เน้นการพัฒนาทักษะการใช้ภาษาอังกฤษ และทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้มีศักยภาพระดับเดียวกันกับนักเรียน โรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ

5) เน้นการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนที่หลากหลายทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามอุดมการณ์และเป้าหมายในการพัฒนานักเรียน

- 6) เน้นการส่งเสริมการประดิษฐ์คิดค้น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการทำโครงการ

7. โครงสร้างหลักสูตร

หลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2560 ได้จัดโครงสร้างให้มีลักษณะที่ยืดหยุ่น มีลักษณะเป็นหลักสูตรรายบุคคล (Customized curriculum) จัดรายวิชาและกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนได้เลือกตามศักยภาพ ความถนัดและความสนใจ การจัดรายวิชาและกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนผู้มีความรู้สูงด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้เลือกเรียน มีวัตถุประสงค์สำคัญดังนี้

- 1) เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสสำรวจความถนัดและความสนใจของตนเอง
- 2) เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาตนเองอย่างเต็มศักยภาพในด้านที่ตนเองรัก ถนัดและสนใจ
- 3) เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความหลากหลาย เห็นคุณค่าและเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่มีต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ
- 4) เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความหลากหลาย เห็นคุณค่า และเห็นความสำคัญของการวิจัยทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ปัจจุบันประเทศไทยยังมีผู้ประกอบการทางด้านนี้น้อยมาก จนทำให้ประเทศไทยต้องพึ่งพาองค์ความรู้และเทคโนโลยีจากต่างชาติเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของประเทศไทยมีมูลค่าต่ำ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ประเทศไทยต้องนำเข้ามาใช้จากต่างชาติ ผลที่ตามมาคือประเทศชาติยากจน คนไทยจำนวนมากยังมีคุณภาพชีวิตที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

โครงสร้างของหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2560 ประกอบด้วย สาระการเรียนรู้พื้นฐาน สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมกลุ่ม 1 และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมกลุ่ม 2 และ กิจกรรมพัฒนา ผู้เรียนซึ่งมีสาระและเป้าหมายทำนองเดียวกับ หลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แต่จัดให้ยืดหยุ่นมีลักษณะเป็นหลักสูตรรายบุคคลมากขึ้น

8. รายวิชาเจตนาศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี

รายวิชาเจตนาศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี รหัสวิชา ว30222 จำนวน 1.5 หน่วยกิต จำนวน 3 คาบ/สัปดาห์/ภาคเรียน เป็นรายวิชาเคมีหนึ่งในรายวิชาในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่ม 1 ถือเป็นรายวิชาบังคับที่ถูกต้องแบบและจัดให้สอดคล้องกับการเป็น โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ซึ่งนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทุกคนต้องผ่านการเรียนในรายวิชานี้

รายวิชานี้ศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎอัตรา กฎอัตราอินทิเกรต แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี กลไกของปฏิกิริยา และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุล การคำนวณ

ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่ผลต่อภาวะสมดุล หลักเลอชาเตอลิเอ และสมดุลเคมีในชีวิตประจำวัน และในสิ่งมีชีวิต สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทฤษฎีกรด-เบส คู่กรด-เบส ปัจจัยที่มีผลต่อความแรงของกรด-เบสคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลของกรด ค่าคงที่สมดุลของเบส ค่าคงที่สมดุลของน้ำ และ pH ของสารละลาย ปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส ปฏิกริยาไฮโดรไลซิส อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส ศึกษาการไทเทรต และสารละลายบัฟเฟอร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติและเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ สามารถนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา นำความรู้และหลักการเกี่ยวกับเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลเคมีและกรด-เบส ไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาเคมีขั้นสูงต่อไป มีผลการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

- 1) คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบเฉลี่ย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบช่วงเวลา อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ณ จุดใดจุดหนึ่งได้
- 2) อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีการชน (Collision theory) และทฤษฎีสถานะทรานซิชัน (Transition state theory) ได้
- 3) เสนอสมการแสดงกลไกปฏิกิริยาพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้
- 4) เขียนกฎอัตรา คำนวณค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาจากกฎอัตรา วิเคราะห์อันดับปฏิกิริยาโดยใช้กฎอัตราอินทิเกรตได้
- 5) ยกตัวอย่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแสดงตัวอย่างการนำความรู้เรื่องนี้ไปประยุกต์ใช้ได้
- 6) เขียนความสัมพันธ์ และคำนวณหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาของแก๊ส ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยารีดอกซ์ และค่าคงที่สมดุลของการละลายของเกลือที่ละลายได้น้อยได้
- 7) ใช้หลักของเลอชาเตอลิเอในการอธิบายผลที่เกิดขึ้นกับระบบเมื่อมีการรบกวนการแปลงภาวะสมดุลของระบบ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้
- 8) วิเคราะห์ชนิดของกรดเบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-เลาว์รี และลิวอิส พร้อมทั้งระบุคู่กรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรดเบสของเบรินสเตด-เลาว์รีได้
- 9) คำนวณค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ (K_w) ของกรดอ่อน (K_a) ของเบสอ่อน (K_b) และค่าคงที่ไฮโดรไลซิส (K_h) ได้
- 10) คำนวณ pH ของสารละลาย และยกตัวอย่างสารละลายกรดสารละลายเบสในชีวิตประจำวันได้
- 11) วิเคราะห์หาปริมาณสารด้วยวิธีการไทเทรตได้

12) อธิบายหลักการทำงานของบัพเฟอร์ บัพเฟอร์ในชีวิตประจำวัน และสามารถเตรียมสารละลายบัพเฟอร์ได้

(โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี, 2560)

9. บทสรุป

ในงานวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ซึ่งเป็นบทหนึ่งในรายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี (ว30222) ตามหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2560 ศึกษาเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎอัตรา กฎอัตราอินทิเกรต แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี กลไกของปฏิกิริยา และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ประกอบด้วยผลการเรียนรู้ ดังนี้

- 1) คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบเฉลี่ย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบบช่วงเวลา อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ณ จุดใดจุดหนึ่งได้
- 2) อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีการชนและทฤษฎีสถานะทรานซิชันได้
- 3) เสนอสมการแสดงกลไกปฏิกิริยาพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้
- 4) เขียนกฎอัตรา คำนวณค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาจากกฎอัตรา วิเคราะห์อันดับปฏิกิริยาโดยใช้กฎอัตราอินทิเกรตได้
- 5) ยกตัวอย่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแสดงตัวอย่างการนำความรู้เรื่องนี้ไปประยุกต์ใช้ได้ (Symeonidis, 2016)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

1. ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เป็นนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาโดยกระทรวงศึกษาธิการของประเทศฟินแลนด์ โดยได้มีการปฏิรูปการศึกษา และกำหนดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานฉบับใหม่ที่เริ่มใช้ในปีพุทธศักราช 2559 (ค.ศ. 2016) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการและการเรียนรู้แบบโครงการ ซึ่งใช้เวลาพัฒนาน่ากว่าสามทศวรรษจากความพยายามในการเชื่อมโยงการเรียนรู้และการสอนเข้าด้วยกันภายใต้แนวคิดการสร้างองค์ความรู้ในตนเอง โดยมุ่งเน้นความสุขในการเรียนรู้ของผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิด ได้แสดงออกทางอารมณ์ความรู้สึก ได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ ตลอดจนการสร้างสรรค้ชิ้นงานเพื่อพัฒนา

ทักษะหลักการ (Core skills) และทักษะอารมณ์สังคม (Soft skills) ในการเรียนรู้และทำงานร่วมกัน กับผู้อื่น โดยผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทหลักในการเรียนรู้ผ่านการลงมือกระทำเพื่อสร้างแรงบันดาลใจ ในการเรียนรู้และเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (Symeonidis & Schwartz, 2016)

ความน่าสนใจระบบการศึกษาของประเทศฟินแลนด์ในฐานะประเทศที่เป็นผู้นำทางการศึกษา ได้เริ่มต้นขึ้นจากการเป็นประเทศที่มีผลคะแนนสูงสุดในการสอบระดับนานาชาติ ของ The OECD's Programme for International Student Assessment (PISA) ที่ประเมินสมรรถนะ ของนักเรียนอายุ 15 ปี ในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ โดย Sahlberg (2011) ระบุ เหตุผลที่เป็นเบื้องหลังความสำเร็จในหนังสือ “บทเรียนฟินแลนด์” ได้แก่ (1) ประเทศฟินแลนด์ มีการจัดการศึกษาภาคบังคับ 9 ปี เด็กทุกคนในประเทศได้รับโอกาสทางการศึกษาอย่างเท่าเทียมกัน (2) อาชีพครูเป็นอาชีพที่ใฝ่ฝันของเยาวชนชาวฟินแลนด์ (3) ประเทศฟินแลนด์มีนโยบายที่เข้มแข็ง ด้านความรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดการศึกษา (4) ประชาชนไว้วางใจโรงเรียน และ (5) ระบบ การศึกษาฟินแลนด์มีความเป็นผู้นำที่ยั่งยืนและความมั่นคงทางการเมือง

นอกจากนี้ ประเทศฟินแลนด์ยังเป็นประเทศที่เน้นการวิจัยในการพัฒนา การศึกษา เป็นหลักเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต (ภาวิณี โสธายะเพ็ชร, 2558) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าประเทศฟินแลนด์จะได้รับการยกย่องและกล่าวถึงในฐานะที่เป็นผู้นำทางการศึกษา ประเทศฟินแลนด์ยังคงพัฒนาแนวคิดในการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างต่อเนื่องเพื่อเตรียมพร้อม เด็กและเยาวชน ให้พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงกับการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต ด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในหลักสูตรแกนกลางของประเทศ

2. ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

Silander (2015) ให้ความหมายว่า การนำปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง แบบองค์รวมมาเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ โดยปรากฏการณ์ที่นำมาศึกษาจะต้องสมบูรณ์ ในบริบทที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งข้อมูลและทักษะที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนจะได้รับจากการศึกษา โดยข้ามพรมแดนระหว่างวิชาต่าง ๆ ภายใต้อุปสรรคที่เชื่อมโยงกัน

Symeonidis & Schwarz (2016) กล่าวว่า แนวคิดการใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ที่นำมาใช้ในการสอนและการเรียนรู้ เป็นการทำให้ขอบเขตของการสอนแบบรายวิชาหายไป และนำไปสู่การสำรวจในเชิงสหวิทยาการของปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งการข้ามศาสตร์ สามารถช่วยให้เห็นความเกี่ยวข้องและความเข้าใจของธรรมชาติของปรากฏการณ์จากมุมมอง ที่หลากหลายเป็นไปไม่ได้ที่จะเข้าใจปรากฏการณ์โดยตรงได้อย่างครบถ้วนในทันที โดยการเข้าใจ ปรากฏการณ์นั้นใช้ความรู้ที่สัมผัสเป็นความซับซ้อนของกระบวนการเรียนรู้

พงศธร มหาวิจิตร (2560) กล่าวว่า เป็นการเรียนรู้ในกลุ่มพหุวิทยาแบบ Topical learning (Topic-based learning) และ Thematic learning (Theme-based learning) ที่เน้นให้ผู้เรียนศึกษาหัวข้อหรือหัวเรื่องแบบองค์รวมมากกว่าแบ่งแยกเป็นรายวิชาเพื่อให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง และสร้างทักษะการเรียนรู้แก่ผู้เรียน

สรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน หมายถึง การนำปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงมาเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ นำไปสู่การสำรวจด้วยมุมมองที่หลากหลายในเชิงสหวิทยาการของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้เทคนิควิธีการและเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อสร้างความรู้และพัฒนาทักษะของผู้เรียนจากการศึกษาข้ามพรมแดนระหว่างวิชาภายใต้บริบทที่เชื่อมโยงกันเพื่อให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง

3. ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ประกอบด้วย มิติที่เกี่ยวข้องกัน 5 มิติ (Silander & Mattila, 2015) ที่แสดงลักษณะสำคัญการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดนี้ ประกอบด้วย

3.1 ความเป็นองค์รวม (Holisticity) การเรียนรู้แบบสหวิทยาการ (Multidisciplinarily) ของการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน โดยไม่แบ่งเป็นรายวิชาเหมือนการจัดการศึกษาโดยทั่วไป ให้ความสำคัญกับการสำรวจผ่านปรากฏการณ์ที่เป็นระบบด้วยความเข้าใจในสถานการณ์ปัจจุบัน และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง

3.2 สภาพจริง (Authenticity) การใช้วิธีการ เครื่องมือ และวัสดุที่จำเป็นในสถานการณ์ของโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ของผู้เรียน และสำคัญกับชุมชน ทฤษฎีและข้อมูลมีคุณค่าโดยทันทีเมื่อได้ใช้ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิและนักวิชาชีพจากหลากหลายสาขาวิชาเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนแห่งการเรียนรู้ และผู้เรียนได้รับการส่งเสริมให้เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมและการปฏิบัติด้วยความเชี่ยวชาญ อย่างแท้จริง สภาพแวดล้อมที่แท้จริงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงว่าเป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่แท้จริงมากกว่าในชั้นเรียนปกติ

3.3 บริบท (Contextuality) การเรียนรู้ปรากฏการณ์จากสิ่งที่เป็นระบบ ซึ่งมีความหมายในบริบทและฉากอย่างเป็นธรรมชาติ โดยปรากฏการณ์ไม่สามารถกำหนดไว้ล่วงหน้าได้ แต่ค่อนข้างไม่ชัดเจนและคลุมเครือเมื่อผู้เรียนได้สังเกตในบริบทที่กว้างขึ้นกว่าบริบทของตนเอง

3.4 การเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based inquiry learning) ในการเรียนรู้นั้น ผู้เรียนตั้งคำถามของแต่ละคนด้วยตนเองและร่วมกันสร้างความรู้ในระหว่างกระบวนการเรียนรู้

3.5 กระบวนการเรียนรู้ (Learning process) เป็นกระบวนการที่มุ่งมั่นในการพัฒนาสมมติฐานและทฤษฎีที่ใช้ในการเรียนรู้ ภาระงานการเรียนรู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ และให้แนวทางแก่ผู้เรียนให้กลายเป็นผู้ที่ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ สำหรับขั้นการเรียนรู้ที่ก้าวหน้ามากขึ้น ผู้เรียนสามารถวางแผนกระบวนการเรียนรู้โดยการสร้างภาระงานการเรียนรู้ของตนเองและใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการให้ความช่วยเหลือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้เรียนที่จะช่วยให้ก้าวไปไกลกว่าสิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่ในปัจจุบันและอะไรที่ได้อีกแล้ว (พงศธร มหาวิทยาลัย, 2560)

มิติทั้ง 5 ที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นลักษณะสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม นำไปสู่การออกแบบกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นธรรมชาติให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เพื่อสร้างมุมมองแบบองค์รวมและการเข้าถึงโลกแห่งความจริง

4. ทฤษฎีรากฐานของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

แนวคิดที่เป็นจุดเริ่มต้นของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

คือการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ ที่มีหลักการว่าผู้เรียนคือผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและข้อมูลความรู้คือผลผลิตที่ได้จากการแก้ปัญหา (Problem solving) เมื่อการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานถูกนำมาใช้ในบริบทของความร่วมมือโดยผ่านการทำงานร่วมกันเป็นทีมก็จะช่วยเสริมแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Socio-cultural learning theories) ที่เห็นว่าข้อมูลความรู้มิใช่เป็นเพียงสินทรัพย์ของตัวบุคคล แต่เป็นสิ่งที่ช่วยสร้างให้เกิดบริบทแห่งสังคมความรู้ ซึ่งประเด็นหลักของทฤษฎีการเรียนรู้เชิงวัฒนธรรมสังคมนั้นจะครอบคลุมปรัชญากรรมทางวัฒนธรรมทั้งหลายอันได้แก่ ระบบสัญลักษณ์ เช่น ภาษา สูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ และเครื่องมือการคิดรูปแบบต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นว่าผู้เรียนทุกคนจะต้องสร้างขึ้นใหม่ แต่สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลความรู้และเครื่องมือที่มีอยู่แล้วโดยผ่านกระบวนการทางวัฒนธรรม (Silander & Mattila, 2015) วิธีการทั้งหลายที่มีรากฐานกำเนิดมาจากญาณวิทยาแบบคอนสตรัคติวิสต์ จึงเอื้อต่อการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมการแก้ปัญหาในชีวิตจริง การเรียนรู้แบบโครงการ การสืบเสาะความรู้ และการให้ตัวช่วยเสริมการเรียนรู้แก่ผู้เรียน ซึ่งต่างมีลักษณะร่วมกันคือผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างความรู้เอง โดยครูจะแสดงบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก ชี้แนะ และจัดกระบวนการเรียนรู้มากกว่าที่จะเป็นผู้ให้ความรู้ผู้เรียนจะถูกมองว่าเป็นผู้ที่ตื่นตัวในการมีส่วนร่วมในการสร้างสังคมแห่งความรู้ (Symeonidis & Schwartz, 2016)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยการสร้างความรู้ มีพัฒนาการจากปรัชญาปฏิบัตินิยม (Pragmatism) และการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทัศน์เกี่ยวกับวิธีการหาความรู้ในปรัชญาวิทยาศาสตร์ (Philosophy of science) ในครึ่งหลังของคริสต์ศตวรรษที่ 20 จากการบุกเบิก

ของนักจิตวิทยาการศึกษาคนสำคัญ ๆ เช่น เพียเจต์ ออชเชล และเคลลี่ และพัฒนาต่อมาโดยมี นักการศึกษากลุ่มคอนสตรัคติวิสต์ (ไพจิตร สดวกการ, 2543) โดยมีเงื่อนไขการเรียนรู้ ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ประกอบด้วย (1) การเรียนรู้เป็นกระบวนการลงมือทำที่เกิดขึ้นในปัจเจกบุคคล และ (2) ความรู้ต่าง ๆ จะถูกสร้างขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2541)

จากความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์หรือแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน สามารถสรุปเป็นสาระสำคัญได้ ดังนี้

1) ความรู้ของปัจเจกบุคคล คือ โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลนั้น ๆ ที่สร้างขึ้น จากประสบการณ์ในการคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา หรืออธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ได้

2) นักเรียนสร้างความรู้ด้วยวิธีการต่างกัน โดยอาศัยประสบการณ์และโครงสร้าง ทางปัญญาที่มีอยู่เดิม ความสนใจ และแรงจูงใจภายในตนเองเป็นจุดเริ่มต้น

3) ครูมีหน้าที่จัดการให้นักเรียน ได้ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียน ภายใต้อบรม 3 ประการ คือ สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมก่อให้เกิด ความขัดแย้งทางปัญญา ความขัดแย้งทางปัญญานี้ก่อให้เกิดแรงจูงใจภายในให้เกิดกิจกรรม การไตร่ตรองเพื่อขจัดความขัดแย้งดังกล่าว และการไตร่ตรองบนฐานแห่งประสบการณ์ และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมภายใต้การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกระตุ้นให้มีการสร้าง โครงสร้างใหม่ทางปัญญา (ไพจิตร สดวกการ, 2543)

จึงอาจสรุปได้ว่า ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์นั้น ผู้เรียนเป็นผู้เสริมสร้างความรู้ด้วย ตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียน ได้ แต่สามารถช่วยผู้เรียนปรับ ขยายโครงสร้างทางปัญญาได้ ด้วยการจัดสถานการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลหรือก่อให้เกิดความ ขัดแย้งทางปัญญา โดยได้จากสิ่งแวดล้อมและการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

นอกเหนือจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เป็นทฤษฎีรากฐานของการจัดการเรียนรู้โดย ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานแล้ว ยังมีทฤษฎีอื่นที่สนับสนุนรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวได้ อาทิ ทฤษฎีการรับรู้และการเชื่อมโยงทางความคิด (Apperception) ทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์น ไคค์ (Thorndike's classical connectionism) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรุนเนอร์ (Bruner's intellectual development theory) และทฤษฎีการเรียนรู้ของโรเจอร์ส (Rogers' humanism theory) ดังนี้

- ทฤษฎีการรับรู้และการเชื่อมโยงทางความคิด เป็นทฤษฎีที่เกิดขึ้นจากนักปรัชญา หลายท่าน เช่น จอห์น ล็อก (John Locke) วิลเฮล์ม วุนด์ (Wilhelm Wundt) ทิชเชเนอร์ (Titchener) และแฮร์บาร์ต (Herbart) กล่าวไว้ว่ามนุษย์เกิดมาพร้อมจิตหรือสมองที่ว่างเปล่า จะเกิดการเรียนรู้

จากแรงกระตุ้นภายนอกหรือสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้จะเกิดจากการรับประสบการณ์ผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 การส่งเสริมให้เกิดประสบการณ์มาก ๆ ในหลากหลายทางเป็นการช่วยให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งมี 3 ระดับ ได้แก่ การเรียนรู้โดยประสาทสัมผัส การจำความคิดเดิม และการเกิดความคิดรวบยอดและความเข้าใจ ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเริ่มจากการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนก่อนแล้วจึงส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ใหม่หรือประสบการณ์ใหม่กระทั่งได้ข้อสรุปที่ต้องการแล้วจึงให้ผู้เรียนนำข้อสรุปที่ได้มาประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ (Bigge, 1964)

- ทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไคค์ กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นระหว่างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองซึ่งเกิดขึ้นได้หลากหลายรูปแบบ มีการลองผิดลองถูก ปรับเปลี่ยนได้อยู่เสมอ กระทั่งพบรูปแบบการตอบสนองที่เหมาะสมเพียงรูปแบบเดียว และจะเกิดการเรียนรู้ผ่านรูปแบบนั้นเพื่อเชื่อมโยงสิ่งเร้ากับการตอบสนองในครั้งถัดไป (Herganhahn & Olson, 1993)

- ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรุนเนอร์ กล่าวว่า มนุษย์เลือกรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง การจัดโครงสร้างของความรู้ให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน การจัดหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระดับความพร้อมของนักเรียนและสอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดการคิดหาเหตุผลอย่างอิสระ หรือ การคิดแบบหยั่งรู้ ที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ แรงจูงใจภายในเป็นปัจจัยสำคัญต่อการประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ และพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์แบ่งได้เป็น 3 ขั้นใหญ่ ได้แก่ การเรียนรู้จากการกระทำ การเรียนรู้จากความคิด และการเรียนรู้สัญลักษณ์และนามธรรม (Bruner, 1963)

- ทฤษฎีการเรียนรู้ของโรเจอร์ส กล่าวว่า มนุษย์สามารถพัฒนาตนเองได้ดีหากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ทำให้นักเรียนผ่อนคลายและเป็นอิสระ การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ผ่อนคลายและเอื้อต่อการเรียนรู้ และเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยครูผู้สอนทำหน้าที่ชี้แนะและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน และการเรียนรู้จะเน้นกระบวนการเป็นสำคัญ

5. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ใช้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้แบบต้นตัวในการสร้างองค์ความรู้ในตนเอง (Constructivist active learning pedagogy) (Kompa, 2017) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- วิธีการจัดการเรียนรู้นี้อยู่บนฐานแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ในตนเอง มุ่งเน้นไปที่การประเมินเชิงวิพากษ์ในการเรียนรู้มากกว่าเนื้อหาที่ได้รับการถ่ายทอดเพียงเท่านั้น ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกและสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะ โดยใช้ปัญหา

เป็นฐานและการเรียนรู้แบบต้นตัว ซึ่งหมายถึงความรู้และความหมายของการได้มาซึ่งความรู้สร้างขึ้นอย่างจริงแท้จริงในความคิดของผู้เรียนผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

- วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทเป็นส่วนสำคัญ เริ่มต้นจากการกำหนดคำถามหรือปัญหาของผู้เรียนผ่านปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยปรากฏการณ์ที่นำมาศึกษานั้น ต้องมีการพิจารณาความเกี่ยวข้องกับบริบทแวดล้อม มุมมองและแง่มุมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างหลากหลายในเชิงสหวิทยาการ เช่น คุณภาพชีวิตของมนุษย์ คณิตศาสตร์ ภูมิศาสตร์ อุดุนิยมวิทยา การเมืองและนโยบาย หรือแม้แต่จิตวิทยาสังคม เช่น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภค ซึ่งมีความแตกต่างจากปัญหาทางวิชาการในรูปแบบเดิม ซึ่งเป็นปัญหาที่ซับซ้อนน้อยและใช้ในทางปฏิบัติได้น้อย การแก้ปัญหาหรือการสืบเสาะในปรากฏการณ์ต้องใช้ความสามารถที่แตกต่างกันตามระดับของความซับซ้อน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

- วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แนวคิดในการสร้างความร่วมมือและการทำงานร่วมกันของผู้เรียนเป็นเงื่อนไขสำคัญในการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างยั่งยืนในบริบททางสังคม เมื่อพิจารณาถึงความซับซ้อนตามธรรมชาติของปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่เกิดจากการล่มสลายทางสังคมกับการขาดแรงจูงใจในการควบคุมตนเอง โดยการแก้ปัญหาที่ได้ผลนั้นเป็นการดำเนินการด้วยกลุ่มที่ร่วมมือกันมากกว่าจะเป็นกลุ่มที่มีการแข่งขันกัน

- วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้โครงสร้างของกลุ่มการเรียนรู้ โดยการใช้คำถามหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสังเกตปรากฏการณ์ในการสืบเสาะแบบเปิด แสดงความคิดวิพากษ์และการคิดกลับ ไปกลับมาระหว่างสมาชิกในกลุ่ม รวมทั้งการส่งเสริมการมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นและการสร้างความเห็นร่วมกันบนพื้นฐานของการโต้แย้ง กลุ่มการเรียนรู้มีลักษณะคล้ายคลึงกับสิ่งที่นักปรัชญาสังคม เจอร์เกน ฮาเบอร์มัส (Jurgen Habermas) กล่าวถึงในปรัชญาเกี่ยวกับ “สถานการณ์การพูดในอุดมคติ” เช่น “เรื่องราวทุกเรื่องที่สามารถพูดและกระทำได้” ได้รับอนุญาตให้มีส่วนร่วมในการกล่าวสุนทรพจน์หรือถ้อยความที่แสดงความคิดอย่างมีหลักการ” (หลักการรวมทางสังคม) หรือ “ทุกคนสามารถตั้งคำถามเพื่อยืนยันสิ่งที่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา” (หลักการของการสืบเสาะแบบเปิด) ซึ่งในการปฏิบัติในชั้นเรียนตามแนวดังกล่าว ทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความจริงมีความหมายต่อผู้เรียนมากขึ้นเมื่อเทียบกับงานนามธรรมแบบที่ไม่มีบริบทในรูปแบบเดิม ๆ และการไม่ได้การสนับสนุนแรงจูงใจภายในของผู้เรียน

- วิธีการจัดการเรียนรู้เป็นการศึกษาความเป็นจริงที่เกิดขึ้นบนฐานปรัชญาการศึกษาการสร้างองค์ความรู้ในตนเอง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเป็นตัวแทนที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและมีแง่มุมต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้น โดยจะแตกต่างจากรูปแบบของการตอบคำถามเพียงคำตอบเดียวในการศึกษาแบบเดิม ในระหว่างการวิจัยและพัฒนาในการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ผู้เรียนจะตระหนักถึงแนวคิดและการปฏิบัติที่แตกต่างหลากหลาย โดยการแก้ปัญหาในขั้นสุดท้ายเป็นผลจากการวิจัยและสังเคราะห์ซ้ำโดยทีมหรือกลุ่มการเรียนรู้ที่ไม่ใช่สมมติฐานที่เกิดจากความคิดของใครคนใดคนหนึ่ง

การเข้าใจวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้แบบตื่นตัวโดยการสร้างองค์ความรู้ในตนเอง เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นเกิดขึ้นได้อย่างเป็นกระบวนการที่เหมาะสมและนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนได้ตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

6. บทบาทของผู้เรียนในการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีบทบาทหลักในกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เริ่มต้นจากการสังเกต สำรวจและลงมือปฏิบัติผ่านปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา ด้วยมุมมองแบบองค์รวมและการเข้าถึงโลกแห่งความจริงเพื่อให้ได้คำตอบหรือการแก้ปัญหาอย่างมีจุดมุ่งหมาย มีรายละเอียด (Daehler & Folsom, 2016 และ Silander, 2015) ดังนี้

- การสังเกตปรากฏการณ์ที่ศึกษาร่วมกันจากมุมมองแบบองค์รวมหรือสหวิทยาการ เริ่มต้นจากการสังเกตร่วมกันของชุมชนแห่งการเรียนรู้ในความเป็นองค์รวมของปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงที่สนใจศึกษา โดยการสังเกตไม่ได้จำกัดอยู่เพียงมุมมองเดียว แต่เป็นปรากฏการณ์ที่มีการศึกษาจากมุมมองที่หลากหลายแตกต่างกัน ข้ามเขตแดนระหว่างสาระวิชาต่าง ๆ อย่างเป็นธรรมชาติ บูรณาการสาระวิชาและหัวข้อที่แตกต่างกันเพื่อนำไปสู่การตั้งคำถามที่เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาปรากฏการณ์ โดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกและดำเนินการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมตามวัยของผู้เรียน

- การตั้งคำถามหรือการกำหนดปัญหาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษาร่วมกันในการสอนโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเป็นการทำความเข้าใจและการศึกษาปรากฏการณ์ของกลุ่มผู้เรียน โดยการตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่กลุ่มผู้เรียนมีความสนใจร่วมกันอย่างแท้จริง เพื่อขับเคลื่อนกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนสามารถค้นหาคำตอบหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาที่มีการบูรณาการการข้ามศาสตร์ การตั้งคำถามหรือการกำหนดปัญหาจึงเป็นส่วนสำคัญในการผลักดันกระบวนการเรียนรู้ที่จะเกิดขึ้นต่อไป

- การใช้กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายผ่านการลงมือปฏิบัติเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ภายใต้แนวคิดการสร้างองค์ความรู้ในตนเอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์

เป็นฐานเป็นการกำหนดการเรียนรู้จากคำถามที่ถาม หรือประเด็นที่ต้องเรียนรู้ หรือปัญหาที่ต้องการแก้ไขที่เกิดขึ้นจากผู้เรียนอย่างเป็นธรรมชาติและเข้าถึงโลกแห่งความเป็นจริง สามารถใช้การสืบเสาะหาความรู้ การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การเรียนรู้แบบโครงการเป็นกระบวนการสำคัญที่ผู้เรียนสามารถสืบค้น ค้นคว้า อภิปราย วิพากษ์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สร้างชิ้นงาน หรือลงมือปฏิบัติเพื่อการเรียนรู้ โดยข้อมูลความรู้และทักษะของผู้เรียนสามารถนำมาประยุกต์ใช้โดยตรงข้ามพรมแดนระหว่างสาระวิชาต่าง ๆ เป็นสหวิทยาการ เกิดขึ้นทั้งในและนอกห้องเรียน

ในสถานการณ์ที่มีการใช้ข้อมูลและทักษะที่ได้รับการพัฒนาอย่างเป็นธรรมชาติกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นนั้นข้อมูลใหม่ ๆ ถูกนำมาประยุกต์ใช้เสมอกับการศึกษาปรากฏการณ์เพื่อหาคำตอบหรือแก้ปัญหา ซึ่งหมายความว่าทฤษฎีและข้อมูลมีคุณค่าในทันทีที่เห็น ได้ชัดในสถานการณ์การเรียนรู้สำหรับการซึมซับข้อมูลใหม่ ๆ และการเรียนรู้ในระดับลึกเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้เรียนจะต้องประยุกต์ใช้และใช้ข้อมูลในช่วงระหว่างสถานการณ์การเรียนรู้ ข้อมูลที่เรียนรู้เฉพาะในระดับของการอ่านหรือทฤษฎี เช่น วิชาฟิสิกส์ที่จดจำสูตรและกฎการคำนวณ โดยไม่มีบริบทที่แท้จริงหรือปัญหาที่เกี่ยวข้อง มักจะยังคงเป็นรายละเอียดที่ผิวเผินและแยกส่วนสำหรับผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนปราศจากการได้รับความเข้าใจอย่างแท้จริงเกี่ยวกับข้อมูลและปรากฏการณ์ในโลกแห่งความจริงที่อยู่เบื้องหลัง หรือการเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ อย่างมีความหมาย สำหรับผู้สอนสามารถออกแบบกิจกรรมที่มีการเชื่อมต่อการเรียนรู้ผ่านปรากฏการณ์ โดยการสนับสนุนผู้เรียนในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวย การจัดลำดับความสำคัญในกิจกรรมการเรียนรู้ การจูงใจให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า และเรียนรู้ที่มีความหมายเพื่อการบรรลุจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้

- การสะท้อนคิดและการประเมินตามสภาพจริง การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานสามารถเพิ่มการเรียนรู้ที่แท้จริงอย่างเห็นได้ชัดในบริบทนี้ สภาพจริงมีผลในกระบวนการทางปัญญา กระบวนการคิดหรือกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ในสถานการณ์การเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับกระบวนการในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจที่จำเป็นในสถานการณ์จริงจากการใช้ข้อมูลหรือทักษะที่แท้จริงด้วยการสะท้อนคิดในคุณค่าที่อยู่เบื้องหลังของปรากฏการณ์ และสิ่งที่ได้เรียนรู้ สภาพจริงคือความต้องการที่สำคัญสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลและการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ มักมีผู้กล่าวว่า “คุณไม่สามารถเรียนรู้ที่จะขับรถโดยการใช้ปากกาและกระดาษเท่านั้น” หรือว่า “การทดสอบนั้นใช้เพียงวิธีสอนเพื่อตอบคำถามจากการทดสอบ

ไม่มีการทดสอบในชีวิตจริงหรือชีวิตการทำงาน มีเพียงการสื่อสารที่แท้จริงเท่านั้นในสถานการณ์ที่ต้องใช้ข้อมูลและต้องส่งข้อความให้คนอื่นเข้าใจอย่างทั่วถึงและเข้าใจได้” การเรียนรู้ที่แท้จริงนั้นมีจุดมุ่งหมาย คือ การนำไปปฏิบัติ ซึ่งกระบวนการในการปฏิบัติงานที่แท้จริงสามารถใช้

สถานการณ์ในการเรียนรู้จากวิธีการสอนที่มีโครงสร้างสำคัญเป็นแบบอย่าง จะช่วยให้ผู้เรียน มีประสบการณ์ในวัฒนธรรมของผู้เชี่ยวชาญจากการทำงานในสนามจริงและการปฏิบัติของตน ที่เปรียบเสมือนอยู่ในชุมชนของนักปฏิบัติ (Community of practice) ซึ่งการเก็บร่องรอยการเรียนรู้ โดยการจัดทำแฟ้มสะสมงานในการประเมินตามสภาพจริงและการสะท้อนคิด จะทำให้เกิด หลักฐานที่สำคัญเชิงประจักษ์สู่การประเมินผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรมด้วยวิธีการที่เหมาะสม

7. ปัจจัยจูงใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

ปัจจัยจูงใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon-based learning (PhenoBL) and teaching) (Silander, 2015) นั้น เป็นการนำปรากฏการณ์ในโลก แห่งความเป็นจริงแบบองค์รวมมาเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ ปรากฏการณ์ที่เลือกสรร ในการศึกษาจะมีความสมบูรณ์ในบริบทจริงของผู้เรียน ข้อมูลและทักษะที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน จะได้รับการศึกษาโดยการข้ามสาระวิชาต่าง ๆ และผ่านปรากฏการณ์โดยสามารถจัดเป็นหัวข้อ แบบองค์รวมเช่น มนุษย์ สหภาพยุโรป สื่อและเทคโนโลยี น้ำ หรือ พลังงาน จุดเริ่มต้นนี้แตกต่าง จากวัฒนธรรมของโรงเรียนแบบดั้งเดิมที่แบ่งเป็นรายวิชา ทำให้สิ่งต่าง ๆ ที่ศึกษามักถูกแบ่งแยก ออกเป็นชิ้น และแยกส่วนออกจากกันทำให้ขาดบริบทในการเรียนรู้

โครงสร้างของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่ปรากฏในหลักสูตร ยังช่วยสร้าง โอกาสที่ดีในการบูรณาการสาระวิชาและหัวข้อต่าง ๆ เข้าด้วยกัน รวมถึงการใช้วิธี การจัดการเรียนรู้ที่มีความหมายอย่างเป็นระบบ เช่น การเรียนรู้โดยการสืบเสาะ การเรียนรู้ จากปัญหาเป็นฐาน โครงการ และการใช้แฟ้มสะสมงาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์ เป็นฐานยังมีความสำคัญในการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ที่แตกต่างกัน เช่น ความหลากหลายและการเรียนรู้ที่สมบูรณ์แบบมากขึ้นในขณะที่ใช้ สภาพแวดล้อมของการเรียนรู้แบบออนไลน์ (E-learning) ผสานกับการเรียนรู้ในชั้นเรียน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน มีเป้าหมายสำคัญในการทำความเข้าใจ ปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าในการใช้ทฤษฎีและข้อมูล ในสถานการณ์ของการเรียนรู้ โดยผู้เรียนสามารถกำหนดความสนใจและนำเสนอปัญหา เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดการยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนมีบทบาท หลักเป็นผู้สร้างสรรค์และนักแสดง ซึ่งวิธีการ แหล่งข้อมูล และเครื่องมือต่าง ๆ ในสภาพจริง ได้นำมาใช้ในการเรียนรู้ จัดเป็นกิจกรรมที่เน้นความมุ่งมั่นและมีเป้าหมายที่ผู้เรียนรู้เป้าหมาย การเรียนรู้ของตนเองในการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างแท้จริงในบริบทที่เป็นองค์รวมซึ่งในกระบวนการ เรียนรู้นี้เป็นการดำเนินการอย่างต่อเนื่องตามเป้าหมายที่วางไว้ให้สำเร็จ โดยไม่ใช่การเรียนรู้

เป็นรายบุคคล การไม่ใช้บริบทที่เกี่ยวข้องและการไม่เชื่อมต่อของภาระงานย่อย ๆ ที่ทำให้ขาดความเข้าใจในความหมายของการเรียนรู้อย่างแท้จริง (อรพรรณ บุตรกัตัญญ, 2561)

8. บทสรุป

ผู้วิจัยได้สรุปการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานไว้ว่าเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำปรากฏการณ์ เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริงมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้ โดยเน้นการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานของ Silander (2015) ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจและค้นหาคำตอบโดยใช้องค์ความรู้และประสบการณ์เดิมจากสรรพศาสตร์ด้วยกระบวนการวิธีการ เครื่องมือ และเทคนิคต่าง ๆ ที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย พัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องในการสำรวจและค้นหาคำตอบ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ใหม่และการแก้ไขปัญหาใหม่ในชีวิตของนักเรียน มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

8.1 การเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ครูเป็นผู้เลือกปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ในการศึกษา โดยปรากฏการณ์ที่เลือกมานั้นต้องเป็นปรากฏการณ์ที่นักเรียนให้ความสนใจอยู่ในขณะนั้น และเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสำรวจ ศึกษา ค้นคว้า หรือทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาของนักเรียนได้

8.2 การกำหนดปัญหาและสมมติฐานจากปรากฏการณ์ ครูให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาที่นักเรียนสนใจศึกษาจากปรากฏการณ์นั้น แล้วนักเรียนจึงตั้งสมมติฐานจากปัญหาดังกล่าว

8.3 การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง ครูให้นักเรียนออกแบบการทดลองในหลากหลายรูปแบบตามความสามารถของนักเรียนเพื่อนำไปใช้ในการสำรวจและสืบค้นคำตอบของปัญหาของนักเรียนที่กำหนดไว้แล้ว โดยมีเงื่อนไขอยู่บนอุปกรณ์และสารเคมีที่มีจำกัดอยู่ในโรงเรียน จากนั้นนักเรียนเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพียงวิธีการเดียว โดยจะต้องพิจารณาถึงปัจจัย ข้อจำกัด และความเป็นไปได้ที่สามารถนำวิธีการนั้น ๆ ไปใช้ในการค้นหาคำตอบได้ดีที่สุด

8.4 การดำเนินการทดลอง ครูให้นักเรียนทดลองตามวิธีการทดลองที่ได้ระบุไว้ โดยทดลองและค้นหาคำตอบในสถานที่เกิดปรากฏการณ์จริง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและชี้แนะการดำเนินการทดลองให้เหมาะสมและใกล้ชิด

8.5 การนำเสนอและสรุปผลการทดลอง ครูให้นักเรียนนำปรากฏการณ์ที่ครูกำหนดให้ปัญหาที่นักเรียนต้องการศึกษาพร้อมเหตุผลที่นักเรียนเลือกศึกษาปัญหาดังกล่าว วิธีการทดลองที่นักเรียนวางแผนและออกแบบไว้ทั้งหมด วิธีการที่นักเรียนเลือกศึกษาและเหตุผลที่สนับสนุนวิธีการดังกล่าว ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง และประเด็นที่นักเรียนสนใจเพิ่มเติม เพื่อให้ครูประเมินกระบวนการศึกษาและผลที่ได้จากการศึกษาของนักเรียนตามสภาพจริง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2541) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่าเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการค้นคว้า การอบรม การสั่งสอน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการฝึกฝน

อารีย์ วชิรวรการ (2542) ได้นิยามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ โดยระบุว่าเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่โรงเรียนและที่บ้าน รวมไปถึงความรู้สึก ค่านิยม และจริยธรรม

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) อธิบายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนให้มีความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากการไม่เคยกระทำ หรือกระทำได้น้อย ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตเห็นได้

ดังกล่าวมานี้ ผู้วิจัยได้สรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นความสามารถทางการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้จลนศาสตร์เคมี รายวิชาจลนศาสตร์เคมี และสมดุลเคมี ซึ่งพิจารณาได้จากคะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนเรียนรู้เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ในรายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้สาระการเรียนรู้รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

2. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bloom (1956) ได้ระบุและจำแนกวัตถุประสงค์ทางการเรียนเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นด้านที่เกี่ยวกับความรู้ความสามารถทางสมองหรือสติปัญญา ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) เป็นด้านความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายกับสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติกระทั้งมีทักษะและความชำนาญในการดำเนินกิจกรรมด้านต่าง ๆ

3) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) เป็นด้านคุณลักษณะด้านจิตใจหรือความรู้สึกที่เกี่ยวข้องกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว

ในการจัดการเรียนรู้ มีการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย ดังนั้นในการตรวจสอบว่านักเรียน

มีผลสัมฤทธิ์มากหรือน้อยเพียงใด จำเป็นต้องอาศัยการวัดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งทั้งสามด้านนั้นมีวิธีการวัดผลสัมฤทธิ์ที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้สนใจพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านพุทธิพิสัยเป็นสำคัญ ซึ่งมีนักวิชาการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

Bloom (1965) กล่าวถึงลำดับขั้นของวัตถุประสงค์ด้านพุทธิพิสัยเป็น 6 ชั้น หรือ 6 ด้าน ซึ่งแต่ละด้านแบ่งออกเป็นพฤติกรรมย่อย ๆ ที่แสดงให้เห็นถึงการสัมฤทธิ์ด้านพุทธิพิสัยในแต่ละด้านย่อย ดังนี้

1) พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถของสติปัญญาหรือความสามารถของสมองที่สามารถเก็บสะสมเรื่องราวต่าง ๆ หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้รับมา และความสามารถในการระลึกเรื่องราวต่าง ๆ นั้นออกมาได้ แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้องกับศัพท์ นิยาม กฎ และข้อเท็จจริง ด้านความรู้ในวิธีดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับระเบียบแบบแผน ลำดับขั้นและแนวโน้ม การจัดประเภท กฎเกณฑ์ และวิธีการ และด้านความรู้รอบคอบในเนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้องกับหลักวิชา การขยายหลักวิชา ทฤษฎี และโครงสร้างของบรรดาเนื้อหาเหล่านั้น

2) พฤติกรรมด้านความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ความจำไปดัดแปลงปรับปรุงเพื่อให้สามารถจับใจความหรือเปรียบเทียบย่อเรื่องราว ความคิด ข้อเท็จจริงต่าง ๆ และอธิบายเปรียบเทียบสิ่งที่มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกับของเดิมได้ แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การแปลความหมาย การตีความหมาย และการขยายความหมาย

3) พฤติกรรมด้านการนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวใด ๆ ไปใช้ในสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงหรือแปลกไปจากสถานการณ์เดิม หรือสามารถหาสิ่งของมาทดแทนสิ่งที่ขาดหายไปได้

4) พฤติกรรมด้านการวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะพิจารณารายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวต่าง ๆ ว่ารายละเอียดนั้นสำคัญหรือมีความสัมพันธ์กันอย่างไร แบ่งออกเป็น การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

5) พฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานรายละเอียดต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นเรื่องราวใหม่หรือสิ่งที่แตกต่างกันออกไป แบ่งออกเป็น การสังเคราะห์ข้อความ การสังเคราะห์แผนงาน และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

6) พฤติกรรมด้านการประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถในการวินิจฉัย ตัดสิน หรือตีราคาเรื่องราว ความคิด เหตุการณ์ต่าง ๆ โดยการสรุปเป็นคุณค่า

ว่าดีหรือไม่ดี เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม อย่างมีหลักเกณฑ์ แบ่งเป็น การประเมินค่าโดยอาศัย
ข้อเท็จจริงภายใน และการประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายนอก

Klopfer (1971) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเฉพาะในกลุ่มวิชา
วิทยาศาสตร์ วัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

- 1) ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เรียนมาแล้ว
เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ การจัดประเภท และการบรรยายลักษณะตามที่ได้ศึกษามาแล้ว
อย่างตรงไปตรงมา แบ่งออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์
และนิยามศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ ข้อตกลง แนวโน้มและลำดับชั้น
การแยกประเภท การจัดประเภทและเกณฑ์ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ หลักการ
และกฎทางวิทยาศาสตร์ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- 2) ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนก ระบุความรู้ ยกตัวอย่าง
เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ หรือระบุสถานการณ์หนึ่งที่เป็นไปตามวิธีการ หลักการ กฎ และทฤษฎี
เดียวกัน
- 3) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถ
ในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ สืบเสาะหาความรู้ ซึ่งประกอบไปด้วยพฤติกรรมย่อย ๆ ได้แก่
การสังเกต การวัด การระบุปัญหา วิธีการแก้ปัญหา การตีความหมายของข้อมูล การสรุปข้อมูล
การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี
- 4) การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถ
ในการผสมผสานความรู้ในด้านต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ไขปัญหา หาผลลัพธ์จากข้อมูล คาดคะเน
การใช้เครื่องมือปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง และการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ได้ แบ่งออกเป็นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์
ในสาขาเดียวกัน การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขา และการนำความรู้
ไปแก้ปัญหาอื่น ๆ นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยอ้างอิงตามแนวคิด
ของ Bloom (1965) กล่าวคือ ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน โดยวัดออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่
ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์
และด้านประเมินค่า

3. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2548) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มครูที่สอน โดยทั่วไปมักใช้ในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper-based test) แบ่งย่อยได้อีก 2 ประเภท ดังนี้

- แบบทดสอบปรนัย (Objective test หรือ Short test) เป็นข้อสอบที่ผู้สอบต้องเขียนคำตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกอย่างจำกัด ซึ่งผู้ตอบไม่สามารถแสดงความรู้ ความคิดเห็น หรือทัศนคติได้ แบ่งได้ 4 ลักษณะ คือ แบบเลือกตอบ แบบถูกผิด แบบจับคู่ และแบบเติมคำตอบ

- แบบทดสอบอัตนัย (Subjective test หรือ Essay test) เป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบเขียนอธิบายเพื่อแสดงความรู้หรือความคิดเห็น ได้อย่างเต็มความสามารถ

2) แบบทดสอบมาตรฐาน (Standard test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงเป็นอย่างดีจนมีประสิทธิภาพ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ การให้คะแนน และการแปลความหมายของคะแนน

4. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถสร้างได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ (บุญศรี พรหมมาพันธุ์ และนวลเสนห์ วงศ์เชิดธรรม, 2545; พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2548)

4.1 การวางแผนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ซึ่งผู้ออกแบบทดสอบต้องศึกษาค้นคว้าวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่ามีแบบใดบ้าง และแบบทดสอบแต่ละชนิดมีข้อดีหรือข้อเสียอย่างไร

4.1.2 กำหนดเป้าหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนสร้างหรือออกแบบข้อคำถาม ผู้ออกแบบทดสอบต้องกำหนดเป้าหมายในการใช้แบบทดสอบให้ชัดเจนว่าจะนำไปใช้เพื่อวัดสิ่งใด จึงจะสามารถสร้างหรือออกแบบข้อคำถามให้สอดคล้องกับเป้าหมายนั้น

4.1.3 กำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดในตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อคำถาม (ดังแสดงในตารางที่ 6 หน้า 76) ผู้ออกแบบทดสอบจำเป็นต้องกำหนดขอบเขตเนื้อหา มาตรฐานการเรียนรู้ สาระ

การเรียนรู้/ผลการเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านพุทธิพิสัยที่ต้องการวัด ให้สอดคล้องซึ่งกันและกัน

4.1.4 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบดังกล่าวจะเป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้) หรืออิงกลุ่ม (เทียบกับผลการทดสอบของนักเรียนในกลุ่มเรียนเดียวกัน) และแบบทดสอบนั้นจะเป็นแบบทดสอบปรนัย (ตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้) หรือแบบอัตนัย (บรรยายหรือตอบ โดยไม่จำกัดตัวเลือกตอบ) หรือทั้งสองชนิดรวมกันในแบบทดสอบฉบับเดียวกันได้ ทั้งนี้ ผู้ออกแบบทดสอบอาจกำหนดเกณฑ์ต่อไปนี้นำไปสู่การออกแบบลักษณะของแบบทดสอบ ดังนี้

- วัตถุประสงค์ของการนำแบบทดสอบไปใช้
- ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการประเมิน
- ลักษณะหรือคุณสมบัติของผู้เข้ารับการทดสอบ
- จำนวนผู้เข้ารับการทดสอบ
- ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบ การดำเนินการจัดสอบ

และการตรวจแบบทดสอบ

- อีกระในการตอบแบบทดสอบ

นอกเหนือจากนี้ การกำหนดส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดสอบ อาทิ ความยาวของแบบทดสอบ จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ตอบแบบทดสอบ วิธีดำเนินการทดสอบ การตรวจแบบทดสอบเพื่อให้คะแนน การแปลความหมายของค่าคะแนน และค่าใช้จ่ายทั้งหมดจากกระบวนการดังกล่าวนี้ เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เหมาะสมที่สุดในการวัดจุดประสงค์การเรียนรู้ร่วมด้วย

4.2 การดำเนินการสร้างแบบทดสอบ

4.2.1 ผู้ออกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการสร้างแบบทดสอบตามรายละเอียดที่ปรากฏในตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อคำถาม โดยคำนึงถึงความยากของข้อคำถาม ระยะเวลาในการจัดสอบ คะแนน และการตรวจให้คะแนน

4.2.2 ตรวจทานแบบทดสอบ ผู้ออกแบบทดสอบจำเป็นต้องทบทวนแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อให้มั่นใจว่าแต่ละข้อคำถามในแบบทดสอบมีความถูกต้องครบถ้วนตามรายละเอียดที่ปรากฏในตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อคำถาม แล้วจึงจัดพิมพ์เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบต่อไป

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง

4.3.1 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะผู้เชี่ยวชาญหรือคณะผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ อาจเป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านการจัดการเรียนรู้ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านหลักสูตรและการสอน ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวัดผลประเมินผล ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนในชั้นเรียน และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา เป็นต้น จำนวน 3 – 5 ท่าน ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาว่าข้อคำถามในแต่ละข้อนั้น สร้างได้ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ รวมถึงพิจารณาความเหมาะสมของแต่ละข้อคำถามว่าสอดคล้องตามตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา กับจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อคำถามหรือไม่ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์การประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาไปจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับทดลองใช้ (Try out)

4.3.2 ทดลองใช้แบบทดสอบฉบับทดลองใช้กับกลุ่มทดลองใช้ (Try out) ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มเป้าหมาย จำนวนตั้งแต่ 30 คนขึ้นไป

4.3.3 วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบในแต่ละข้อคำถามโดยพิจารณาจากค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก เพื่อคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้มารวบรวมและจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับจริง นำไปทดสอบกับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มเป้าหมาย จำนวนตั้งแต่ 30 คนขึ้นไป เพื่อคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น

4.3.4 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับจริงเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มเป้าหมายต่อไป

ดังกล่าวมานี้ การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำได้โดยเริ่มจากการวางแผนการสร้างแบบทดสอบ การตรวจสอบเพื่อปรับปรุง หากพบว่าข้อคำถามใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่มากพอที่จะนำไปใช้ จะต้องดำเนินการปรับปรุงหรือตัดข้อคำถามนั้น ๆ ทิ้ง เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีคุณภาพ นำไปสู่การสร้างแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มเป้าหมายต่อไป

แนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบจะมีคุณภาพได้นั้นต้องอาศัยหลักการสร้างแบบทดสอบที่มีคุณภาพ ซึ่ง Gronlund (1993) ได้ให้หลักการสร้างไว้ดังนี้

1) ต้องนิยามพฤติกรรมหรือผลการเรียนที่ต้องการวัดให้ชัดเจน โดยกำหนดรูปแบบของจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนหรือรายวิชาด้วยคำที่เฉพาะเจาะจง สามารถวัดและสังเกตได้

2) ควรสร้างแบบทดสอบให้สามารถวัดผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ได้อย่างครอบคลุม ทั้งในระดับความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และระดับที่ซับซ้อนมากขึ้น แบบทดสอบที่สร้างขึ้นต้องวัดพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้เป็นตัวแทนของกิจกรรมการเรียนรู้ได้ โดยต้องระบุตัวชี้วัดและขอบเขตของผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด แล้วจึงเขียนข้อคำถามตามตัวชี้วัดจากขอบเขตที่กำหนดไว้ให้

3) ควรสร้างแบบทดสอบโดยคำนึงถึงแผนหรือวัตถุประสงค์ของการนำผลการทดสอบไปใช้ประโยชน์ ทำให้สามารถสร้างแบบทดสอบให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และทันสมัยตามแผนที่กำหนดไว้ เช่น การใช้แบบทดสอบก่อนการเรียนรู้ (Pretest) สำหรับการตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนเพื่อการสอนซ่อมเสริม การใช้แบบทดสอบระหว่างการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน (Formative test) และ การใช้แบบทดสอบหลังการเรียนรู้เพื่อตัดสินผลการเรียน (Summative test)

4) แบบทดสอบที่สร้างขึ้นต้องทำการตรวจให้คะแนน โดยมีควรรักษาความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Measurement errors) ซึ่งไม่ว่าจะนำแบบทดสอบไปใช้กับผู้เรียนในเวลาที่แตกต่างกัน ควรได้ผลการวัดเป็นเช่นเดิม

5. ข้อเสนอแนะสำหรับการสร้างข้อคำถาม ข้อแนะนำทั่วไปในการสร้างข้อคำถาม (Gronlund, 1993) มีดังนี้

5.1 ควรเลือกชนิดของข้อสอบให้ตรงกับลักษณะของพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัดให้มากที่สุด

5.2 เขียนข้อคำถามที่ต้องการวัดผลการปฏิบัติให้สอดคล้องกับพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ด้านการปฏิบัติ

5.3 เขียนข้อคำถามในแต่ละข้อให้ชัดเจน เฉพาะเจาะจงให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

5.4 เขียนข้อคำถามเพื่อวัดพฤติกรรมหรือการเรียนรู้ได้โดยไม่อาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์อื่นใดช่วย เช่น เขียนข้อคำถามโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยไม่อาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์อื่นช่วย

5.5 พยายามป้องกันสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับข้อสอบ แต่อาจส่งผลต่อคำตอบของผู้สอบ เช่น แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้ภาษาซับซ้อน จำเป็นต้องตีความและอาจมีความยากเกินวัยของผู้สอบ

5.6 หลีกเลี่ยงคำ ข้อความ หรือร่องรอยต่าง ๆ ที่อาจบ่งชี้คำตอบที่ถูกต้อง

5.7 เขียนข้อคำถามให้มีความยากง่ายพอเหมาะกับระดับพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด วัยของผู้เรียน และการนำผลการทดสอบไปใช้

5.8 เขียนข้อคำถามให้สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ หรือคำตอบที่ดีที่สุดโดยไม่มีข้อโต้แย้งในการตัดสินคำตอบที่ถูกต้อง

5.9 ควรเขียนข้อคำถามให้มีจำนวนข้อเกินกว่าที่ต้องการใช้จริง เพราะอาจต้องตัดข้อสอบบางข้อที่ไม่ตรงตามมาตรฐานออกจากแบบทดสอบในภายหลัง

6. แบบทดสอบอัตนัย

แบบทดสอบอัตนัยหรือความเรียงเป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบหาคำตอบด้วยตนเอง โดยการเขียนบรรยายหรือแสดงความคิดเห็น วิพากษ์วิจารณ์เรื่องราวต่าง ๆ จากองค์ความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับมา ลักษณะของแบบทดสอบนี้อาจเป็น โจทย์หรือคำถามที่กำหนดให้เป็นสถานการณ์หรือปัญหาอย่างกว้าง ๆ หรือเฉพาะเจาะจง แบบทดสอบอัตนัยเป็น 2 ชนิด (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2548) ประเภทหนึ่งคือแบบทดสอบอัตนัยแบบตอบขยาย (Extended response) หรือแบบไม่จำกัดคำตอบ (Unrestricted response) เป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็น อธิบาย บรรยาย อภิปรายได้อย่างเต็มที่ มักใช้กับนักเรียนหรือนักศึกษาในระดับชั้นสูง ลักษณะของคำถามมักมีคำว่า จงอธิบาย อภิปราย เปรียบเทียบ วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ สรุป วางแผน ออกแบบการทดลอง ตั้งสมมติฐาน ตั้งเกณฑ์ตัดสิน ประเมินผล หรือแก้ไขปัญหา อีกประเภทหนึ่งคือแบบทดสอบอัตนัยแบบจำกัดคำตอบหรือแบบตอบสั้น (Restricted response หรือ Short essay item) เป็นแบบทดสอบที่ถามแบบจำเพาะเจาะจง ให้ตอบสั้นภายในขอบเขตที่กำหนดไว้โดยทั่วไปนั้นได้กำหนดขอบข่ายและความยาวในการตอบ ลักษณะของคำถามมักอยู่ในรูป จงอธิบายสั้น ๆ พร้อมบอกสาเหตุ หรือจงอธิบายสาเหตุ หรือจงบอกขั้นตอน เป็นต้น ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบอัตนัย สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบอัตนัย

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> - สามารถวัดสมรรถภาพหรือพฤติกรรมต่าง ๆ ได้ทุกด้าน โดยเฉพาะด้านกระบวนการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ได้ดี - ผู้ตอบมีโอกาสดูความรู้ ความคิดเห็น และความสามารถในการตอบได้อย่างเต็มประสิทธิภาพของตนเอง - ลดโอกาสคาดคะเนคำตอบ - สร้างได้ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย 	<ul style="list-style-type: none"> - สร้างข้อคำถาม ได้น้อย จึงวัดได้เพียงบางเรื่อง ทำให้อาจไม่ครอบคลุมเนื้อหา - การตรวจให้คะแนนทำได้ยาก ไม่คงที่แน่นอน มีโอกาสที่จะเกิดความลำเอียงได้ง่าย - ใช้เวลาในการตรวจมาก จึงไม่เหมาะสมหากต้องการใช้กับผู้ตอบจำนวนมาก - มีความเชื่อมั่นต่ำและมักขาดความเที่ยงตรง

7. แบบทดสอบแบบปรนัย

แบบทดสอบแบบปรนัย เป็นแบบทดสอบที่ผู้สอบสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ดีที่สุด หรือเหมาะสมที่สุด จากตัวเลือกต่าง ๆ ที่กำหนดให้ ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบประเภทนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ ข้อคำถาม (Question stem) เป็นข้อความที่กระตุ้นใจให้ผู้สอบค้นหาคำตอบ และตัวเลือก (Choices หรือ Options) เป็นส่วนที่เป็นไปได้ในการตอบคำถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวเลือกที่ถูกต้อง (Correct choices) และตัวเลือกที่ลวงหลอก (Distractors หรือ Decoys) โดยทั่วไปตัวเลือกมักกำหนดให้มี 3 – 5 ตัวเลือก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของคำถามและระดับชั้นเรียน

7.1 รูปแบบคำถามของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ แบบทดสอบเลือกตอบมีรูปแบบคำถามที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการถาม วิธีการถามและเนื้อหาที่ต้องการถาม นิยามสร้างข้อคำถาม 3 รูปแบบ ดังนี้

7.1.1 แบบคำถามถามโคดหรือคำถามเดี่ยว (Single question) เป็นรูปแบบข้อคำถามที่ใช้กัน โดยทั่วไป ลักษณะของคำถามจะถามเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่งจบลงภายในข้อนั้น โดยจะไม่เกี่ยวข้องกับข้ออื่น ๆ

7.1.2 แบบตัวเลือกคงที่ (Constant choices) เป็นรูปแบบคำถามที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นตัวเลือก และส่วนที่เป็นข้อคำถาม เช่นเดียวกับรูปแบบคำถามเดี่ยว แต่แตกต่างกันที่ตัวเลือกจะเป็นแบบคงที่ หมายถึงตัวเลือกที่ใช้ในข้อคำถามนี้จะเป็นตัวเลือกเดียวกับตัวเลือกในข้อคำถามที่ผ่านมา โดยมักเขียนตัวเลือกแยกออกจากข้อคำถามแต่ละข้อ การสร้างข้อคำถามในลักษณะนี้ต้องระบุหรือชี้แจงว่าตัวเลือกชุดนี้ใช้ในการตอบข้อคำถามใดบ้าง

และใช้เกณฑ์ใดในการพิจารณา ซึ่งอาจเป็นความถูกต้อง ความสอดคล้องหรือข้อเท็จจริง
 แนวการเขียนข้อคำถามลักษณะนี้มีอยู่หลายแนวทาง เช่น ชนิดพิจารณาความถูกต้อง ชนิดพิจารณา
 ความสอดคล้อง ชนิดพิจารณารูปภาพ ชนิดพิจารณาข้อเท็จจริง ชนิดพิจารณาเหตุผล ชนิดพิจารณา
 ความรู้สึก ชนิดพิจารณาเรื่องราว และชนิดพิจารณาความเหมาะสม

7.1.3 แบบสถานการณ์ (Situation test) เป็นรูปแบบคำถามที่กำหนดสถานการณ์
 จำลองขึ้น ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความหรือแผนภาพ แล้วเขียนคำถามเกี่ยวกับข้อความหรือ
 แผนภาพที่กำหนดเป็นสถานการณ์นั้น โดยยึดหลักว่าไม่ควรถามให้ตรงเรื่อง ไม่ควรถามนอกเรื่อง
 ควรถามให้เกี่ยวกันหรืออ้างอิงเรื่องสถานการณ์หรือพาติงเรื่องราว นั้น แร่วทางการเขียนข้อคำถาม
 แบบกำหนดสถานการณ์ มีรูปแบบในการเลือกสถานการณ์หลายชนิดโดยใช้สิ่งต่าง ๆ เป็น
 สถานการณ์ ได้แก่ ข้อความ รูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ กราฟ ตาราง และผลการทดลอง

ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบปรนัย สรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> - วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและสมรรถภาพ 	<ul style="list-style-type: none"> - สร้างได้ยากและเสียเวลาในการสร้าง
<ul style="list-style-type: none"> - ง่ายต่อการตั้งแต้ขึ้นต้นถึงขั้นสูง 	<ul style="list-style-type: none"> - เพราะต้องอาศัยความรู้ความชำนาญ
<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจให้คะแนนง่ายและรวดเร็ว 	<ul style="list-style-type: none"> - ของผู้ออกแบบทดสอบเป็นสำคัญ
<ul style="list-style-type: none"> - เหมาะสำหรับการสอบที่มีผู้สอบ 	<ul style="list-style-type: none"> - วัดความคิดเชิงลึกในเชิงความคิด
<ul style="list-style-type: none"> - จำนวนมาก 	<ul style="list-style-type: none"> - สร้างสรรค์ ความสามารถในการใช้ภาษา
<ul style="list-style-type: none"> - มีความเป็นปรนัยสูง สามารถเข้าใจ 	<ul style="list-style-type: none"> - และแสดงความคิดเห็นต่าง ๆ ได้ยาก
<ul style="list-style-type: none"> - คำถามได้ตรงกัน ตรวจได้คะแนนตรงกัน 	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่ส่งเสริมหรือช่วยสร้างทักษะใน
<ul style="list-style-type: none"> - และการแปลความหมายคะแนนได้ตรงกัน 	<ul style="list-style-type: none"> - การเขียน
<ul style="list-style-type: none"> - สามารถนำมาวิเคราะห์และปรับปรุง 	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ทรัพยากรในการผลิตข้อสอบมาก
<ul style="list-style-type: none"> - ให้มีคุณภาพดีขึ้นได้ง่าย 	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมการคาดคะเนคำตอบของผู้สอบ
<ul style="list-style-type: none"> - มีโอกาสให้ความยุติธรรมสูง 	
<ul style="list-style-type: none"> - เพราะสร้างข้อคำถามได้ครอบคลุม 	
<ul style="list-style-type: none"> - ตัวอย่างของเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด 	

8. บทสรุป

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ระบุความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นความสามารถทางการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เคมี รายวิชาคณิตศาสตร์เคมี และสมดุลเคมี ซึ่งพิจารณาได้จากคะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรียนรู้เรื่อง คณิตศาสตร์เคมี ในรายวิชาคณิตศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้สาระการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง คณิตศาสตร์เคมี ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง คณิตศาสตร์เคมี เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ แบ่งองค์ประกอบการวัดตามแนวคิดของ Bloom (1965) โดยแบ่งเป็นพฤติกรรมทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า โดยลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้สร้างขึ้นนี้จะเน้นการใช้โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจึงอาจจำเป็นต้องใช้เวลามากในการค้นหาคำตอบของข้อคำถามนั้น ๆ

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1. ความหมายของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking skill) เป็นการคิดอย่างมีเหตุผลซึ่งมีสามารถเรียกทักษะนี้แตกต่างกันได้ เช่น ความคิดแบบวิพากษ์วิจารณ์ การคิดเป็น การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดวิเคราะห์วิจารณ์ การคิดวิจารณ์ ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้คำว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งนักจิตวิทยา นักการศึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลายท่าน ทั้งในประเทศและต่างประเทศได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

Watson & Glaser (1964) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณในลักษณะของกระบวนการคิดที่ประกอบเจตคติ ความรู้และทักษะ โดยเน้นที่เจตคติในการแสวงหาความรู้ การยอมรับการแสวงหาหลักฐานมาสนับสนุนข้ออ้าง ใช้ความรู้ในการอนุมาน การสรุปความ การประเมิน และตัดสินใจความถูกต้องของข้อความอย่างเหมาะสม โดยเน้นองค์ประกอบ 5 ประการ ได้แก่ การสรุปอ้างอิง (Inference) การยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumption) การอนุมาน (Deduction) การแปลความ (Interpretation) และการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments)

Ennis (1985a) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณมานานกว่า 30 ปีได้อธิบายว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณในลักษณะที่เป็นการคิดเชิงเหตุผล ไตร่ตรองอย่างมีสติ ใช้เหตุผลในการตัดสินใจว่าควรเชื่อควรปฏิบัติอย่างไร โดยเน้นประเด็นสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ การคิดที่ใช้เหตุผล การคิดที่มีการไตร่ตรอง ตรวจสอบเหตุผลทั้งของตนเองและผู้อื่น การคิดที่เน้นการมีสติสัมปชัญญะ และการคิดที่เป็นการตัดสินใจว่าอะไรควรเชื่อควรปฏิบัติอย่างไร

Alfaro-Lefevre (1995) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดแก้ปัญหาไว้ว่า การแก้ปัญหามีข้อจำกัดที่เริ่มต้นจากปัญหาและจบลงด้วยการแก้ปัญหาแต่การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดที่ครอบคลุมมากกว่าการคิดแก้ปัญหาเฉพาะเรื่องและไม่จำเป็นต้องเริ่มที่ปัญหา อาจเริ่มจากเรื่องทั่ว ๆ ไปแต่เน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยไม่จำเป็นว่าจะมีปัญหาเกิดขึ้นหรือไม่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่สัมพันธ์กัน คือ การแก้ปัญหาคือการคิดแบบมีวิจารณญาณ (ผู้ที่ไม่ใช่นักแก้ปัญหาแบบวิจารณ์จะไม่สนใจว่าการคิดแบบวิจารณ์จะมีผลต่อคำตอบของปัญหา) การคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผ่านการพิจารณารับรู้อย่างดี จะไม่ทำให้เกิดการผันแปรต่อคำตอบของปัญหาที่ได้ และการแก้ปัญหาก็จะใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นหลักในการคิด ดังนั้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการแก้ปัญหา ด้วยเหตุนี้ทั้งสองวิธีจึงเป็นสิ่งที่จะต้องใช้ร่วมกันไม่ใช่แยกกัน

อรพรรณ ลือบุญรัชชัย (2543) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าเป็นการใช้ปัญญาในการพิจารณาไตร่ตรองอย่างสุขุม รอบคอบ มีเหตุผล มีการประเมินสถานการณ์ เชื่อมโยงเหตุการณ์ มีการตีความสรุปความ โดยอาศัยความรู้ ความคิด และประสบการณ์ของตนในการสำรวจหลักฐานอย่างละเอียดถูกต้อง เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและข้อตัดสินใจที่สมเหตุสมผล

ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และ อุษา ชูชาติ (2544) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณคือ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และตัดสินใจแก้ปัญหา โดยยึดหลักการคิดด้วยเหตุผลจากข้อมูลที่เป็นจริงมากกว่าอารมณ์และการคาดเดา พิจารณาความเป็นไปได้ในแง่มุมต่าง ๆ ว่าสิ่งใดคือความจริง อะไรคือความถูกต้อง คิดด้วยความรอบคอบ ระมัดระวัง ใช้สติปัญญาและทักษะการคิดไตร่ตรองอย่างมีวิจารณญาณมากกว่าการใช้อารมณ์ที่ทำให้เกิดความลำเอียงเกิดอคติซึ่งจะมีผลเสียต่อการตัดสินใจ ดังนั้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นการคิดที่เปิดกว้างมีเป้าหมายแน่นอน มีเหตุผลมีความถูกต้องแม่นยำ สามารถตรวจสอบความคิดและประเมินความคิดของตนเองได้

พลกฤษ ดันติยานุกูล (2547) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และได้สรุปไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรอง อย่างรอบคอบเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ปรากฏ โดยมีการรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน ที่มีความน่าเชื่อถือมาเพื่อสนับสนุนเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่สมเหตุสมผลหรือการตัดสินใจแก้ปัญหา ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

ปณิตา วรรณพิรุณ (2551) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด อย่างมีวิจารณญาณ โดยได้ให้ความหมายการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดหรือกระบวนการคิดโดยใช้ข้อมูล ข้อความรู้ ประกอบการคิดพิจารณาไตร่ตรอง อย่างรอบคอบในการทำความเข้าใจกับเรื่องราว แล้วนำมาตั้งเป็นสมมติฐานจากรื่องราวนั้น เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ แปลความหมายและสรุปข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล เพื่อนำผลที่ได้ จากการสรุปมาประเมินและตัดสินใจในการปฏิบัติต่อสถานการณ์หนึ่ง ๆ

สริยญา มารศรี (2562) ได้ให้ความหมายของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ว่าเป็นกระบวนการคิดที่ใช้เหตุผล มีการศึกษาข้อเท็จจริง หลักฐาน และข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจ แล้วนำมาพิจารณา วิเคราะห์ อย่างสมเหตุสมผล จะเป็นผู้ที่ยอมรับฟัง ความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ไม่ยึดถือความคิดเห็นของตนเอง ก่อนที่จะตัดสินใจในเรื่องใด จะต้องมีข้อมูลหลักฐานเพียงพอ และสามารถเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองให้เข้ากับผู้อื่น ได้ หากผู้อื่นมีเหตุผลที่เหมาะสมถูกต้องกว่า

ดังกล่าวมานี้ ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า เป็นความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรองข้อมูลอย่างรอบคอบ โดยใช้หลักฐานหรือข้อมูลที่ เชื่อถือได้มาสนับสนุนกระบวนการคิดนำไปสู่การลงข้อสรุปและการตัดสินใจที่เหมาะสม มีเหตุผล

2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งเป็นการคิดในระดับสูง ที่ต้องใช้ทักษะการคิดพื้นฐานต่าง ๆ ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน จากการศึกษาพบว่า ได้มี นักการศึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิทั้งในและต่างประเทศนำเสนอทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

Watson & Glaser (1964) ได้กล่าวถึงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า ประกอบด้วย ทักษะคิด ความรู้ และทักษะในเรื่องต่อไปนี้ (1) การอุปนัย (2) การระบุสมมติฐาน (3) การอุปมาน (4) การตีความ (5) การประเมินการอ้างเหตุผล

Decaroli (1973) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ อย่างสอดคล้องกัน ดังนี้

1) การนิยาม เป็นการกำหนดปัญหา ทำความตกลงเกี่ยวกับความหมายของคำ และข้อความ และกำหนดเกณฑ์ เป็นความสามารถในการระบุลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ระบุปัญหาได้ รวบรวมสาระสำคัญและจุดเด่นของเรื่องราวต่าง ๆ

2) ทักษะการวิเคราะห์ เป็นการพัฒนาข้อมูลอย่างละเอียด แยกย่อยโดยการคำนึงถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลเพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งนั้น จนสามารถประเมินค่า และตัดสินใจได้ สามารถสังเกต จำแนกแยกแยะ บอกรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ จุดต่าง ๆ จุดร่วมของสิ่งต่าง ๆ และสามารถจัดหมวดหมู่ข้อมูล

3) ทักษะการสังเคราะห์ เป็นการประมวลผลข้อมูล ทักษะการระบุข้อมูลที่จำเป็น การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องและจัดระบบข้อมูลแล้วสามารถเลือกใช้ข้อมูลได้ว่าข้อมูลใดจำเป็น หรือไม่จำเป็น ข้อมูลใดน่าเชื่อถือหรือไม่

4) การตีความข้อเท็จจริง และการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน การระบอคติ การลำเอียง

5) การใช้เหตุผลโดยระบุเหตุและความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์

6) การประเมินผล โดยการตัดสินใจคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ อย่างสมเหตุสมผล โดยนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกัน รู้ว่าข้อมูลใดเป็นข้อเท็จจริง เป็นข้อคิดเห็น ระบุได้ว่า สิ่งใดเป็นอคติ สิ่งใดเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้อง สิ่งใดถูกหรือผิดจนสามารถตัดสินใจได้

7) การประยุกต์ใช้ หรือนำไปปฏิบัติในสถานการณ์ใหม่

8) การประเมินความสำเร็จของคำตอบ โดยการใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจ ความเพียงพอของคำตอบตามทฤษฎี

Gagne (1985) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า เป็นกระบวนการที่เริ่มจากสัญลักษณ์ทางภาษา จนโยงมาเป็นความคิดรวบยอดเป็นกฎเกณฑ์ นำกฎเกณฑ์ไปใช้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) สังเกตให้ผู้เรียนสังเกต รับรู้ และพิจารณา ข้อความ หรือภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ให้ทำกิจกรรมรับรู้ เข้าใจ ได้ความคิดรวบยอดที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ สรุปเป็นใจความสำคัญครบถ้วน ตรงตามหลักฐานข้อมูล

2) อธิบายให้ผู้เรียนอธิบายหรือตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น เห็นด้วยหรือไม่ เห็นด้วยกับสิ่งที่กำหนด เน้นการใช้เหตุผลด้วยหลักการ กฎเกณฑ์ อ้างหลักฐานข้อมูลประกอบให้ น่าเชื่อถือ

3) รับฟังให้ผู้เรียนได้ฟังความคิดเห็นที่แตกต่างจากความคิดเห็นของตน ได้ฟังและตอบคำถามตามความคิดเห็นที่แตกต่างกัน เน้นการปรับเปลี่ยนความคิดอย่างมีเหตุผล ไม่ใช่อารมณ์หรือถือความคิดเห็นของตนเป็นใหญ่

4) เชื่อมโยงความสัมพันธ์ให้ผู้เรียนได้เปรียบเทียบความแตกต่าง และความคล้ายคลึงของสิ่งต่าง ๆ จัดกลุ่มสิ่งที่เป็นพวกเดียวกัน หาเหตุหรือกฎเกณฑ์มาเชื่อมโยง ในลักษณะอุปมาอุปไมย

5) วิเคราะห์ จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนวิเคราะห์เหตุการณ์คำกล่าว แนวคิด หรือการกระทำที่กำหนด แล้วให้จำแนกหาข้อดี ข้อด้อย ส่วนดี ส่วนด้อย ส่วนสำคัญ หรือส่วนที่มีความสำคัญจากสิ่งนั้นด้วยการยกเหตุผลและหลักฐานประกอบ เช่น บอกว่าการกระทำนั้น ไม่เหมาะสม เพราะอะไร ทำถูกต้องเพราะอะไร

6) สรุปให้ผู้เรียนได้พิจารณาการกระทำ หรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เชื่อมโยง เกี่ยวข้องกันแล้วสรุปผลอย่างตรงไปตรงมาตามหลักฐานข้อมูล เช่น การกระทำนั้น ผู้เรียน เห็นว่าเป็นการกระทำที่ถูกต้องควรประพฤติปฏิบัติอย่างไร มีเหตุผลสนับสนุนอย่างไร ข้อความ ที่กล่าวมานั้นเชื่อถือได้หรือไม่อย่างไร

Dressel & Mayhew (1957) กล่าวว่าไว้ว่าทักษะคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย 5 ชั้น ดังนี้

1) การนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการกำหนดปัญหา ข้อโต้แย้ง วิเคราะห์ ข้อความหรือข้อมูลที่คลุมเครือให้ชัดเจน และเข้าใจความหมายของคำหรือข้อความ หรือแนวคิด ภายในขอบเขตข้อเท็จจริงที่กำหนดให้ระบอบองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา จัดองค์ประกอบ ของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอน

2) การรวบรวมข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการพิจารณา ปรัชญาการต่าง ๆ ด้วยความเป็นปรนัย เลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาข้อโต้แย้ง หรือข้อมูลที่ คลุมเครือ แสวงหาข้อมูลที่ต้องการและชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3) การจัดระบบข้อมูล เป็นความสามารถในการแสวงหาแหล่งที่มาของข้อมูล วินิจฉัยความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ระบบ ข้อตกลงเบื้องต้นของข้อความ พิจารณา ความเพียงพอของข้อมูล จัดระบบโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น จำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาข้อเท็จจริง กับความคิดเห็น พิจารณาข้อมูลที่แสดงถึงความลำเอียงและการ โฆษณาชวนเชื่อ และตัดสิน ความขัดแย้งของข้อความและเสนอข้อมูลได้

4) การเลือกสมมติฐาน เป็นความสามารถในการเลือกสมมติฐาน ที่สามารถเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก การกำหนดสมมติฐานจากความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูลพิจารณาทางเลือกหลาย ๆ ทาง ในการแก้ปัญหา

5) การสรุปเป็นความสามารถในการคิดพิจารณาข้อความคลุมเครือของข้อมูล โดยจำแนกข้อมูลที่เหตุผลหนักแน่น และน่าเชื่อถือว่ามีความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจสรุป ถ้าการสรุปไม่มีเหตุผลเพียงพอต้องมีการหาเหตุผลเพิ่มเติม มาพิจารณาตัดสินใจสรุปใหม่ แล้วจึงนำข้อมูลสรุปและหลักการไปประยุกต์ใช้

Ennis (1985a) ได้อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

- 1) นิยาม ได้แก่ การระบุจุดสำคัญของประเด็นปัญหา ข้อสรุป ระบุเหตุผล การตั้งคำถามที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ การระบุเงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้น
- 2) การตัดสินใจข้อมูล ได้แก่ การตัดสินใจที่น่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การตัดสินใจ ความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา
- 3) การอ้างอิงในการแก้ปัญหาและการสรุปอย่างสมเหตุสมผล ได้แก่การอ้างอิง และตัดสินใจในการสรุปแบบอุปมัยและนิรนัย

เพ็ญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์ (2537) ได้ทำการสังเคราะห์กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากแนวคิดของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สรุปได้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

- 1) การระบุประเด็นปัญหา เป็นการทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหา ข้อคำถาม ข้ออ้างหรือข้อโต้แย้ง ซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสภาพการณ์ที่ปรากฏ เพื่อกำหนดประเด็นปัญหา ข้อสงสัย ประเด็นหลักที่ควรพิจารณา รวมทั้งความหมายของคำ หรือความชัดเจนของข้อความด้วย

- 2) การรวบรวมข้อมูล เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยพิจารณาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่

- 3) การรวบรวมข้อมูลสามารถทำได้โดยการสังเกตทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งการดึงข้อมูลจากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งที่มาของข้อมูลและการประเมินความถูกต้องของข้อมูล และการพิจารณาความพอเพียงของข้อมูลทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพตามประเด็นที่พิจารณา

4) การระบุลักษณะข้อมูล เป็นการแยกแยะความแตกต่างของข้อมูลว่าข้อมูลใด เป็นข้อคิดเห็น ข้อเท็จจริงและการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลเพื่อเป็นแนวทาง ในการตั้งสมมติฐาน

5) การตั้งสมมติฐาน เป็นการกำหนดขอบเขต แนวทางของการพิจารณาหาข้อสรุป ของคำถาม ประเด็นปัญหา หรือข้อโต้แย้ง ซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ และการตั้งสมมติฐาน

6) การลงข้อสรุป โดยการพิจารณาเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมจากข้อมูลที่ปรากฏ ในการลงข้อสรุปโดยการใช้เหตุผลทั้งแบบอุปนัยและนิรนัย

7) การประเมินข้อสรุป เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลของข้อสรุป โดยอาศัยความสามารถในการวิเคราะห์และการประเมิน

ทิสนา แคมมณี (2544) ได้อธิบายทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีวิธีคิดดังนี้

- 1) ตั้งเป้าหมายในการคิด
- 2) ระบุประเด็นในการคิด
- 3) ประมวลข้อมูลทั้งทางด้านข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็น ที่คิดทางกว้าง ทางลึก และทางไกล
- 4) วิเคราะห์ จำแนก แยกแยะ จัดหมวดหมู่ของข้อมูลและเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้
- 5) ประเมินข้อมูลที่จะใช้ในแง่ความถูกต้อง ความเพียงพอ และความน่าเชื่อถือ
- 6) ใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล เพื่อแสวงหาทางเลือกหรือคำตอบ ที่สมเหตุสมผลตามข้อที่มี
- 7) เลือกทางเลือกที่เหมาะสมโดยพิจารณาถึงผลที่จะตามมาและคุณค่า หรือความหมายที่แท้จริงของสิ่งนั้น
- 8) ชั่งน้ำหนักผลได้ผลเสีย คุณโทษในระยะสั้นและระยะยาว
- 9) ไตร่ตรอง ทบทวนกลับกลับไปกลับมาให้รอบคอบ
- 10) ประเมินทางเลือกและลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด

อุษณีย์ โพธิ์สุข (2545) ได้อธิบายทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าประกอบด้วย ขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) การนิยามปัญหา หมายถึง การกำหนดปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหา โดยพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเพื่อกำหนดปัญหา ข้อโต้แย้ง หรือข้อมูลที่ ที่คลุมเครือ รวมทั้งการนิยามความหมายของคำหรือข้อความ ปัญหาเป็นสิ่งที่เร้าที่เป็นจุดเริ่มต้น ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2) การรวบรวมข้อมูล หมายถึง การแสวงหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ข้อโต้แย้ง หรือข้อมูลที่คลุมเครือจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งการดึงข้อมูลหรือความรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่มาใช้ โดยการสังเกต ทั้งการสังเกตด้วยตนเองและการรวบรวมข้อมูลจากการรายงานผลการสังเกตของผู้อื่น

3) การจัดระบบข้อมูล หมายถึง การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล พิจารณาความเพียงพอของข้อมูลและการจัดระบบของข้อมูล ขณะเดียวกันต้องประเมินความถูกต้องและความเพียงพอของข้อมูลที่รวบรวมได้ว่าจะนำไปสู่การอ้างอิงได้หรือไม่ มีการจัดระบบข้อมูลที่รวบรวมได้โดยแยกแยะความแตกต่างของข้อมูล คือ จำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา การระบุข้อตกลงเบื้องต้น เพื่อนำมาจัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐาน

4) การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การพิจารณาแนวทางการสรุปอ้างอิงของปัญหา ข้อโต้แย้ง โดยการนำข้อมูลที่มีการจัดระบบแล้วมาพิจารณาเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ เพื่อกำหนดแนวทางการสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ว่าจากข้อมูลที่ปรากฏสามารถเป็นไปได้ในทิศทางใดบ้าง เพื่อที่ได้พิจารณาเลือกแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุด

5) การสรุปอ้างอิงโดยใช้หลักการทฤษฎี หมายถึง การพิจารณาเลือกแนวทางที่สมเหตุสมผลที่สุดจากข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ การใช้เหตุผลเป็นทักษะวิธีการคิดที่จำเป็นต่อการตัดสินใจ สรุป และเป็นทักษะการคิดที่สำคัญของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนั้น ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงจำเป็นต้องใช้เหตุผลที่ดีเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล และลักษณะของการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์กับการใช้เหตุผลแบบตรรกศาสตร์ หรือใช้เหตุผลแบบอุปมานและอนุมาน

6) การประเมินสรุปอ้างอิง หมายถึง การนำการสรุปอ้างอิงหลังจากการตัดสินใจ โดยใช้หลักการทฤษฎี แล้วประเมินข้อสรุปอ้างอิงว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ รวมทั้งพิจารณาว่าข้อสรุปนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร หากข้อมูลที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงและค้นพบข้อมูลเพิ่มเติมต้องกลับไปรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่อีกครั้งหนึ่ง

พงษ์เทพ บุญศรีโรจน์ (2545) ได้กล่าวถึงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้ว่าประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ทำความเข้าใจประเด็นปัญหาให้ชัดเจน ทั้งนี้เพราะปัญหาเป็นบ่อเกิดแห่งการคิด ถ้าไม่เห็นปัญหา การคิดจะไม่เกิดขึ้น

- 2) เสาะหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้มากที่สุดและต้องเป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ ถ้าเป็นประเด็นวิทยาศาสตร์ ข้อมูลนั้นจะต้องผ่านการพิสูจน์จึงจะยอมรับได้
 - 3) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาเหล่านั้นแยกแยะให้เห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัวที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ โดยอาศัยหลักการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดเชิงตรรกะ
 - 4) ประเมินค่าของแต่ละองค์ประกอบในแต่ละสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การสรุปและตัดสินใจที่สมเหตุสมผลต่อไป
- สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้กล่าวถึงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าประกอบด้วยกระบวนการ 6 ขั้น ซึ่งคล้ายคลึงกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของอูยนิย์ โปซีสซุช (2545) ดังนี้
- 1) การกำหนดปัญหา หมายถึง การรู้จักและทำความเข้าใจกับปัญหาโดยพิจารณารวบรวมประเด็นปัญหา แยกแยะปัญหาและจัดลำดับปัญหาเพื่อกำหนดปัญหา ข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือรวมทั้งการนิยามความหมายของคำหรือข้อความ สิ่งเร้าที่เป็นจุดเริ่มต้นของการคิดอย่างมีวิจารณญาณคือปัญหา
 - 2) การรวบรวมข้อมูล หมายถึง การแสวงหาสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ข้อโต้แย้งจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งการเลือกข้อมูลหรือความรู้จากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่มาใช้ ดังนั้นวิธีการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้แก่ การสังเกต ทั้งการสังเกตด้วยตนเอง และการรวบรวมข้อมูลจากการรายงานผลการสังเกตของผู้อื่น
 - 3) การจัดระบบข้อมูล หมายถึง การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ความเพียงพอของข้อมูล และการจัดระบบของข้อมูล ซึ่งต้องประเมินความถูกต้อง และความเพียงพอของข้อมูลที่รวบรวมได้ว่าจะนำไปสู่การอ้างอิงได้หรือไม่ร่วมด้วย โดยแยกแยะความแตกต่างของข้อมูล คือ จำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา การระบุข้อตกลงเบื้องต้นเพื่อนำมาจัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐาน
 - 4) การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การพิจารณาแนวทางสรุปอ้างอิงปัญหา ข้อโต้แย้ง โดยนำข้อมูลที่มีการจัดระบบแล้วมาเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์เพื่อสรุปแนวทางที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด
 - 5) การสรุปอ้างอิงโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ หมายถึง การพิจารณาเลือกแนวทางที่สมเหตุสมผลจากข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ในการตัดสินใจสรุป ซึ่งคุณลักษณะของการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์กับการใช้เหตุผลแบบตรรกศาสตร์หรือใช้เหตุผลแบบอุปมานและอนุมาน

6) การประเมินการสรุปอ้างอิง หมายถึง การประเมินความสมเหตุสมผลตามหลักตรรกศาสตร์ โดยประเมินว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไรหากข้อมูลที่ได้รับมีการเปลี่ยนแปลง

สรินญา มารศรี (2562) ได้กล่าวถึงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าเป็นกระบวนการคิดที่มีขั้นตอนการฝึกการคิดที่หลากหลายรูปแบบตามหลักการและแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่านที่ได้ผ่านการทดลองมาแล้ว ดังนั้นครูผู้สอนจึงสามารถเลือกกระบวนการคิดที่มีขั้นตอนต่าง ๆ ตามที่เหมาะสมกับเรื่องที่จะสอนหรือให้เข้ากับสภาพแวดล้อมการจัดการเรียนรู้ ซึ่งขั้นตอนส่วนใหญ่จะมีหัวข้อที่สามารถสรุปได้ว่ามีความคล้ายคลึงกับเรื่องดังต่อไปนี้

- 1) การทำความเข้าใจกับปัญหาหรือประเด็นสถานการณ์ที่พบ
- 2) การรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา
- 3) การวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาข้อมูล เพื่อหาทางเลือกหรือคำตอบที่ถูกต้องอย่างรอบคอบ
- 4) การประเมินทางเลือกหลายทาง

จากการศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้สรุปว่าในการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องมีกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การกำหนดปัญหา หมายถึง การพิจารณาสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือข้อมูลที่กำหนดให้ แล้วระบุประเด็นปัญหาที่จะต้องตัดสินใจหรือให้ข้อสรุป
- 2) การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคาดคะเนคำตอบของปัญหาที่จะต้องตัดสินใจหรือให้ข้อสรุป โดยพิจารณาอย่างไตร่ตรองและรอบคอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ เพื่อหาแนวทางที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดในการลงข้อสรุปหรือตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษา
- 3) การสรุปอ้างอิง หมายถึง การค้นหาหรือเชื่อมโยงหลักฐานหรือข้อมูลที่เชื่อถือได้มาสนับสนุนการตรวจสอบสมมติฐาน เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปหรือตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษาอย่างมีเหตุผล
- 4) การประเมิน หมายถึง การนำการสรุปอ้างอิงไปประยุกต์ใช้สถานการณ์อื่น ๆ แล้วประเมินการสรุปอ้างอิงนั้น ๆ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ และสามารถเปลี่ยนแปลงการสรุปอ้างอิงได้หากมีข้อมูลเพิ่มเติม

3. การวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Watson & Glaser (1964) ได้พัฒนาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อนำไปใช้กับนักเรียนตั้งแต่เกรด 9 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3) ขึ้นไปจนถึงวัยผู้ใหญ่ ลักษณะแบบวัดเป็นแบบคู่ขนาน ประกอบด้วยแบบทดสอบฉบับ A และแบบทดสอบฉบับ B โดยแต่ละฉบับประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 ด้าน ดังนี้

1) ความสามารถในการอนุมาน วัดความสามารถในการตัดสินใจจำแนกข้อสรุปว่าข้อใดเป็นจริง ข้อใดเป็นเท็จ โดยกำหนดสถานการณ์มาให้ และมีข้อสรุปประมาณ 3 – 5 ข้อ ต่อสถานการณ์ ผู้ตอบจะพิจารณาข้อสรุปแต่ละข้อเป็นอย่างไร โดยเลือกจาก 5 ตัวเลือก คือ เป็นจริง น่าจะจริง ข้อมูลไม่เพียงพอ น่าจะเท็จ และเป็นเท็จ

2) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ลักษณะแบบวัดกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วนำมาพิจารณาว่าข้อความใดไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด

3) ความสามารถในการนิรนัย เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุป 2 – 4 ข้อต่อการอ้างเหตุผลนั้น ๆ ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่

4) ความสามารถในการตีความหมาย เป็นการวัดความสามารถในการลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุปนั้น ๆ โดยผู้ตอบจะพิจารณาว่าข้อใดใช่หรือไม่ใช่ ข้อใดเป็นข้อสรุปที่จำเป็นของสถานการณ์นั้น

5) การประเมินข้อโต้แย้ง เป็นการวัดความสามารถในการตอบคำถามและอ้างเหตุผลได้สมเหตุสมผล

Ennis & Millman (1985) ได้สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีชื่อว่า Cornell Critical Thinking Test พัฒนาขึ้นมาโดยยึดหลักทฤษฎีของ Ennis เป็นหลัก โดยสร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณออกมา 2 ฉบับ สำหรับวัดกลุ่มบุคคลต่างระดับกัน ดังนี้

1) Cornell Critical Thinking Test Level X ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นแบบวัดปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 71 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 50 นาที โดยวัดองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ การสรุปองค์ความรู้แบบอุปนัย การตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต การนิรนัย และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

2) Cornell Critical Thinking Test Level Z ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายถึงนักศึกษาระดับปริญญาตรี แบบวัดนี้เป็นแบบวัดปรนัย ชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 52 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 50 นาที โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 7 ด้าน ได้แก่ การนิรนัย การให้ความหมาย ความน่าเชื่อถือของข้อมูล การสรุปโดยอ้างอิงเหตุผล ที่สนับสนุนด้วยข้อมูล การสรุปโดยทดสอบ สมมติฐานและการทำนาย การนิยามและการใช้เหตุผลที่ไม่ปรากฏ และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

Ennis & Weir (1985) พัฒนาแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบเรียงความสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาถึงระดับอุดมศึกษา เป็นแบบวัดนี้ต้องการวัดเกี่ยวกับการจับประเด็น การพิจารณาเหตุผลและข้อตกลงเบื้องต้น การเสนอประเด็นของตนเอง การใช้เหตุผลที่ดี และการพิจารณาประเด็นหรือคำอธิบายที่เป็นไปได้ของผู้อื่น ในการสอบ ผู้สอบจะได้อ่านจดหมายสมมติที่มีผู้เขียนถึงบรรณาธิการหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่ง จดหมายประกอบด้วยข้อความ 8 ย่อหน้า แสดงการโต้แย้งถึงการยกเลิกกฎระเบียบอย่างหนึ่ง หน้าของผู้สอบคือจะต้องเขียนจดหมายดังกล่าวด้วยความยาว 8 ย่อหน้าเช่นกัน พร้อมทั้งประเมินความคิดโดยภาพรวมของจดหมายดังกล่าว

อรพรรณ ลือบุญรัชชัย (2538) ได้สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักศึกษาพยาบาล โดยวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 7 ประการดังนี้

- 1) ความสามารถในการระบุประเด็นปัญหา เป็นความสามารถในการทำ ความเข้าใจสถานการณ์หรือข้อมูลที่ปรากฏและระบุประเด็นปัญหานั้น
- 2) ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล เป็นความสามารถในการสืบค้นข้อมูล จากแหล่งต่าง ๆ จากการสังเกตทางตรงและทางอ้อม และการดึงประสบการณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ ที่ได้จากการสังเกต การสนทนา
- 3) ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือแหล่งข้อมูล เป็นความสามารถ ในการพิจารณา ประเมินตรวจสอบ ตัดสินข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ
- 4) ความสามารถในการระบุลักษณะของข้อมูล เป็นความสามารถในการจำแนก ประเภทของข้อมูล ระบุแนวคิดที่อยู่เบื้องหลังข้อมูลที่ปรากฏ ความสามารถในการพิจารณาแยกแยะ เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล การตีความ การประเมิน การสังเคราะห์ การระบุข้อตกลงเบื้องต้น
- 5) ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน เป็นความสามารถในการกำหนดขอบเขต แนวทางพิจารณาหาข้อสรุปของปัญหา ความสามารถในการคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่าง ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อระบุทางเลือกที่มีความเป็นไปได้

6) ความสามารถในการลงข้อสรุป เป็นความสามารถในการหาข้อสรุปของปัญหา โดยใช้เหตุผลเชิงนิรนัยและอุปนัย

7) ความสามารถในการประเมินผล เป็นความสามารถในการพิจารณา ตัดสิน ให้ค่าความถูกต้อง สมเหตุสมผล การวิเคราะห์และการประเมินไตร่ตรองอย่างรอบคอบ

มลิวัดย์ สมศักดิ์ (2540) ได้สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ประกอบด้วยองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 6 ด้าน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การสรุปอ้างอิง โดยหลักตรรกศาสตร์ และการประเมินและการสรุปอ้างอิง

อารุณี ไทยบัณฑิตย์ (2545) ได้สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ชุด ชุดละ 25 ข้อ ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ลักษณะของข้อคำถามประกอบด้วยข้อความที่มีปัญหาคลุมเครือ ข้อโต้แย้ง สถานการณ์หรือข้อมูลจากสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ประกอบด้วยองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 6 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล การแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อมูล การหาข้อสรุป และการนำไปใช้ประโยชน์

ปณิตา วรณพิรุณ (2551) ได้ทำการศึกษาแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาตรฐาน คือ Comell Critical Thinking Test Level Z (Ennis & Millman, 1985) ใช้วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษาระดับปริญญาตรี และบัณฑิตศึกษา รวมถึงผู้ใหญ่ ประกอบด้วยคำถามแบบปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 52 ข้อ ใช้เวลาในการตอบแบบทดสอบ 50 นาที โดยมีค่าความเที่ยงอยู่ระหว่าง 0.50 – 0.77 และได้้นำแบบทดสอบวัดมาตรฐานดังกล่าวมาแปลเป็นภาษาไทยโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านภาษา ศูนย์การแปลและการล่ามเฉลิมพระเกียรติ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 โดยวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 6 ด้าน ตามแนวคิดของ Ennis (1985a) ดังนี้

1) การสรุปแบบนิรนัย หมายถึง ความสามารถในการนำหลักการใหญ่แตกเป็นหลักการย่อย โดยใช้หลักการเหตุผลทางตรรกศาสตร์เพื่อสรุปผลที่ตามมาจากข้อสรุปนั้น ๆ ได้

2) การให้ความหมาย หมายถึง ความสามารถในการบอกคำเหมือน หรือคำที่มีความหมายคล้ายกันได้ จำแนกและจัดกลุ่มสิ่งที่เหมือนกันได้ สามารถให้นิยามเชิงปฏิบัติการ และยกตัวอย่างสิ่งที่ “ใช่” และ “ไม่ใช่” ได้

3) การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล รายละเอียดของข้อมูลโดยการสังเกต และการแปลความหมายร่วมกับการสังเกต การตัดสินใจผลของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเอง โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้

4) การสรุปแบบอุปนัย หมายถึง ความสามารถในการหาเหตุผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปโดยการยกตัวอย่างรายละเอียดย่อย ๆ ของเนื้อหาอย่างครอบคลุมและเพียงพอที่จะสรุป และลงความเห็นจากข้อสรุปนั้น ๆ ได้

5) การสรุปโดยการทดสอบสมมติฐานและการทำนาย หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาทางเลือกที่สมเหตุสมผลที่สุดจากแหล่งข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่เพื่อนำไปสู่การสรุปคำตอบที่สมเหตุสมผล

6) การนิยามและการระบุข้อสันนิษฐาน หมายถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลเพื่อกำหนดปัญหา ทำความตกลงเกี่ยวกับความหมายของคำ ข้อความและกำหนดเกณฑ์อธิบายสาเหตุและระบุข้อสันนิษฐานจากนิยามที่กำหนดไว้ได้

ดังปรากฏในเอกสารและงานวิจัยที่ได้ระบุไว้ข้างต้น ผู้วิจัยกำหนดวิธีการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 4 ด้าน ตามองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้แก่ การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การสรุปอ้างอิง และประเมิน ผู้วิจัยต้องการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

4. บทสรุป

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรอง ข้อมูลอย่างรอบคอบ โดยใช้หลักฐานหรือข้อมูลที่เชื่อถือได้มาสนับสนุนกระบวนการคิดนำไปสู่การลงข้อสรุปและการตัดสินใจที่เหมาะสม มีเหตุผล แบ่งด้วยตัวบ่งชี้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน ดังนี้

1) การกำหนดปัญหา หมายถึง การพิจารณาสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือข้อมูลที่กำหนดให้ แล้วระบุประเด็นปัญหาที่จะต้องตัดสินใจหรือให้ข้อสรุป

2) การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคาดคะเนคำตอบของปัญหาที่จะต้องตัดสินใจหรือให้ข้อสรุป โดยพิจารณาอย่างไตร่ตรองและรอบคอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ เพื่อหาแนวทางที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดในการลงข้อสรุปหรือตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษา

3) การสรุปอ้างอิง หมายถึง การค้นหาหรือเชื่อมโยงหลักฐานหรือข้อมูลที่เชื่อถือได้มาสนับสนุนการตรวจสอบสมมติฐาน เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปหรือตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษาอย่างมีเหตุผล

4) การประเมิน หมายถึง ในการนำการสรุปอ้างอิงไปประยุกต์ใช้สถานการณ์อื่น ๆ แล้วประเมินการสรุปอ้างอิงนั้น ๆ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ และสามารถเปลี่ยนแปลงการสรุปอ้างอิงได้หากมีข้อมูลเพิ่มเติม

ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 5 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมจำนวนข้อคำถาม 20 ข้อ นำมาใช้วัดทักษะดังกล่าวก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ลักษณะของข้อคำถามจะเป็นการพิจารณาสถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์ใช้ในการตอบแบบทดสอบจำนวน 4 ข้อ จำแนกตามวิธีการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

ในงานวิจัย เรื่อง การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้ใช้แผนการวิจัยแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research หรือ CAS) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis & McTaggart (1988) ได้กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบการวิจัยที่แตกต่างจากการวิจัยรูปแบบอื่น ๆ ในเชิงวิธีการ กล่าวคือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผล การปฏิบัติงานของผู้วิจัยแบบวงจรขดลวด (Spiral of self-reflecting) โดยเริ่มต้นที่กระบวนการวางแผน (Planning) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observing) และการสะท้อนกลับ (Reflecting) ซึ่งต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนผลการปฏิบัติที่ได้จากการสังเกตเพื่อให้เกิดการพัฒนาปรับปรุงการทำงานในแผนการต่อไปให้ดีขึ้น

องอาจ นัยวัฒน์ (2548) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้เป็นการวิจัยที่กระทำโดยผู้วิจัยและบุคลากรที่ปฏิบัติงานในหน่วยงาน องค์กร หรือชุมชน โดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อนำผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบหรือสร้างขึ้น ไปใช้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงานให้ทันต่อเหตุการณ์ สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่ต้องการแก้ไขและสอดคล้อง

กับโครงสร้างการบริหารงาน ตลอดจนทั้งบริบททางด้านสังคม วัฒนธรรม และด้านอื่น ๆ ที่แวดล้อม หรือเกิดขึ้นในสถานที่เหล่านั้น

Johnson (2008) อธิบายการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ว่าเป็นการวิจัยระหว่างการปฏิบัติงาน เพื่อแก้ไขปัญหาที่ผู้วิจัยกำลังเผชิญอยู่ ซึ่งเป็นกระบวนการศึกษาสภาพหรือสถานการณ์ที่เป็นจริง ของสถานการณ์ที่เป็นจริงขององค์กรเพื่อทำความเข้าใจ พัฒนา และปรับปรุงคุณภาพ ของการปฏิบัติงาน

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การศึกษา รวบรวมหรือการแสวงหาข้อเท็จจริง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุป อันนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานในขอบข่าย ที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลาย ๆ ครั้ง กระทั่งผลการปฏิบัติงานนั้นบรรลุ วัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จ โดยขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนกลับ

จากการศึกษาความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การวิจัย เชิงปฏิบัติการ หมายถึง การศึกษาค้นคว้าหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ณ ขณะนั้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ วางแผน ปฏิบัติ สังเกต และสะท้อน กล่าวคือ ผู้วิจัยต้องวางแผน ในการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ศึกษาค้นคว้ามากระทั่งเป็นที่มั่นใจและเชื่อได้ว่าสามารถ แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้จริง จากนั้นจึงปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ ระหว่างปฏิบัติตามแผนนี้จะต้อง สังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติ เมื่อดำเนินการปฏิบัติตามแผนเสร็จสิ้น จึงนำผลที่ได้ จากการปฏิบัติมาวิเคราะห์ร่วมกับผลที่ได้จากการปฏิบัติเพื่อระบุว่าการปฏิบัติตามแผนนั้นสามารถ แก้ไขปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร และมีรายละเอียดอื่นใดที่ควรปรับปรุงแก้ไข แล้วจึงนำผล การวิเคราะห์เหล่านี้ไปวางแผนในการแก้ไขปัญหาครั้งต่อไป

2. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

อุทุมพร จามรมาน (2537) ได้นิยามการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่า เป็นการวิจัยที่ทำโดยครู ของครู เพื่อครู เป็นการวิจัยที่ครูนำปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ มาแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยกระบวนการที่เชื่อถือได้ ผลที่ได้ถือเป็นแนวทางที่ครูจะนำไปใช้แก้ไขปัญหา ในชั้นเรียน

ทิสนา แคมมณี (2538) ได้ระบุว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน คือการวิจัย ในบริบทของชั้นเรียนและมุ่งนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งนำกระบวนการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาครูสู่ความเป็นเลิศและความอิสระทางวิชาการ

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2542) กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่าเป็นกระบวนการที่ครูศึกษาค้นคว้าเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในความรับผิดชอบของตนเอง ซึ่งเน้นการแก้ไขปัญหาหรือพัฒนากระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ดังนั้นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการศึกษาและวิจัยควบคู่ไปกับการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ของครู และเผยแพร่ผลการวิจัยนี้ให้เกิดประโยชน์ต่อวงการศึกษานวงกว้างต่อไป

สุวิมล ว่องวาณิช (2544) อธิบายการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่าเป็นการวิจัยที่ทำโดยครูผู้สอนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียนและนำผลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน ซึ่งต้องกระทำอย่างรวดเร็ว นำผลไปใช้ทันที และสะท้อนข้อมูลการปฏิบัติงานต่าง ๆ ของตนเองให้ทั้งตนเองและกลุ่มเพื่อนร่วมวิชาชีพ ได้มีโอกาสอภิปราย แลกเปลี่ยน เรียนรู้ และนำเสนอความคิดเห็นในแนวทางที่ได้ปฏิบัติ และนำผลที่เกิดขึ้นนี้ไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ครุรักษ์ ภิรมย์รักษ์ (2544) กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่าเป็นบทบาทของครูในการแสวงหาวิธีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบริบทของชั้นเรียน โดยทำพร้อม ๆ กันไปกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปกติ ด้วยกระบวนการที่เรียบง่ายและเชื่อถือได้เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน

นิลรัตน์ นวกิจไพฑูรย์ (2555) อธิบายการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่าเป็นกระบวนการศึกษาค้นคว้าหาความรู้จริงเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ของครู โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยดำเนินการควบคู่ไปกับการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

ดังกล่าวมานั้น ผู้วิจัยได้สรุปความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่าเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการของครูเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนของนักเรียน ซึ่งจะดำเนินการร่วมกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้ครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้หรือสื่อการเรียนรู้ที่แตกต่างไปจากวิธีการหรือสื่อการเรียนรู้เดิม

3. ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

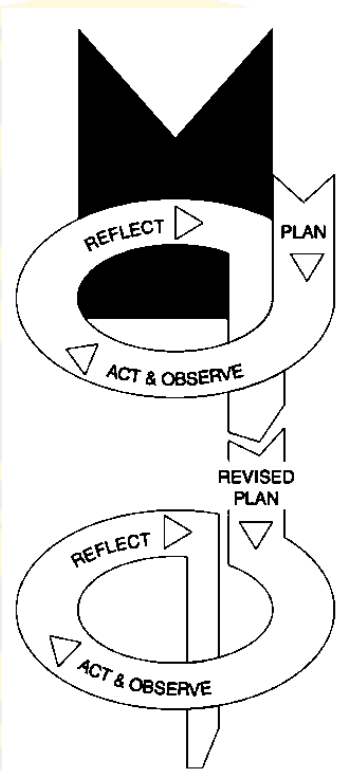
Kemmis & McTaggart (1988) อธิบายว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการคือการทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานที่เป็นวงจรแบบขดลวด หรือเรียกย่อ ๆ ว่า วงจร PAOR ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) วางแผน (Planning) เป็นการกำหนดแนวทางในการดำเนินการปฏิบัติหลังจากวิเคราะห์และกำหนดประเด็นปัญหาชัดเจนแล้ว

- 2) การปฏิบัติ (Action) เป็นการดำเนินการตามแผนที่ได้กำหนดไว้
- 3) การสังเกต (Observing) เป็นการสังเกตผลที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด

การปฏิบัติงาน

- 4) การสะท้อนกลับ (Reflecting) เพื่อปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติงานที่ผ่านมา



ภาพที่ 2 วงจรตลอดของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2552) เสนอขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนทั้งหมด 7 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) การวิเคราะห์ปัญหาในชั้นเรียน โดยเริ่มด้วยการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง
- 2) การออกแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นการเลือกรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการที่เหมาะสมกับปัญหาที่จะทำวิจัย
- 3) การค้นหาและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา ซึ่งเป็นการเลือกนวัตกรรมการศึกษาที่มีความเหมาะสมกับสภาพและบริบทของนักเรียน
- 4) การเขียนโครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อเป็นกรอบแนวคิดขั้นดำเนินการ
- 5) การสร้างเครื่องมือการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ควรดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้และควรมีค่าคุณภาพที่น่าเชื่อถือ

6) การประมวลผลการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย และเหมาะสมกับข้อมูลที่ได้รับรวบรวมไว้

7) การเขียนรายงานการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นขั้นสุดท้ายของการวิจัย

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2557) กล่าวถึงขั้นตอนดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ ดังนี้

- 1) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่คิดใคร่ครวญถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นรวบรวมหลักฐาน ความรู้ ประสบการณ์ ประจักษ์พยาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหาหรือนำไปสู่เป้าหมายได้
- 2) ขั้นปฏิบัติ (Act) เป็นขั้นที่ดำเนินการตามวิธีการที่ได้วางแผนไว้ตามขั้นวางแผน
- 3) ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นที่ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบวิธีการดำเนินการตามแผนที่ได้วางไว้สัมฤทธิ์ผลหรือไม่ อย่างไร มีข้อบกพร่องอย่างไรบ้าง และต้องดำเนินการแก้ไขอย่างรวดเร็ว ขั้นนี้ผู้วิจัยต้องเปิดโอกาสให้ผู้เกี่ยวข้องสะท้อนความรู้สึกและสิ่งที่ได้เรียนรู้ และมีการจดบันทึกเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เป็นอุปสรรคหรือปัญหา
- 4) ขั้นสะท้อนผล (Reflect) เป็นขั้นที่ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากขั้นสังเกตมาสะท้อนวิธีการดำเนินงานที่ได้วางแผนไว้ เพื่อดำเนินการหาแนวทางปรับวิธีปฏิบัติให้ได้ผลที่ดีขึ้นร่วมกับผู้เกี่ยวข้อง หากพบว่าวิธีที่ปฏิบัติมีความเหมาะสมแล้ว อาจระบุเป้าหมายที่สูงขึ้น จากนั้นเริ่มต้นขั้นวางแผนอีกครั้งต่อไปเรื่อย ๆ กระทั่งสามารถใช้กระบวนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยได้

นิลรัตน์ นวกิจไพฑูรย์ (2555) อธิบายขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ดังนี้

- 1) ขั้นการวางแผน ประกอบด้วยการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหา ศึกษาทฤษฎีหลักการเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ การเลือกนวัตกรรมหรือวิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา และการเขียนเค้าโครงการวิจัย
- 2) ขั้นปฏิบัติตามแผน ประกอบด้วยการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ และการพัฒนานวัตกรรมที่ใช้ในการวิจัย การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ และการปฏิบัติการสอน
- 3) ขั้นการสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลของผลการนำนวัตกรรม วิธีการแก้ไขปัญหาไปใช้ หรือผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น โดยใช้เครื่องมือวัดผล และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลที่ได้จากการใช้วิธีการหรือนวัตกรรมในการแก้ปัญหานั้น ๆ

4) ขั้นการสะท้อนผลหรือการสะท้อนความคิด ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการใช้นวัตกรรมมาสะท้อนผลการดำเนินงาน และสรุปผลที่ได้กับบุคคลที่เกี่ยวข้อง ผลสรุปที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การปรับปรุงและแก้ไขการปฏิบัติงานของผู้วิจัย ซึ่งสามารถนำผลที่ได้ไปวางแผนการปฏิบัติงานของผู้วิจัยต่อไป

จากการศึกษาขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988) ได้แก่ ขั้นการวางแผน (Planning) ขั้นการปฏิบัติตามแผน (Action) ขั้นการสังเกต (Observing) และขั้นสะท้อนผล (Reflecting) ซึ่งจะสะท้อนไปสู่การปรับปรุงแผนการปฏิบัติงานในครั้งถัดไป (Re-planning หรือ Revise) โดยมีรายละเอียดสำหรับงานวิจัยนี้ดังต่อไปนี้

1) ขั้นวางแผน ผู้วิจัยดำเนินการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนเรียน ตามลำดับ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ผู้วิจัยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และมีการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้หลังจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน หลังจากการสะท้อนกลับของผลการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรก่อนหน้า

2) ขั้นปฏิบัติตามแผน ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากขั้นตอนการวางแผนไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน คิดเป็น 15 คาบ ต่อเนื่องกันเป็นวงจร จำนวน 5 วงจร ดังนี้

- วงจรที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1
- วงจรที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ที่ได้จากการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 1 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 1
- วงจรที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ได้จากการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 2
- วงจรที่ 4 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ได้จากการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 3
- วงจรที่ 5 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ได้จากการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 4

3) ขั้นสังเกต ในระหว่างที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการวางแผนหรือการปรับปรุงจากวงจรก่อนหน้า ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

ทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย อันประกอบไปด้วยการประเมินระหว่าง การจัดการเรียนรู้ การตอบคำถามในชั้นสรุป การเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ การบันทึก การเรียนรู้ของนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียน เป็นต้น

4) ขั้นสะท้อนกลับ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาสรุปและสังเคราะห์ข้อมูล เชิงปริมาณด้วยสถิติเบื้องต้น และข้อมูลบรรยายเชิงคุณภาพ เพื่อหาแนวทางแก้ไขและพัฒนา คุณภาพของการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป ในขั้นตอนนี้ของวงจรที่ 5 เป็นขั้นตอนสุดท้าย ของการวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาสรุปเป็นข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลบรรยายเชิงคุณภาพ

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จำเป็นต้องมีการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต มาวิเคราะห์ความหมายของข้อมูลและระบุข้อสรุป ซึ่งมีลักษณะการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

4.1 การจัดจำแนกข้อมูล โดยจำแนกข้อมูลออกเป็นแต่ละส่วนที่มีความเกี่ยวเนื่อง สอดคล้องกัน แล้วจึงสร้างความสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความหมาย จากนั้นระบุความหมายและ เชื่อมโยงสิ่งเหล่านั้นเพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละส่วน

4.2 กระบวนการอุปนัยและนิรนัย ต้องอาศัยข้อมูลหรือหลักฐานย่อย ๆ หลายข้อมูล เพื่อหาความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างกระทั่งได้ลักษณะหนึ่ง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นแบบแผน จากนั้นนำแบบแผนที่ได้นี้ไปอธิบายและจัดกลุ่มข้อมูลอื่น ๆ

4.3 ความเป็นพลวัตที่สามารถย้อนกลับไปได้ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพนี้ ควรดำเนินการในขณะที่เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงทิศทางในการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงได้ ข้อสรุปชั่วคราวที่เป็นประโยชน์ในการหาคำตอบเพิ่มเติม

4.4 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ประกอบด้วยเตรียมข้อมูลดิบที่รวบรวม ได้จากการสังเกต การลดและแยกข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ในการ ตอบคำถามการวิจัย การรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน และการหาลักษณะร่วมโดยการ สร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงข้อมูลจากหมวดหมู่เข้าด้วยกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557)

ดังกล่าวมานี้ สรุปได้ว่าการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ ลักษณะของข้อมูลเป็นสำคัญ แล้วนำมาระบุความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงกันของกลุ่มข้อมูลที่ได้ จัดจำแนกไว้ ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะเป็นผลของการวิเคราะห์และคำตอบของคำถามการวิจัย

5. บทสรุป

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยนี้ในรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปรากฏการณ์เป็นฐาน ผ่านกระบวนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ

Kemmis & McTaggart (1988) อธิบายประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ผลจากการสะท้อนกลับนี้จะถูกนำไปปรับปรุงแผนการปฏิบัติงานในครั้งถัดไป ดำเนินการเช่นนี้ไปอย่างต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ขั้นวางแผน (Planning) ผู้วิจัยดำเนินการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา จลนศาสตร์เคมี ก่อนเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามลำดับ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ผู้วิจัยนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และมีการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้หลังจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน หลังจากการสะท้อนกลับของผลการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรก่อนหน้า

2) ขั้นปฏิบัติตามแผน (Action) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากขั้นตอนการวางแผนไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน คิดเป็น 15 คาบ ต่อเนื่องกันเป็นวงจร เป็นต้นว่า วงจรที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วงจรที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ที่ได้จากการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 1 วงจรที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ได้จากการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 2 วงจรที่ 4 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ได้จากการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 3 และวงจรที่ 5 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ได้จากการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 4

3) ขั้นสังเกต (Observe) ในระหว่างที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการวางแผนหรือการปรับปรุงจากวงจรก่อนหน้า ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรม การเรียนรู้ของนักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย อันประกอบไปด้วย การประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ การใช้แบบทดสอบท้ายวงจร การตอบคำถามในชั้นประเมิน การเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ การบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียน

4) การสะท้อนกลับ (Reflect) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาสรุป และสังเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเบื้องต้น และข้อมูลเชิงบรรยาย เพื่อหาแนวทางแก้ไข และพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป ในขั้นตอนนี้ของวงจรที่ 5 เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาสรุปเป็นข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงบรรยาย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเป็นสำคัญ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวโน้มและทิศทางความเป็นไปได้ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน หรือรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เทียบเคียงกัน และวิธีการที่ใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ดังนี้

1. งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้อง

เชษฐชาติรี นวลขำ และยศวีร์ สายฟ้า (2563) ได้นำกิจกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social media) ตามแนวคิดปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมการสะท้อนคิดที่มีต่อพฤติกรรมความรู้ดิจิทัลของนักเรียนระดับประถมศึกษา ส่งผลให้นักเรียนมีพฤติกรรมความรู้ดิจิทัลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

วาสนา กิรติจำเริญ และ อิสรา พลนงค์ (2563) ได้ศึกษาทักษะการสื่อสารและการนำเสนอของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในรายวิชาการออกแบบและการจัดการเรียนรู้ พบว่า ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้งในภาพรวมและรายด้าน และสูงกว่าทักษะการสื่อสารและการนำเสนอของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น (5E)

อนุเบศ ทศนิยม และ สุมาลี ชูกำแพง (2563) ได้นำการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน พบว่านักเรียนมีพัฒนาการในการคิดวิเคราะห์โดยเฉลี่ยในแต่ละวงจรรอยู่ในระดับสูงขึ้นไป และนักเรียนส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์

พงศธร มหาวิจิตร (2562) ได้นำแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการเรียนแบบเชิงรุกในรายวิชาการประถมศึกษาให้กับนักศึกษาระดับอุดมศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้มาคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เมื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักศึกษาแล้ว นักศึกษามีพัฒนาการในทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อันประกอบไปด้วยทักษะกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือกัน ทักษะการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

และการแก้ปัญหา ทักษะการริเริ่มสร้างสรรค์และภาวะผู้นำ และทักษะคิดยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว อยู่ในระดับดีมากทุกทักษะ นอกเหนือจากนี้ยังพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับการเรียนแบบเชิงรุก อยู่ในระดับมาก

รวินันท์ สัจจาศิลป์ และ ชลาธิป สมาหิโต (2562) ได้ศึกษาผลการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานผ่านการสร้างสื่อจำลองที่มีต่อความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สำหรับเด็กปฐมวัย พบว่าเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ดังกล่าวมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มากขึ้น โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 13.47 ± 2.62 ซึ่งแตกต่างจากความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ก่อนเรียนซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ย 7.34 ± 4.00

ฉัตรชฎา ดิงสะ และคณะ (2561) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะผสมผสานกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างชัดเจนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยังสามารถในการแก้ไขปัญหาคิดขึ้นอีกด้วย

ทศพร ทับวงศ์ และ ประกอบ กรณิกิจ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการศึกษานอกสถานที่เสมือนด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลายเมื่อเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าวสูงกว่าก่อนเรียน

บุญเหลือ หอมเนียม และคณะ (2559) ได้พัฒนาชุดการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานผ่านสื่อสังคมเพื่อส่งเสริมทักษะชีวิตด้านการคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคกลางตอนบน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะชีวิตทุกด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

พจมาพร คะเลรัมย์ (2559) ได้พัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ มีดัชนีประสิทธิผลอยู่ที่ 0.6773 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดกิจกรรมดังกล่าว

นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์ (2558) ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า

เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบดังกล่าว นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

น้องนาง ปรี่องาม และ น้อยทิพย์ ลิ้มเจริญยิ่ง (2554) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า การพัฒนากิจกรรมดังกล่าวสามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น มีความกระตือรือร้นในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาคำตอบ จึงทำให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญ

2. งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

Costantino & Barlocco (2019) ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ให้กับนักศึกษาระดับก่อนบัณฑิตศึกษา พบว่า หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน นักศึกษามีพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้ในปฏิบัติการสังเคราะห์สารอินทรีย์ และยังสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการวางแผนในปฏิบัติการเคมีอินทรีย์

Wakil *et al.* (2019) ได้นำการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้ในการพัฒนาทักษะเทคโนโลยีสารสนเทศในรูปแบบสหวิทยาการกับนักเรียนระดับประถมศึกษาที่ขาดทักษะดังกล่าวจากโรงเรียนหลายแห่งในเมืองสุเลมานียาห์ ประเทศอิรัก พบว่าทักษะเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนได้รับการพัฒนามากกว่าร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเรียนรู้รูปแบบเดิม และยังช่วยให้ทักษะดังกล่าวของนักเรียนคงทนอยู่ในระยะเวลายาวนานอีกด้วย

Perez-Alvarez *et al.* (2018) ได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในรายวิชาเทคนิคเคมีวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ สำหรับนักศึกษาระดับก่อนบัณฑิตศึกษา ในสาขาเคมีเชิงฟิสิกส์ โดยใช้เทคนิคคอนดักโทเมตรี เทคนิคโพเทนชิโอเมตรี และเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรเมตรีของโปรตอน ($^1\text{H NMR}$) พบว่า นักศึกษาสามารถนำเทคนิคเหล่านี้ไปใช้ในการวิเคราะห์สารในบริบทของโลกแห่งความเป็นจริงได้ รวมถึงสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ไขปัญหาได้อีกด้วย

Valanne *et al.* (2017) ได้นำการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้ในการพัฒนาทักษะการอ่านภาษาอังกฤษให้กับนักเรียน พบว่านักเรียนมีพัฒนาการในทักษะการอ่านภาษาอังกฤษสูงขึ้นร้อยละ 30 และอยู่ระดับที่สูงกว่านักเรียนในวัยเดียวกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากแรงจูงใจในการเรียนรู้ที่มากขึ้นของนักเรียนผ่านเรื่องราวต่าง ๆ ความพึงพอใจของผู้ปกครองและการร่วมมือกันของคณะครูเพื่อสร้างการเรียนรู้ที่มีความหมายให้กับนักเรียน

Cowden & Santiago (2016) ได้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้กับนักศึกษาในระดับก่อนบัณฑิตศึกษาในรายวิชาชีวเคมีขั้นสูงในรูปแบบสหวิทยาการ พบว่า ทักษะดังกล่าวนั้นสามารถพัฒนาได้โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ได้จัดให้กับนักศึกษา และยังสามารถพัฒนาทักษะการทำกิจกรรมเป็นหมู่คณะได้อีกด้วย

Francis *et al.* (2012) ได้นำการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้ในวิชาเกษตรศาสตร์เชิงนิเวศวิทยา (Agroecology) ให้กับนักศึกษาระดับอุดมศึกษา พบว่านักศึกษาสามารถนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ การประเมินผลผลิตทางการเกษตร เศรษฐกิจ สภาพแวดล้อม และมิติทางสังคม มาประยุกต์ใช้ในการจัดระบบการเกษตรทั้งหมดในไร่นาหรือทุ่งปศุสัตว์ที่นักศึกษาได้ศึกษาเชิงปฏิบัติการ

3. บทสรุป

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบใกล้เคียงกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางเรียนในรายวิชาต่าง ๆ และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด เป็นต้นว่า ทักษะการคิดแก้ไขปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยจึงนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นสำคัญ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วางแผนการวิจัยไว้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน ซึ่งแต่ละห้องมีการจัดนักเรียนแบบคละความสามารถ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้กระบวนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1988) อันประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Planning หรือ P) ขั้นปฏิบัติตามแผน (Action หรือ A) ขั้นสังเกต (Observe หรือ O) และขั้นสะท้อนผล (Reflect หรือ R) ผลจากการสะท้อนนี้จะถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการปฏิบัติงานในครั้งถัดไป (Re-Planning) ดำเนินการเช่นนี้ไปอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 2 โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ คะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนเรียน และคะแนนการตอบ

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนเรียน ร่วมกับคำสัมภาษณ์ของครูผู้สอน รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี คำสัมภาษณ์ของครูผู้สอนกลุ่มรายวิชาเคมี และประสบการณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย เพื่อวางแผนในแต่ละวงจรการวิจัย ดังนี้

1.1. วงจรที่ 1 (P₁) ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมคะแนนการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนเรียน และคะแนนการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 เพื่อวิเคราะห์ระดับความรู้ความเข้าใจเนื้อหาจลนศาสตร์เคมีและระดับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาแนวทางพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยออกแบบกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สืบค้นความรู้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เพื่อวางแผนและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผู้วิจัยเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้นี้ โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวต้องมีปัญหาที่นักเรียนสามารถศึกษาตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ ปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ ได้แก่ การสลายตัวของหินปูน โดยใช้ผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำ และผู้วิจัยวางแผนในการสังเกตพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ รวมถึงการสังเกตการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นเรียนระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ การตอบบทปฏิบัติการและแบบฝึกหัดของนักเรียน บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียน

1.2. วงจรที่ 2 (P₂) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากขั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 1 (R₁) ร่วมกับสภาพปัญหาเดิมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มาพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในระดับที่สูงมากยิ่งขึ้น โดยเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ปฏิกิริยาระหว่าง โลหะแมกนีเซียมและน้ำ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถศึกษาปัญหาตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และออกแบบแบบฝึกหัดหลังเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ฉบับที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้และการสังเกตผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ร่วมกับเครื่องมือชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกับขั้นสังเกตในขั้นที่ 1 เพื่อนำผลที่ได้จากการสังเกตนี้มาวิเคราะห์และสะท้อนผลไปยังวงจรที่ 3 ต่อไป

1.3. วงจรที่ 3 (P₃) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากขั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 2 (R₂) ร่วมกับสภาพปัญหาเดิมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มาพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในระดับที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ปฏิกิริยาไอโอดีนชันของอะซิโตนในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเล็บ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถศึกษาปัญหาตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และออกแบบแบบฝึกหัดหลังเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ฉบับที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) เพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้และการสังเกตผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ร่วมกับเครื่องมือชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกับขั้นสังเกตในขั้นที่ 1 เพื่อนำผลที่ได้จากการสังเกตนี้มาวิเคราะห์และสะท้อนผลไปยังวงจรที่ 4 ต่อไป

1.4. วงจรที่ 4 (P₄) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากขั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 3 (R₃) ร่วมกับสภาพปัญหาเดิมของนักเรียนมาพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในระดับที่สูงขึ้น โดยเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ปฏิกิริยาการทดสอบวิตามินซีด้วยสารละลายไอโอดีน ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถศึกษาปัญหาตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และออกแบบแบบฝึกหัดหลังเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ฉบับที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) เพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้และการสังเกตผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ร่วมกับเครื่องมือชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกับขั้นสังเกตในขั้นที่ 1 เพื่อนำผลที่ได้จากการสังเกตนี้มาวิเคราะห์และสะท้อนผลไปยังวงจรที่ 5 ต่อไป

1.5. วงจรที่ 5 (P₅) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากขั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 4 (R₄) ร่วมกับสภาพปัญหาเดิมของนักเรียนมาพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในระดับสูงมากยิ่งขึ้น โดยเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ปฏิกิริยาการย่อยแป้ง ซึ่งสามารถศึกษาปัญหาตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ ออกแบบฝึกหัดหลังเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ฉบับที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) เพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้และการสังเกตผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับเครื่องมือชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกับขั้นสังเกตในขั้นที่ 1 เพื่อนำผลที่ได้จากการสังเกตนี้มาวิเคราะห์และสะท้อนผลเพื่อแนะนำแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี โดยภาพรวมในโอกาสถัดไป

2. ชั้นปฏิบัติตามแผน ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากชั้นวางแผนไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน คิดเป็น 15 คาบ ต่อเนื่องกันเป็นวงจร จำนวน 5 วงจร ดังนี้

2.1. วงจรที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยกำหนดให้การสลายตัวของหินปูนโดยใช้ผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา

2.2. วงจรที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ผ่านการปรับปรุงโดยอาศัยผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 1 โดยกำหนดให้ปฏิกิริยาการระเหยโลหะแมกนีเซียมกับน้ำเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา

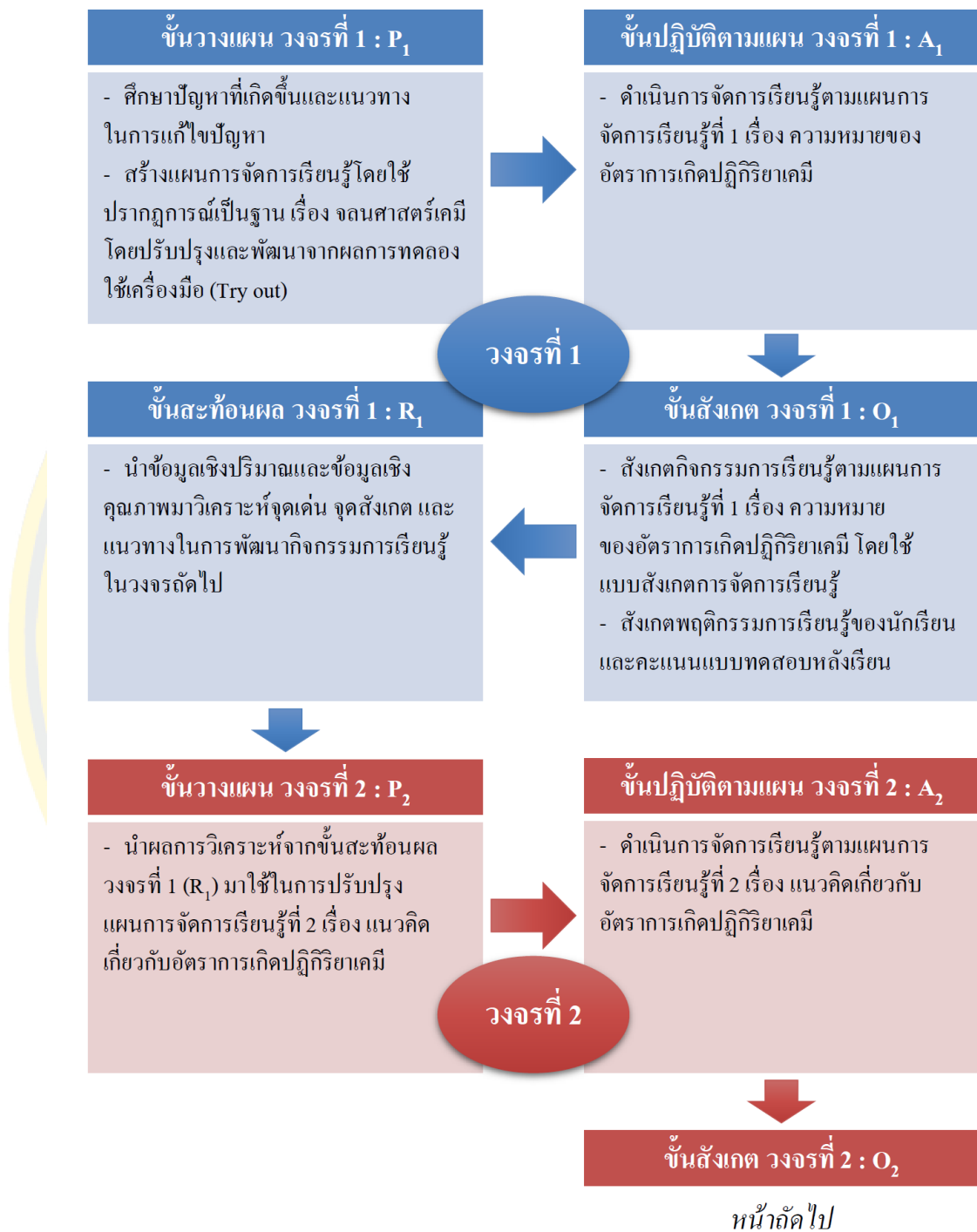
2.3. วงจรที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) ที่ผ่านการปรับปรุงโดยอาศัยผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 2 โดยกำหนดให้ปฏิกิริยาไอโอดีนชันของอะซิโตนในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเล็บเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา

2.4. วงจรที่ 4 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ที่ผ่านการปรับปรุงโดยอาศัยผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 3 โดยกำหนดปฏิกิริยาการทดสอบวิตามินซีด้วยสารละลายไอโอดีนเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา

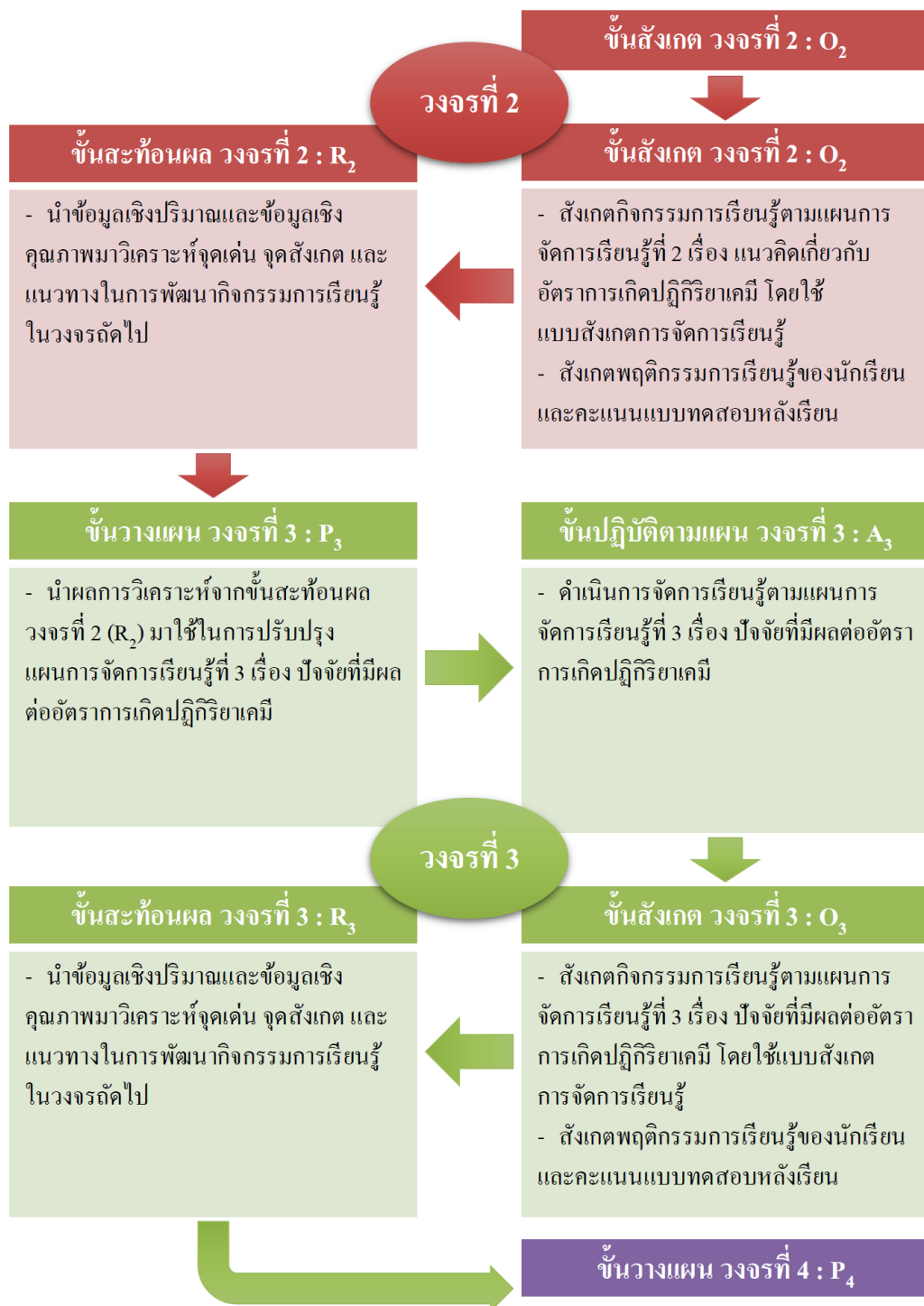
2.5. วงจรที่ 5 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) ที่ผ่านการปรับปรุงโดยอาศัยผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และผลสะท้อนจากวงจรที่ 4 โดยกำหนดปฏิกิริยาการย่อยแป้งเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3. ชั้นสังเกต ในระหว่างที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยใช้แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) การตอบคำถามของนักเรียนในชั้นเรียน บทปฏิบัติการ แบบฝึกหัด การเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ การบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และการสัมภาษณ์นักเรียน

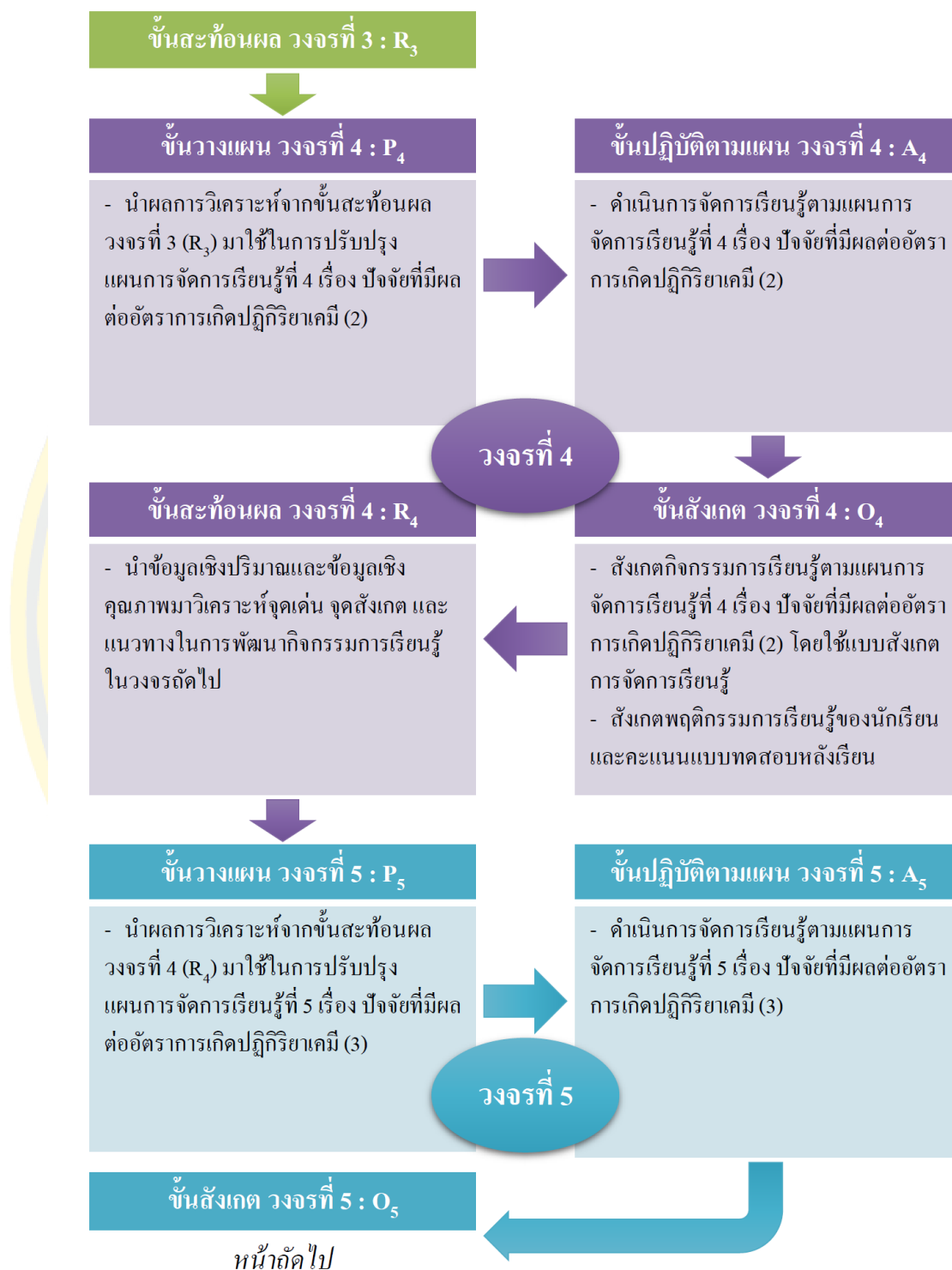
4. ชั้นสะท้อนผล ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาสรุปและสังเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเบื้องต้น และข้อมูลเชิงบรรยาย เพื่อหาแนวทางแก้ไขและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป ในขั้นตอนนี้ของวงจรที่ 5 เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาสรุปเป็นข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงบรรยาย



ภาพที่ 3 แบบแผนการวิจัย



ภาพที่ 3 (ต่อ)



ภาพที่ 3 (ต่อ)



ภาพที่ 3 (ต่อ)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยเป็นผู้จดบันทึกบรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นอย่างไร มีความเหมาะสมหรือไม่ ควรแก้ไขปรับปรุงอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน มีขั้นตอนการเขียนแผน และตรวจสอบคุณภาพ ดังภาพที่ 4 (หน้า 101) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ศึกษาตำรา เอกสาร วารสาร งานวิจัยฉบับตีพิมพ์ และฐานข้อมูลออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พร้อมทั้งศึกษาหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2560 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การกำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน	ลักษณะของกิจกรรม
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน	ครูเตรียมความพร้อมของนักเรียนด้วยการสร้างความสนใจหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้ในกิจกรรมการเรียนรู้
2. ชี้นกิจกรรมการเรียนรู้	
2.1. เลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา	ครูเสนอปรากฏการณ์ให้กับนักเรียนซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเนื้อหาและนักเรียนให้ความสนใจ และสามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการศึกษาได้
2.2. กำหนดปัญหาและสมมติฐาน	นักเรียนระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการศึกษาภายใต้คำแนะนำของครู และสร้างความเข้าใจปัญหาที่นักเรียนระบุ เพื่อตั้งสมมติฐานในการค้นหาหรือแก้ไขปัญหาดังกล่าว
2.3. วางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง	นักเรียนพิจารณาปัญหาและสมมติฐานเพื่อสร้างวิธีการทดลองในหลากหลายรูปแบบ โดยมีเงื่อนไขอยู่บนอุปกรณ์และสารเคมีที่มีจำกัด แล้วพิจารณาวิธีการทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อเลือกนำมาใช้ในการศึกษาทดลองกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์จริงอย่างเหมาะสม โดยนักเรียนต้องอธิบายปัจจัยหรือสาเหตุที่เลือกวิธีการดังกล่าวได้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน	ลักษณะของกิจกรรม
2.4. ดำเนินการทดลอง	นักเรียนดำเนินการทดลองตามวิธีการที่นักเรียนเลือกไว้ แล้วนำผลที่ได้จากการศึกษาทดลองมาประมวลผลร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อสังเคราะห์ที่ได้ความรู้จากการศึกษาปรากฏการณ์ โดยครูเตรียมและอำนวยความสะดวกด้านปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ใช้ในการศึกษา วิธีการทดลอง อุปกรณ์และสารเคมีที่นักเรียนเลือกใช้ ในกระบวนการศึกษา รวมถึงชี้แนะวิธีการดำเนินการที่เหมาะสม
2.5. นำเสนอผลการทดลอง	นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลการทดลองภายในกลุ่มของตนเอง นำเสนอผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ ปัญหาที่เกิดขึ้น และสิ่งอื่น ๆ หน้าชั้นเรียน ที่เป็นประเด็นที่นักเรียนสนใจเพิ่มเติม เพื่อให้ครูประเมินกระบวนการศึกษา และผลที่ได้จากการศึกษาของนักเรียนตามสภาพจริง
3. ชั้นสรุปผลการเรียนรู้	นักเรียนร่วมกันสรุปประเด็นหรือองค์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมการทดลอง โดยอาจเป็นการตอบประเด็นปัญหาที่ครูเตรียมไว้ การเขียนผังความคิด ผังมโนทัศน์ การค้นพบในชั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

1.2 วิเคราะห์เนื้อหาและผลการเรียนรู้ วิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี จากหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2560 โดยกำหนดเนื้อหา เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	แผนการจัดการเรียนรู้ที่
ความหมายของอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	- อธิบายความหมายของอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	3	1
การเกิดปฏิกิริยาเคมี	- กำหนดหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้		
แนวคิดเกี่ยวกับอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	- อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีการชนและทฤษฎีสถานะทรานซิชัน	3	2
	- แปลความหมายจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา		
	- อธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาได้		
	- เขียนสมการแสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาได้		
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	- ทดลองและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	9	3, 4, 5
	- อธิบายเกี่ยวกับกฎอัตราได้		
	- กำหนดเกี่ยวกับกฎอัตราได้		
	- นำความรู้ที่ได้จากปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปใช้ประโยชน์ได้		
รวมจำนวนเวลาเรียน (ชั่วโมง)		15	

1.3 ดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - 3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1)
 - 4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2)
 - 5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)
- ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้ มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

- สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
- ผลการเรียนรู้
- สาระสำคัญ
- สาระการเรียนรู้
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- สมรรถนะของผู้เรียน
- การจัดกิจกรรมการเรียนรู้
 - ขี่นนำเข้าสู่บทเรียน
 - ขี่นกิจกรรมการเรียนรู้
 - การเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา
 - การกำหนดปัญหาและสมมติฐาน
 - การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง
 - การดำเนินการทดลอง
 - การนำเสนอผลการทดลอง
 - ขี่นสรุปผลการเรียนรู้
- สื่อการเรียนรู้
- แหล่งเรียนรู้
- การวัดผลและประเมินผล

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาและตรวจสอบองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ความสัมพันธ์และสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือ การประเมินตามสภาพจริง และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อคณะผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ประกอบด้วย (1) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (2) ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านหลักสูตรและการสอน (3) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวัดผลและประเมินผล (4) ผู้ทรงคุณวุฒิด้าน เนื้อหา เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และ (5) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนวิชาเคมี เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินความเหมาะสมใช้แบบสอบถาม มาตรฐานประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ การประเมิน เป็นคะแนนการจัดลำดับคุณภาพ ดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตรฐานในแบบสอบถาม โดยนำ คำตอบของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

5 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
4 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมมาก
3 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
2 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
1 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลผลค่าเฉลี่ย นำคะแนนเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 คะแนน	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมที่ยอมรับประยุกต์จากการหาดัชนีความเหมาะสม ระหว่างข้อคำถามกับลักษณะเฉพาะกลุ่มพฤติกรรม กำหนดไว้ที่ตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป โดยมีค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540)

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์ เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี เป็น ไปดังตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.67 – 4.78 และมีค่าเฉลี่ย 4.74 ± 0.05 ซึ่งถือว่ามีค่าความเหมาะสม อยู่ในระดับมาก และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ค ตารางที่ 24 หน้า 213 และตารางที่ 25 หน้า 218 ถือได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้

ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

แผนการจัดการเรียนรู้	ค่าความเหมาะสม ของแผนการจัดการเรียนรู้	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความหมายของอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.78	0.24
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.74	0.28
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี (1)	4.78	0.14
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี (2)	4.74	0.28
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)	4.67	0.33
ค่าเฉลี่ย	4.74	0.05

1.6 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของคณะผู้ทรงคุณวุฒิ โดยเพิ่มความหลากหลายของกิจกรรมที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ชี้นำเข้าสู่บทเรียน และขึ้นสรุปผลการเรียนรู้ ตัวอย่างการคำนวณเกี่ยวกับจลนศาสตร์เคมี รวมทั้งข้อคำถาม ในแบบฝึกหัดหลังเรียนทุกฉบับ ให้มีความน่าสนใจและความถูกต้องตามเนื้อหามากยิ่งขึ้น

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่ผ่านการประเมินคุณภาพ จากคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย ชลบุรี ที่มีใช้กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม ปัญหา และข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบ แล้วนำมาแก้ไขก่อนนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมาย

1.8 นำข้อมูลจากการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุง แก้ไข พัฒนา และ จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี สร้างขึ้น เพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี โดยนักเรียนจะได้ ตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนทั้ง 5 วงจรแล้ว มีขั้นตอนการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพ ดังภาพที่ 5 (หน้า 102) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี โดยวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ รวมถึงเอกสาร หนังสือ และตำราที่เกี่ยวข้องกับเรื่องจลนศาสตร์เคมี

2.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิธีการสร้างแบบทดสอบ และหลักการวัดและประเมินผลการศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้าง แบบทดสอบ

2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและผลการเรียนรู้เพื่อกำหนดจำนวน ข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนข้อ คำถาม 40 ข้อ เพื่อคัดเลือกข้อที่เข้าเกณฑ์ไว้ใช้จริง จำนวน 20 ข้อ โดยลักษณะของข้อคำถามนั้น อาจต้องอาศัยการคำนวณอย่างเป็นระบบ จึงทำให้นักเรียนอาจจะใช้เวลาในการตอบคำถาม ในแต่ละข้อพอสมควร ซึ่งจำแนกจำนวนข้อคำถามในแต่ละด้าน ดังตารางที่ 6

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา ความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ แล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แก้ไขแล้วเสนอต่อคณะผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อพิจารณาและตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content validity index หรือ CVI) โดยมีเกณฑ์การประเมินตามหัวข้อดังตารางที่ 7 (Yaghmaie, 2003) หากข้อคำถามนั้นมีดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหามากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 ถือว่าข้อคำถาม ข้อนั้น ๆ มีความตรงเชิงเนื้อหา หากเป็นอื่น ถือว่าข้อคำถามนั้นยังไม่มี ความตรงเชิงเนื้อหา

ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงหรือตัดข้อคำถามตามที่คณะผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำ เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพ

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี เป็นไปตามตารางที่ 8 ข้อคำถามทุกข้อมีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในด้านความสอดคล้องมากกว่า 0.75 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามทุกข้อสอดคล้องกับเนื้อหาและสามารถนำไปใช้ในการทดสอบได้ เมื่อพิจารณาด้านความชัดเจน ความง่าย และความกำกวม ร่วมด้วยแล้ว พบว่ามีข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ ที่มีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาน้อยกว่า 0.75 ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาข้อคำถามเหล่านั้นตามคำแนะนำของคณะผู้ทรงคุณวุฒิ โดยตรวจสอบตัวเล็อกของข้อคำถามแต่ละข้อให้มีหน่วยกำกับปริมาณให้มีความเหมาะสม และให้มีความถูกต้องตรงตามข้อคำถาม เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความชัดเจนและความง่ายมากขึ้น และมีความกำกวมน้อยลง รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ก ตารางที่ 26 หน้า 220

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อคำถาม

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อคำถามที่สร้างขึ้น (จำนวนข้อคำถามที่ต้องการ)						รวม
			ความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
ความหมายของอัตรา การเกิด ปฏิกิริยาเคมี	1. อธิบายความหมายของอัตรา	10	2 (1)	2 (1)	-	-	-	-	4 (2)
	2. คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	10	-	-	4 (2)	-	-	-	4 (2)

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สาระ การเรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อคำถามที่สร้างขึ้น (จำนวนข้อคำถามที่ต้องการ)						รวม
			ความรู้ความรู้อำ ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า		
แนวคิด เกี่ยวกับ อัตรา ปฏิกิริยาเคมี (ต่อ)	3. อธิบาย การเกิด ปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ทฤษฎี การชน และทฤษฎี สถานะ แทรนซิชัน	5	2 (1)	-	-	-	-	-	2 (1)
	4. แปล ความหมาย จากกราฟแสดง การ เปลี่ยนแปลง พลังงานกับ การดำเนินไป ของปฏิกิริยา	5	-	-	-	2 (1)	-	-	2 (1)
	5. อธิบายกลไก การ เกิดปฏิกิริยาได้	5	-	2 (1)	-	-	-	-	2 (1)
	6. เขียนสมการ แสดงกลไกการ เกิดปฏิกิริยาได้	5	-	-	-	-	2 (1)	-	2 (1)

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สาระ การเรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อคำถามที่สร้างขึ้น (จำนวนข้อคำถามที่ต้องการ)						รวม
			ความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
ปัจจัยที่มีผล ต่อการ เกิดปฏิกิริยา เคมี	7. ทดลองและ อธิบายปัจจัยที่ มีผลต่ออัตรา การ เกิดปฏิกิริยาเคมี ได้	25	2 (1)	2 (1)	2 (1)	2 (1)	-	2 (1)	10 (5)
	8. อธิบาย เกี่ยวกับกฎ อัตราได้	15	-	-	-	2 (1)	2 (1)	2 (1)	6 (3)
	9. คำนวน เกี่ยวกับกฎ อัตราได้	10	-	-	2 (1)	-	2 (1)	-	4 (2)
	10. นำความรู้ที่ ได้จากปัจจัยที่มี ผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ไปใช้ประโยชน์ ได้	10	-	-	-	2 (1)	-	2 (1)	4 (2)
รวม		100	6 (3)	6 (3)	8 (4)	8 (4)	6 (3)	6 (3)	40 (20)

ตารางที่ 7 ระดับคะแนนการประเมินโดยใช้ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา

หัวข้อการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
ความสอดคล้อง (Relevance)	คำถามมีความ สอดคล้องมาก	คำถามมีความ สอดคล้องหากมี การปรับปรุง เล็กน้อย	คำถามต้องการ ปรับปรุงจึงจะมี ความสอดคล้อง	คำถามไม่มี ความสอดคล้อง
ความชัดเจน (Clarity)	คำถามมีความ ชัดเจนมาก	คำถามมีความ ชัดเจนหากมีการ ปรับปรุงเล็กน้อย	คำถามต้องการ ปรับปรุงจึงจะมี ความชัดเจน	คำถามไม่มี ความชัดเจน
ความง่าย (Simplicity)	คำถามมีความ ง่ายแล้ว	คำถามมีความ ง่ายหากมีการ ปรับปรุงเล็กน้อย	คำถามต้องการ ปรับปรุงจึงจะมี ความง่าย	คำถามไม่มี ความง่าย
ความกำกวม (Ambiguity)	คำถามไม่มี ความกำกวม	คำถามไม่มี ความกำกวมหาก มีการปรับปรุง เล็กน้อย	คำถามต้องการ ปรับปรุงจึงจะ มีความกำกวม	คำถามมี ความกำกวม

ตารางที่ 8 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง
จลนศาสตร์เคมี จำแนกตามหัวข้อการประเมิน

หัวข้อ การประเมิน	ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา รายข้อ (I-CVI)		ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ทั้งฉบับ (S-CVI)
	ค่าน้อยสุด	ค่ามากที่สุด	
ความสอดคล้อง	0.75	1.00	0.96
ความชัดเจน	0.50	1.00	0.94
ความง่าย	0.50	1.00	0.94
ความกำกวม	0.50	1.00	0.95

2.6 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อทดลองใช้กับนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 48 คน โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่มีชากลุ่มเป้าหมาย

2.7 ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยให้คะแนน 1 คะแนนสำหรับข้อที่ตอบถูก และ 0 คะแนนสำหรับข้อที่ตอบผิด

2.8 นำผลที่ได้จากการตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ เพื่อตรวจสอบหาค่าความยากง่าย (D) ค่าอำนาจจำแนก (B) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบทั้งฉบับ (r_c) โดยข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559) โดยคำนึงถึงความครอบคลุมแนวคิด นิยามศัพท์เฉพาะ และ โครงสร้างของแบบทดสอบที่กำหนด แล้วจึงคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ มาสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ฉบับสมบูรณ์ วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของข้อคำถามที่คัดเลือกไว้ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ด้วยโดยใช้สมการไปโนเมียลของโลเวตต์

ผลการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี พบว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.38 – 1.00 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง -0.25 – 0.95 ผู้วิจัยจึงได้เลือกข้อคำถามที่มีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0.20 ขึ้นไป ทำให้ได้ข้อคำถามจำนวน 20 ข้อ มาปรับปรุงและพัฒนา จึงได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.90 ถือว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นสูง รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ค ตารางที่ 27 หน้า 227

2.9 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ฉบับสมบูรณ์ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

3. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี โดยนักเรียนจะได้ตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ครบถ้วนทั้ง 5 วงจรแล้ว มีขั้นตอนการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพ ดังภาพที่ 6 (หน้า 103) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อระบุแนวคิด นิยามศัพท์เฉพาะ และแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้และออกแบบข้อคำถามสำหรับแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.2 สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้สอดคล้องกับแนวคิดและนิยามศัพท์เฉพาะ โดยกำหนดให้เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับจำนวนข้อคำถาม

องค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อคำถามที่สร้างขึ้น (จำนวนข้อคำถามที่ต้องการ)
การระบุปัญหา	25	10 (5)
การตั้งสมมติฐาน	25	10 (5)
การสรุปอ้างอิง	25	10 (5)
การประเมิน	25	10 (5)
รวม	100	40 (20)

3.3 นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องตามแนวคิดและนิยามศัพท์เฉพาะในแต่ละข้อคำถามและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำมาข้อเสนอมารับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเสนอต่อคณะผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา แล้วผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับปรุงหรือตัดข้อคำถามตามที่คุณวุฒิแนะนำ เพื่อให้ได้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีคุณภาพต่อไป

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อในแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นไปตามตารางที่ 10 ข้อคำถามทุกข้อมีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในด้านความสอดคล้องมากกว่า 0.75 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามทุกข้อสอดคล้องกับเนื้อหา และสามารถนำไปใช้ในการทดสอบได้ เมื่อพิจารณาด้านความชัดเจน ความง่าย และความกำกวมร่วมด้วยแล้ว พบว่ามีข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ ที่มีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาน้อยกว่า 0.75 ผู้วิจัย

จึงได้ปรับปรุงและพัฒนาข้อคำถามเหล่านั้นตามคำแนะนำของคณะผู้ทรงคุณวุฒิ โดยปรับปรุงตัวเลือกในแต่ละข้อคำถามให้สอดคล้องกับข้อคำถามมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความชัดเจนและความง่ายมากขึ้น และมีความกำกวมน้อยลง รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ค ตารางที่ 28 หน้า 228

3.5 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่มีใช้กลุ่มเป้าหมาย แล้วนำมาตรวจให้คะแนน โดยให้คะแนนสำหรับข้อที่นักเรียนตอบได้ถูกต้อง 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิด 0 คะแนน จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก เลือกข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 โดยคำนึงถึงความครอบคลุมแนวคิด นิยามศัพท์เฉพาะ และโครงสร้างของแบบทดสอบที่กำหนด

ตารางที่ 10 คำนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
จำแนกตามหัวข้อการประเมิน

หัวข้อ การประเมิน	ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (I-CVI)		ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (S-CVI)
	ค่าน้อยสุด	ค่ามากที่สุด	
ความสอดคล้อง	0.75	1.00	0.96
ความชัดเจน	0.50	1.00	0.94
ความง่าย	0.50	1.00	0.94
ความกำกวม	0.50	1.00	0.95

3.6 นำผลที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ เพื่อตรวจสอบหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ โดยคำนึงถึงความครอบคลุมแนวคิดนิยามศัพท์เฉพาะ และโครงสร้างของแบบทดสอบที่กำหนด แล้วจึงคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ มาสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับสมบูรณ์ วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของข้อคำถามที่คัดเลือกไว้ในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ด้วยโดยใช้สมการไปโนเมียลของโลเวตต์

ผลการทดลองใช้แบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.50 – 0.96 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง -0.47 – 1.00 ผู้วิจัยจึงได้เลือกข้อคำถามที่มีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0.20 ขึ้นไป ทำให้ได้ข้อคำถามจำนวน 20 ข้อ มาปรับปรุงและพัฒนา จึงได้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.96 ถือว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นสูง รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ค ตารางที่ 29 หน้า 235

3.7 นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับสมบูรณ์ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

4. แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี โดยนักเรียนจะได้ตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรทั้ง 5 วงจร ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาแบบทดสอบตามขั้นตอนดังภาพที่ 7 (หน้า 104) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ศึกษาหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี โดยวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ รวมถึงเอกสาร หนังสือ และตำราที่เกี่ยวข้องกับเรื่องจลนศาสตร์เคมี

4.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิธีการสร้างแบบทดสอบ และหลักการวัดและประเมินผลการศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)

4.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและผลการเรียนรู้เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ สร้างแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนข้อคำถาม 40 ข้อ เพื่อคัดเลือกข้อที่เข้าเกณฑ์ไว้ใช้จริง จำนวน 20 ข้อ โดยลักษณะของข้อคำถามนั้นอาจต้องอาศัยการคำนวณอย่างเป็นระบบ จึงทำให้นักเรียนอาจจะใช้เวลาในการตอบคำถามในแต่ละข้อพอสมควร ซึ่งจำแนกจำนวนข้อคำถามในแต่ละด้าน ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาจุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อคำถามที่สร้างขึ้น (จำนวนข้อคำถามที่ต้องการ)					รวม	
		ความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์		การประเมินค่า
1. ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. อธิบายความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2 (1)	2 (1)	-	-	-	-	8 (4)
	2. คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	-	4 (2)	-	-	-	
2. แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีการชนและสถานะทรานซิชัน	2 (1)	-	-	-	-	-	8 (4)
	4. แปลความหมายจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา	-	-	-	2 (1)	-	-	
	5. อธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาได้	-	2 (1)	-	-	-	-	

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แผนการ จัดการเรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	จำนวนข้อคำถามที่สร้างขึ้น (จำนวนข้อคำถามที่ต้องการ)						รวม
		ความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
2. แนวคิดเกี่ยวกับ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี (ต่อ)	6. เขียนสมการ แสดงกลไกการ เกิดปฏิกิริยาได้	-	-	-	-	2 (1)	-	
3. ปัจจัยที่มีผล ต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยา เคมี (1)	7. ทดลองและ อธิบายปัจจัยที่มี ผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยา เคมีได้	-	-	2 (1)	-	-	-	8 (4)
	8. อธิบายเกี่ยวกับ กฎอัตราได้	-	-	-	2 (1)	2 (1)	-	
	9. คำนวณเกี่ยวกับ กฎอัตราได้	-	-	2 (1)	-	-	-	
4. ปัจจัยที่มีผล ต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยา เคมี (2)	7. ทดลองและ อธิบายปัจจัยที่มี ผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยา เคมีได้	-	-	-	2 (1)	-	2 (1)	8 (4)
	8. อธิบายเกี่ยวกับ กฎอัตราได้	-	-	-	-	-	2 (1)	
	9. คำนวณเกี่ยวกับ กฎอัตราได้	-	-	-	-	2 (1)	-	

ตารางที่ 11 (ต่อ)

แผนการ จัดการเรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	จำนวนข้อคำถามที่สร้างขึ้น (จำนวนข้อคำถามที่ต้องการ)						รวม
		ความรู้ความเข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
5. ปัจจัยที่มีผล ต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยา เคมี (3)	7. ทดลองและ อธิบายปัจจัยที่มี ผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ได้	2 (1)	2 (1)	-	-	-	-	8 (4)
	10. นำความรู้ที่ได้ จากปัจจัยที่มีผล ต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ไปใช้ประโยชน์ ได้	-	-	-	2 (1)	-	2 (1)	

4.4 นำแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา ความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ แล้วปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

4.5 นำแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ที่แก้ไขแล้วเสนอต่อ คณะผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อพิจารณาและตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาโดยใช้ดัชนี ความเที่ยงตรงของเนื้อหา หากข้อคำถามนั้นมีดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา มากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 ถือว่าข้อคำถามนั้นมีความตรงเชิงเนื้อหา หากเป็นอื่น ถือว่าข้อคำถามนั้นยังไม่มี ความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงหรือตัดข้อคำถามตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำ เพื่อให้ได้ แบบทดสอบที่มีคุณภาพ

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เป็นไปดังตารางที่ 12 ข้อคำถามทุกข้อมีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ในด้านความสอดคล้อง ความชัดเจน ความง่าย และความกำกวม มากกว่า 0.75 แสดงให้เห็นว่า ข้อคำถามทุกข้อสอดคล้องกับเนื้อหา ข้อความในข้อคำถามและตัวเลือกมีความชัดเจน สามารถ

หาคำตอบได้ ไม่มีความกำกวม และสามารถนำไปใช้ในการทดสอบได้ ผู้วิจัยปรับปรุงและพัฒนา
ข้อคำถามเพิ่มเติมตามคำแนะนำของคณะผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผู้วิจัยดำเนินการปรับตัวเลือกให้
สอดคล้องกับข้อคำถามมากยิ่งขึ้น ตรวจสอบการคำนวณในแต่ละข้อคำถาม และการเลือกใช้คำใน
โจทย์และตัวเลือกสำหรับแต่ละข้อคำถาม เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่คุณภาพมากขึ้น รายละเอียดปรากฏ
ในภาคผนวก ก ตารางที่ 30 หน้า 236

ตารางที่ 12 คำนวณความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) แต่ละ
ฉบับ จำแนกตามหัวข้อการประเมิน

หัวข้อ การประเมิน	ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาหัวข้อ (I-CVI)		ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (S-CVI)
	ค่าน้อยสุด	ค่ามากที่สุด	
ฉบับที่ 1 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี			
ความสอดคล้อง	1.00	1.00	1.00
ความชัดเจน	0.75	1.00	0.97
ความง่าย	1.00	1.00	1.00
ความกำกวม	0.75	1.00	0.91
ฉบับที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี			
ความสอดคล้อง	0.75	1.00	0.97
ความชัดเจน	0.75	1.00	0.97
ความง่าย	0.75	1.00	0.97
ความกำกวม	0.75	1.00	0.97
ฉบับที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี			
ความสอดคล้อง	1.00	1.00	1.00
ความชัดเจน	0.75	1.00	0.97
ความง่าย	1.00	1.00	1.00
ความกำกวม	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 12 (ต่อ)

หัวข้อ การประเมิน	ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา รายข้อ (I-CVI)		ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ทั้งฉบับ (S-CVI)
	ค่าน้อยสุด	ค่ามากที่สุด	
	ฉบับที่ 4 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2)		
ความสอดคล้อง	1.00	1.00	1.00
ความชัดเจน	1.00	1.00	1.00
ความง่าย	1.00	1.00	1.00
ความกำกวม	1.00	1.00	1.00
ฉบับที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)			
ความสอดคล้อง	0.75	1.00	0.94
ความชัดเจน	0.75	1.00	0.94
ความง่าย	0.75	1.00	0.94
ความกำกวม	0.75	1.00	0.94

4.6 จัดพิมพ์แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เพื่อทดลองใช้กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 48 คน โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย ชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่มีใช้กลุ่มเป้าหมาย

4.7 ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยให้คะแนน 1 คะแนนสำหรับข้อที่ตอบถูก และ 0 คะแนนสำหรับข้อที่ตอบผิด

4.8 นำผลที่ได้จากการตรวจสอบแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) มาวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ เพื่อตรวจสอบหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ โดยคำนึงถึงความครอบคลุมแนวคิด นิยามศัพท์เฉพาะ และโครงสร้างของแบบทดสอบที่กำหนด แล้วจึงคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ มาสร้างแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ฉบับสมบูรณ์ วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของข้อคำถามที่คัดเลือกไว้ในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ฉบับสมบูรณ์ด้วยโดยใช้สมการไบโนเมียลของโลเวตต์

ผลการทดลองใช้แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ในแต่ละฉบับ มีรายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ค ตารางที่ 31 หน้า 244 เป็นดังนี้

- แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 1 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีค่าความยากง่ายของข้อคำถามอยู่ในช่วง 0.38 – 0.63 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.28 – 0.79 ผู้วิจัยเลือกข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0.20 ขึ้นไป ได้ข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ มาปรับปรุงและพัฒนา จึงได้แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 1 ฉบับสมบูรณ์ ที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.89 ถือว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นสูง
- แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีค่าความยากง่ายของข้อคำถามอยู่ในช่วง 0.50 – 0.67 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.11 – 0.68 ผู้วิจัยเลือกข้อคำถามด้วยเกณฑ์เดียวกันกับการเลือกข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 1 ได้ข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ มาปรับปรุงและพัฒนา จึงได้แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 2 ฉบับสมบูรณ์ ที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.88 ถือว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นสูง
- แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีค่าความยากง่ายของข้อคำถามอยู่ในช่วง 0.46 – 0.79 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.08 – 0.83 ผู้วิจัยเลือกข้อคำถามด้วยเกณฑ์เดียวกันกับการเลือกข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 1 ได้ข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ มาปรับปรุงและพัฒนา จึงได้แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 3 ฉบับสมบูรณ์ ที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.90 ถือว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นสูง
- แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 4 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) มีค่าความยากง่ายของข้อคำถามอยู่ในช่วง 0.58 – 0.92 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.10 – 0.91 ผู้วิจัยเลือกข้อคำถามด้วยเกณฑ์เดียวกันกับการเลือกข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 1 ได้ข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ มาปรับปรุงและพัฒนา จึงได้แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 4 ฉบับสมบูรณ์ ที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.85 ถือว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นสูง
- แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) มีค่าความยากง่ายของข้อคำถามอยู่ในช่วง 0.42 – 0.83 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.04 – 0.75 ผู้วิจัยเลือกข้อคำถามด้วยเกณฑ์เดียวกันกับการเลือกข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 1 ได้ข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ มาปรับปรุงและพัฒนา จึงได้แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 5 ฉบับสมบูรณ์ ที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.80 ถือว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นสูง

4.9 นำแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ฉบับสมบูรณ์ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

5. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เก็บรวบรวม ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยขณะที่ดำเนินกิจกรรมในชั้นปฏิบัติของแต่ละวงจร ในแบบแผนการวิจัยขณะที่ดำเนินกิจกรรม โดยให้ผู้วิจัยและครูผู้สอนรายวิชาจลนศาสตร์เคมี และสมดุลเคมีเป็นผู้บันทึกโดยบรรยายสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ว่าเป็นอย่างไร มีความเหมาะสมหรือไม่ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิด อย่างมีวิจารณญาณ ได้หรือไม่ อย่างไร มีข้อบกพร่องหรือข้อควรปรับปรุงอย่างไร เพื่อเป็นแนวทาง ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังภาพที่ 8 (หน้า 105) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

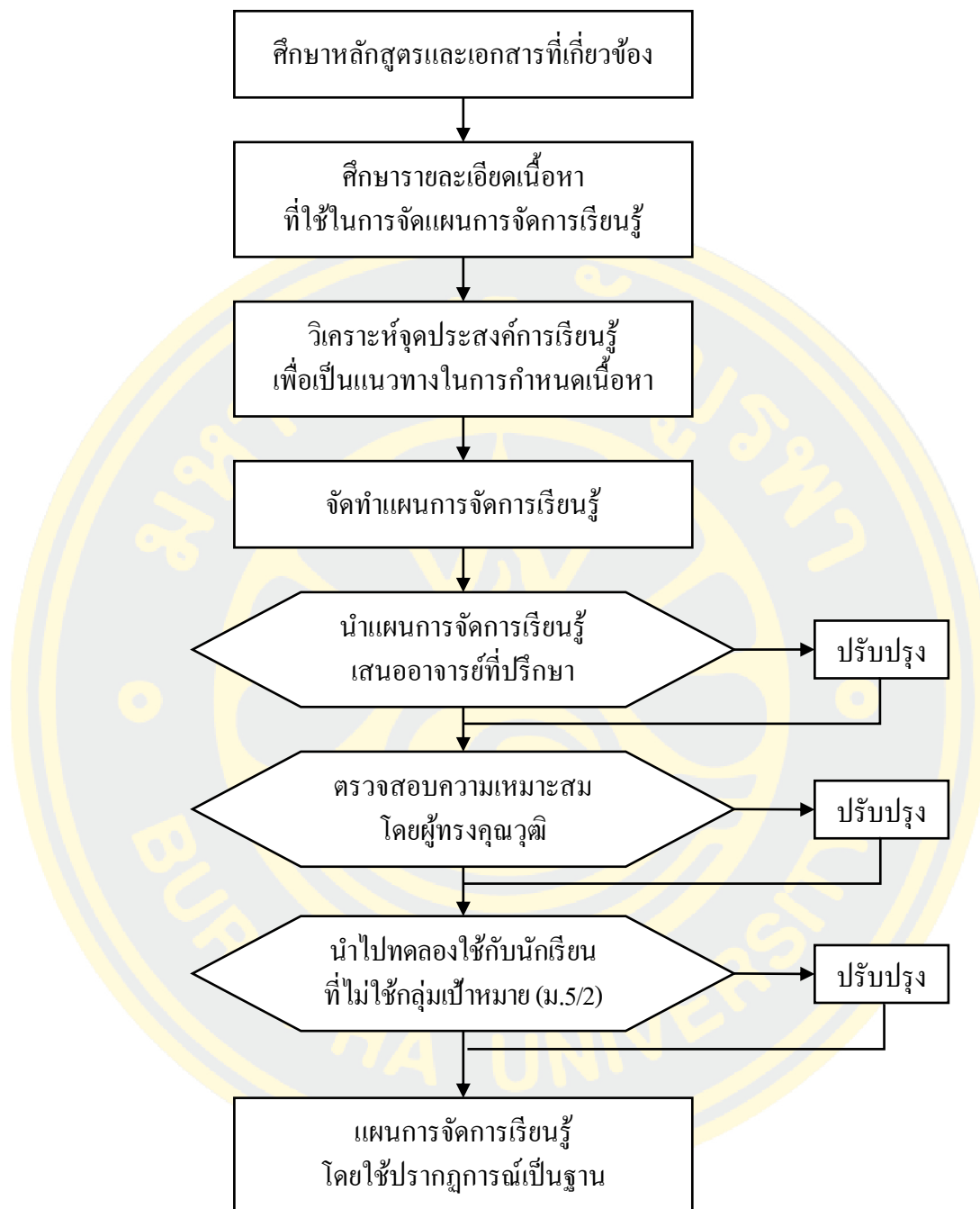
5.2 กำหนดขอบเขตของการสังเกต ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยสามารถพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้จริงหรือไม่ อย่างไร โดยพิจารณา จากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้นว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคอย่างไร และมีแนวทางในการแก้ไข ปรับปรุงอย่างไร

5.3 สร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

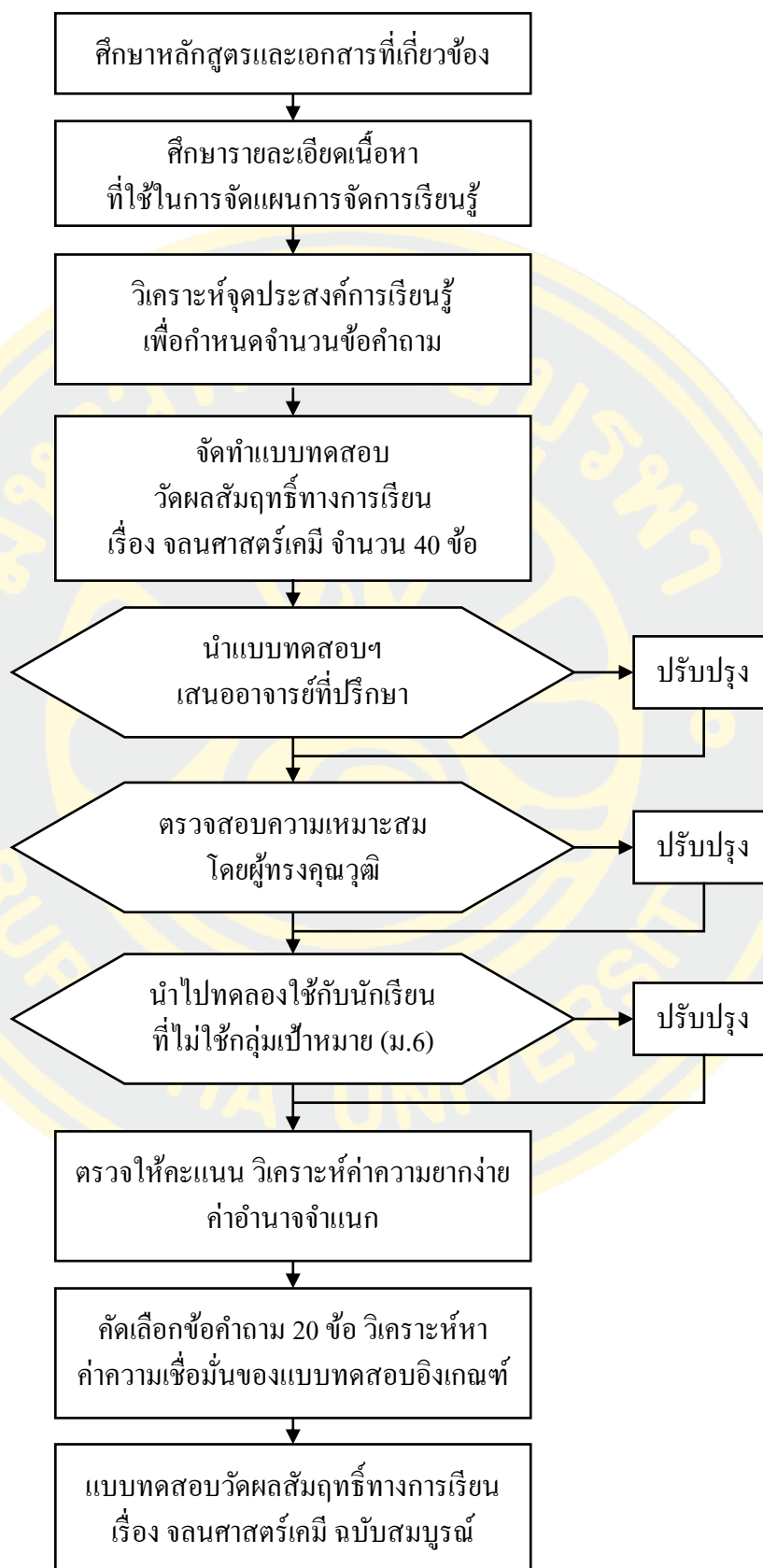
5.4 นำแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์

5.6 จัดทำแบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์



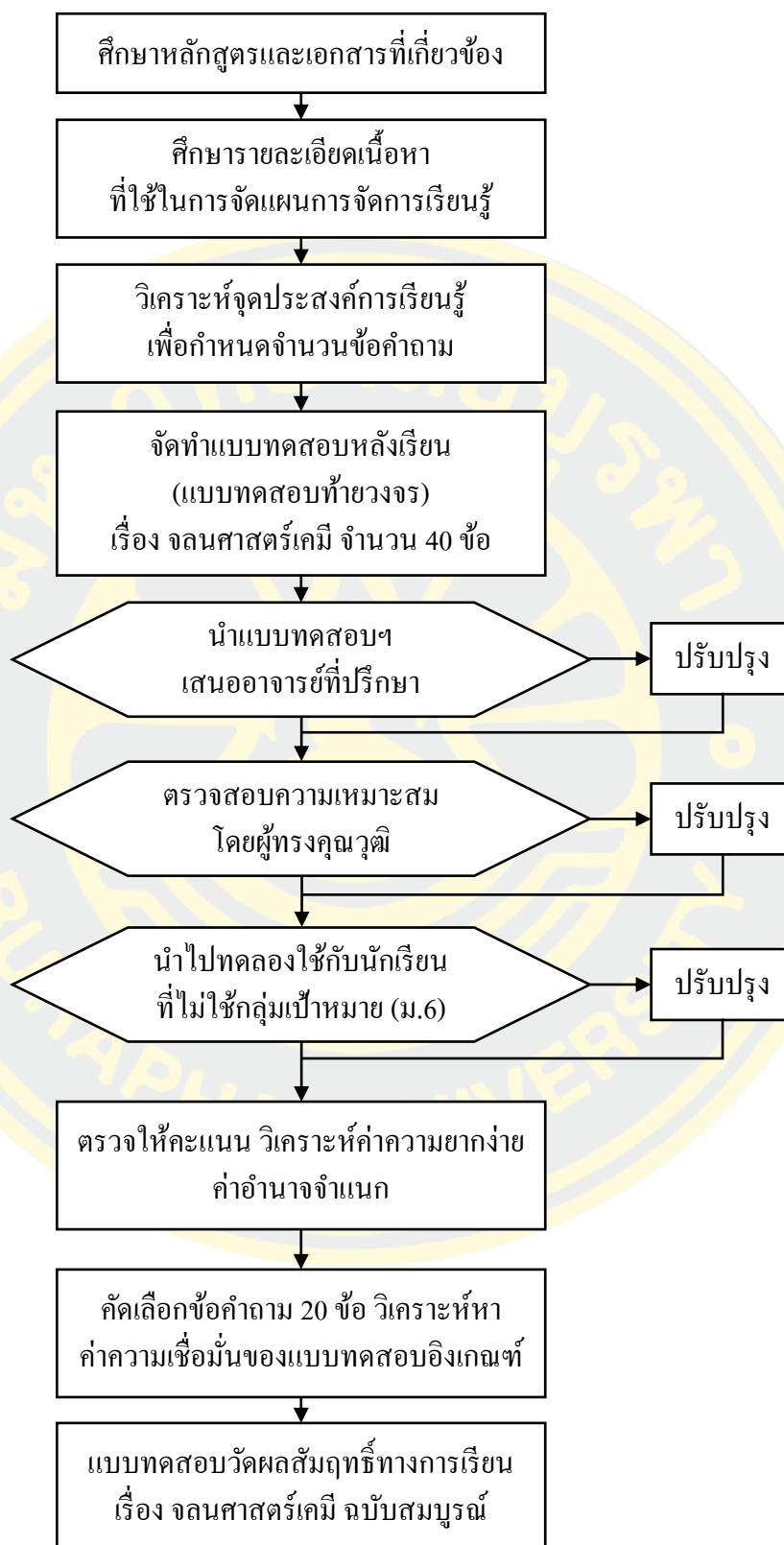
ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน



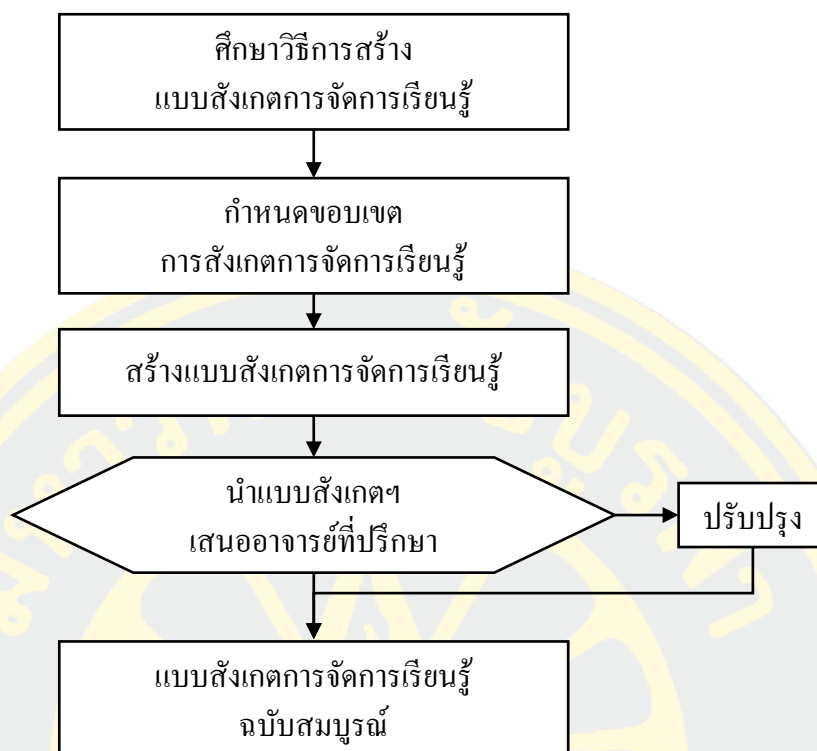
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยเลือกกลุ่มเป้าหมายที่เห็นสมควรว่าควรได้รับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยพิจารณาจากการให้สัมภาษณ์ของครูผู้สอน รายวิชา ว30221 สมบัติของสาร ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ร่วมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา ดังกล่าว ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562
2. ผู้วิจัยดำเนินการส่งหนังสือขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการ โรงเรียนวิทยาศาสตร์ จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย
3. ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย โดยแนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรม และบทบาทของนักเรียนที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ระหว่างดำเนินการเก็บข้อมูลของงานวิจัย และรวบรวมข้อคำถามจากนักเรียนที่มีต่อการวิจัยนี้ให้กับผู้วิจัย เพื่อตอบข้อคำถาม ข้อสงสัย และสร้างมาตรฐานความเข้าใจเดียวกันกับนักเรียนทุกคน เมื่อปราศจากข้อสงสัยแล้ว ให้นักเรียน และผู้ปกครองลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย แล้วนำส่งคืนผู้วิจัย ภายใน 7 วัน นับจากวันที่ชี้แจงรายละเอียดโครงการวิจัย โดยมีเกณฑ์การคัดเข้า เกณฑ์การคัดออก การถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัย และการพิทักษ์สิทธิผู้ปฏิเสธเข้าร่วมโครงการวิจัยและผู้ถอนตัว เข้าร่วมโครงการวิจัย ดังนี้

3.1 เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (Inclusion criteria)

- นักเรียนกำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารัตนาวิทยาลัย ชลบุรี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563
- นักเรียนสามารถสื่อสารด้วยภาษาไทยได้
- นักเรียนไม่มีอาการเจ็บป่วยรุนแรงหรือเป็นอุปสรรคต่อการเข้าร่วมโครงการวิจัย

- นักเรียนยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

3.2 เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

- นักเรียนไม่สะดวกเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ของโครงการวิจัยมากกว่า 1 ครั้ง
- นักเรียนที่ขอลถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัย

3.3 การถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัย (Subject withdrawal solution)

เมื่อผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมีความประสงค์ขอลถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัยสามารถถอนตัวออกจากโครงการวิจัยได้ทุกเมื่อ และถือนักเรียนไม่ได้เป็นผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างสมบูรณ์ การถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลการวิจัยที่ผู้ถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัยได้ให้ข้อมูลไว้โดยผู้วิจัยดำเนินการทำลายข้อมูลดังกล่าวภายหลังจากการถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัยภายใน 7 วัน นับจากวันที่ถอนตัวจากโครงการวิจัย และนักเรียนจะไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ต่อการเรียนรู้ กิจกรรมในชั้นเรียน ผลการเรียนรู้ของนักเรียน รวมถึงผลกระทบด้านร่างกาย ด้านจิตใจ และด้านสังคม ที่เกิดจากการถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งสิ้น

3.4 การพิทักษ์สิทธิผู้ปฏิเสธเข้าร่วมโครงการวิจัยและผู้ถอนตัวเข้าร่วมโครงการวิจัย

(Protection of subject withdrawal)

- หากนักเรียนปฏิเสธเข้าร่วมโครงการวิจัย และ/หรือ นักเรียนถอนตัวจากโครงการวิจัย ประสงค์ขอรับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ในรูปแบบปกติ ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชา ว30222 จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี รูปแบบปกติ ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้นี้ได้กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ในโครงการวิจัยทุกประการ โดยผู้วิจัยจัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้ในวันจันทร์ - พฤหัสบดี เวลา 17.00 น. ถึง 19.00 น. จนกว่านักเรียนจะบรรลุครบทุกจุดประสงค์การเรียนรู้

- ผู้วิจัยนำข้อคำถามในบทปฏิบัติการ แบบฝึกหัด แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี มาใช้กับนักเรียนที่พิเศษเข้าร่วม โครงการวิจัยและนักเรียนที่ถอนตัวจากโครงการวิจัย เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ใกล้เคียงกับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมากที่สุด

4. ผู้วิจัยให้นักเรียนทุกคนที่เข้าร่วมการวิจัยนี้จับฉลากเพื่อเลือกรหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย โดยให้นักเรียนจับฉลากเพื่อเลือกรหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจากกล่องปิดทึบให้ครบทุกคน จากนั้นเขียนชื่อ - สกุล และรหัสประจำตัวนักเรียน ลงในฉลากดังกล่าว แล้วจึงนำฉลากนั้นใส่คืนลงในกล่องปิดทึบ เพื่อให้มีเพียงผู้วิจัยและนักเรียนสามารถระบุรหัสผู้เข้าร่วมโครงการได้อย่างถูกต้อง

5. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 20 ข้อ ที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพแล้ว กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยนักเรียนแต่ละคนจะถูกแทนด้วยรหัสประจำตัวที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ซึ่งรหัสนี้จะมีเพียงผู้วิจัยและนักเรียนเท่านั้นที่ทราบถึงรหัสประจำตัวดังกล่าว

6. ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากนั้น ผู้วิจัยดำเนินการวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ที่ใช้ในวงจรที่ 1 ตามแบบแผนการวิจัยที่ได้ระบุไว้ข้างต้น

7. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผน รวมเป็นเวลา 15 คาบ โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน แบบแผนการทดลองแบบ 4 ขั้นตอนซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 5 วงจร ตามที่ระบุไว้ในแบบแผนการวิจัย แผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนจะประกอบด้วยขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ และขั้นสรุปผลการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ผู้วิจัยดำเนินการสร้างความสนใจให้กับนักเรียน โดยการทบทวนความรู้เดิม ประสบการณ์เดิม การใช้คำถาม การเล่นเกม หรือการยกปรากฏการณ์หรือสถานการณ์มาใช้ในการสร้างความสนใจที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

- ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นย่อย 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 การเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ผู้วิจัยจะนำเสนอปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาให้กับนักเรียนเพื่อนำไปสู่ขั้นที่ 2 การกำหนดปัญหาและสมมติฐาน นักเรียนระบุปัญหาและสมมติฐานที่ผู้วิจัยนำเสนอ ซึ่งจะต้องเป็นปัญหาและสมมติฐานที่สามารถดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาได้ ขั้นที่ 3

การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง นักเรียนต้องวางแผนและออกแบบวิธีการทดลองที่เหมาะสมที่สุดต่อการศึกษาปัญหาในปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้น ๆ ภายใต้อุปกรณ์และสารเคมีที่มีอยู่อย่างจำกัด และนำวิธีการทดลองเหล่านั้นมาพิจารณาร่วมกันเพื่อเลือกวิธีการทดลองที่สามารถนำไปใช้หาข้อมูลได้จริงในขั้นที่ 4 การดำเนินการทดลอง และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลการทดลอง นักเรียนต้องประมวลผลการทดลองเพื่อสรุปผลสู่องค์ความรู้ใหม่ที่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ อาจนำเสนอข้อสังเกต ข้อเสนอแนะ ปัญหาที่เกิดขึ้น และสิ่งอื่นใดที่เป็นประเด็นในการศึกษาเพิ่มเติมได้ เพื่อให้ผู้วิจัยประเมินกระบวนการศึกษาและผลที่ได้จากการศึกษาของผู้เข้าร่วม โครงการวิจัยตามสภาพจริง

- ขั้นสรุปผลการเรียนรู้ ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปประเด็นหรือองค์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมในขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการตอบคำถาม การเขียนผังความคิด ผังมโนทัศน์ หรืออื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ของผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย

กิจกรรมการทดลองที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวางแผน ออกแบบ เพื่อนำมาใช้ในการดำเนินการทดลองในขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ ขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยนำเสนอในแต่ละแผน การจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยมีหน้าที่สำคัญในการปรับวิธีการทดลองที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยออกแบบไว้เพื่อให้ได้วิธีการทดลองที่ปลอดภัยและสามารถเก็บข้อมูลการทดลองได้จริง ดังนี้

- แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ฉบับที่ 1 (สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นปฏิบัติของวงจรที่ 1 หรือ A₁) ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นำการสลายตัวของกราบหินปูน โดยใช้ผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำมาเป็นปรากฏการณ์ในการศึกษา ผู้วิจัยประสงค์ให้นักเรียนดำเนินการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวโดยใช้การเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นด้วยการแทนที่น้ำในบิวเรตจากปฏิกิริยาระหว่างผงหินปูนกับกรดไฮโดรคลอริกในผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำ เพื่อนำไปสู่การหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของปฏิกิริยา

- แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ฉบับที่ 2 (สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นปฏิบัติของวงจรที่ 2 หรือ A₂) ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นำปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับน้ำมาใช้เป็นปรากฏการณ์ในการศึกษา ผู้วิจัยประสงค์ให้นักเรียนดำเนินการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา

เคมีโดยการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวโดยการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิแวดล้อมของระบบเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่าอุณหภูมิของระบบมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ฉบับที่ 3 (สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นปฏิบัติของวงจรที่ 3 หรือ A₃) ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) นำปฏิกิริยาไอโอดีนชั้นของอะซิโตนในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเล็บใช้เป็นปรากฏการณ์ในการศึกษา ผู้วิจัยประสงค์ให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยดำเนินการทดลองดำเนินการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวโดยใช้วิธีสเปกโตรเมตรีเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ฉบับที่ 4 (สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นปฏิบัติของวงจรที่ 4 หรือ A₄) ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) นำปฏิกิริยาการทดสอบวิตามินซีด้วยสารละลายไอโอดีนมาใช้เป็นปรากฏการณ์ในการศึกษา ผู้วิจัยประสงค์ให้นักเรียนดำเนินการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวโดยการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของวิตามินซีและไอโอดีน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากกว่าหนึ่งชนิดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ฉบับที่ 5 (สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นปฏิบัติของวงจรที่ 5 หรือ A₅) ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) นำปฏิกิริยาการย่อยแป้งมาใช้เป็นปรากฏการณ์ในการศึกษา ผู้วิจัยประสงค์ให้นักเรียนดำเนินการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวโดยปรับเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดและความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาดังกล่าว เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ว่ายังมีปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจาก ความเข้มข้นของสารตั้งต้น และอุณหภูมิของระบบที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การทดลองในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี อาทิ เครื่องแก้ว ตะเกียงแอลกอฮอล์ สารละลายความเข้มข้นต่ำ อุปกรณ์และสารเคมีเหล่านี้มีอยู่ทั่วไปในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีความปลอดภัยสูง เกิดการแตกหักได้ยาก และไม่เป็นพิษต่อการใช้งานตามปกติ

การทดลองในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้อาจถูกปรับเปลี่ยนได้ หากนักเรียนเสนอวิธีการทดลองที่สามารถเก็บผลได้อย่างแม่นยำ และ/หรือใช้เวลาในการทดลองน้อยกว่า ทั้งนี้วิธีการดังกล่าวจะต้องมีความปลอดภัย กล่าวคือ ต้องเกิดประกายไฟน้อยที่สุด ใช้สารเคมีน้อยที่สุด ใช้อุปกรณ์เครื่องแก้วน้อยที่สุด ใช้อุปกรณ์มีคมน้อยที่สุด ใช้เครื่องมือน้อยที่สุด ไม่ใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อชีวิต และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต้องไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นอันตรายต่อชีวิตและเป็นพิษต่อนักเรียน

8. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ให้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผน รวมเป็นเวลา 15 คาบ โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน แบบแผนการทดลองแบบ 4 ขั้นตอนซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 5 วงจร ตามที่ระบุไว้ในแบบแผนการวิจัย ทั้งนี้

ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนทุกท่านดำเนินปฏิบัติการเคมีอันเป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี ปฏิบัติการนี้เป็นปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน มีการใช้เครื่องแก้ว ตะเกียงแอลกอฮอล์ สารละลายความเข้มข้นต่ำ และสารกัดกร่อนความเข้มข้นต่ำ เป็นต้น ซึ่งเป็นอุปกรณ์และสารเคมีพื้นฐานสำหรับปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน ก่อนที่นักเรียนจะดำเนินปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน ผู้วิจัยแจ้งระเบียบในปฏิบัติการเคมีทุกครั้ง ก่อนเริ่มแต่ละปฏิบัติการ และขอความร่วมมือให้นักเรียนปฏิบัติตามระเบียบในปฏิบัติการเคมี ผู้วิจัยจัดเตรียมอุปกรณ์สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันสารเคมีส่วนบุคคล (Personal protective equipment หรือ PPE) อาทิ หน้ากากอนามัยแบบธรรมดา แว่นตานิรภัย เสื้อคลุมปฏิบัติการ และถุงมือยางธรรมชาติ ไว้ให้นักเรียนสวมใส่ร่วมกับรองเท้าหุ้มส้น (รองเท้านักเรียน) ของนักเรียน ในขณะที่ดำเนินปฏิบัติการทุกครั้ง หากนักเรียนไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันสารเคมีส่วนบุคคลหรือสวมใส่ไม่ครบ ทุกชั้น ผู้วิจัยจะไม่อนุญาตให้นักเรียนดำเนินปฏิบัติการระหว่างดำเนินปฏิบัติการ ผู้วิจัยควบคุมนักเรียนเพื่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุดเท่าที่สามารถเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยไม่อนุญาตให้นักเรียนสัมผัสสารเคมีที่ใช้ในปฏิบัติการทุกชนิดโดยตรง จำเป็นต้องใช้เครื่องแก้วหรือเครื่องมือที่เหมาะสมเท่านั้น

หากเกิดความเสียหายต่อนักเรียนซึ่งเป็นความเสียหายจากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยอุบัติเหตุจากอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในปฏิบัติการหรือความประมาทของผู้วิจัย ผู้วิจัยดำเนินการปฐมพยาบาลให้กับนักเรียนด้วยวิธีที่เหมาะสมทันที แล้วนำส่งโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด ผู้วิจัยยินดีรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลทั้งหมด หากเกิดอาการเจ็บป่วย

ร้ายแรงหรือกลายเป็นบุคคลทุพพลภาพอันเนื่องมาจากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยยินดีรับผิดชอบค่าเสียหาย ค่ารักษาพยาบาล และค่าสินไหมทดแทน เต็มจำนวนตามที่จ่ายจริง และตามกฎหมายกำหนด

อุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ มีดังนี้

- แอลกอฮอล์สำหรับล้างแผล ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด
- น้ำเกลือล้างแผล ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด
- โฟวิโดน ไอโอดีน ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด
- ผ้าก๊อชพันแผล ชนิดปลายไม่ลุ่ย ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- ผ้าก๊อชพันแผล ชนิดปลายไม่ลุ่ย ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- ผ้าก๊อชพันแผล ชนิดปลายไม่ลุ่ย ขนาด 4 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- ผ้าก๊อชปิดแผล ขนาด 2 นิ้ว \times 2 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- ผ้าก๊อชปิดแผล ขนาด 3 นิ้ว \times 3 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- ผ้าก๊อชปิดแผล ขนาด 4 นิ้ว \times 4 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- ผ้ายัดพันเคล็ด ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- ผ้ายัดพันเคล็ด ขนาด 3 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- ผ้ายัดพันเคล็ด ขนาด 4 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- สำลีก้านยาวปลอดเชื้อ จำนวน 10 ก้าน
- ชุดทำแผลปลอดเชื้อ จำนวน 1 ชุด
- เทปปิดผ้าก๊อช ขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 1 ม้วน
- พลาสเตอร์ยาปิดแผล จำนวน 50 แผ่น
- กรรไกร จำนวน 1 อัน

ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอรับรองว่าหากใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องใช้ ในวิธีที่ถูกต้องและสมควรตามคำแนะนำของผู้วิจัยและระเบียบในปฏิบัติการเคมี จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อนักเรียน

9. ระหว่างดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงบรรยาย โดยสัมภาษณ์นักเรียน บันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบฝึกหัด บทปฏิบัติการ การสังเกตการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เป็นต้น ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจร จะนำผลการสะท้อนของวงจรที่ 1 มาวิเคราะห์เพื่อนำไปปรับปรุง ร่วมกับการวางแผนของวงจรที่ 2 และเช่นเดียวกัน นำผลการสะท้อนของวงจรที่ 2 มาปรับปรุง

ร่วมกับการวางแผนของวงจรที่ 3 และนำผลสะท้อนจากวงจรที่ 3 วิเคราะห์เพื่อสรุปผลการจัดการเรียนรู้ต่อไป เป็นเช่นนี้เรื่อยไปกระทั่งครบทั้ง 5 วงจรตามระบุนิวในแบบแผนการวิจัย

10. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดครบทั้ง 5 วงจรแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 20 ข้อ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะต้องระบุประจำตัวให้ตรงกับรหัสประจำตัวที่ระบุนิวในแบบทดสอบก่อนเรียนทั้งสองฉบับ

11. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดผลทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และนำผลการสะท้อนที่ได้จากแต่ละวงจรมาวิเคราะห์เพื่อเสริมผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติในรูปแบบข้อมูลเชิงบรรยาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี วิเคราะห์โดยนำคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้และภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ จำนวนหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ และนำเสนอด้วยสถิติเชิงพรรณนา

2. พัฒนาการด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี วิเคราะห์โดยนำคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้และภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ จำนวนหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ และนำเสนอด้วยสถิติเชิงพรรณนา

3. ผลการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ในวงจรที่ 1 – วงจรที่ 5 วิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลจากการบันทึกแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ คะแนนการตอบแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ผลงานนักเรียน และคำสัมภาษณ์ของนักเรียน เพื่อนำเสนอผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้ง 5 วงจร ด้วยสถิติเชิงพรรณนา

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย หรือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean หรือ μ) เป็นค่าบ่งชี้ตำแหน่งกลางของข้อมูลหรือคะแนนทั้งหมด คำนวณจากสมการต่อไปนี้ (Adam, 2010; ณททัยราตรี, 2556)

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

เมื่อ	μ	หมายถึง	ค่าคะแนนเฉลี่ย
	x_i	หมายถึง	คะแนนของนักเรียนแต่ละคน
	N	หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation หรือ σ) เป็นค่าบ่งชี้การกระจายจากค่าคะแนนเฉลี่ยของข้อมูลหรือคะแนนทั้งหมด คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (Adam, 2010; ชูศรีวงศ์รัตน์ 2560)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}$$

เมื่อ	σ	หมายถึง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	x_i	หมายถึง	คะแนนของนักเรียนแต่ละคน
	μ	หมายถึง	ค่าคะแนนเฉลี่ย
	N	หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

1.3 ร้อยละ (Percentage หรือ P) เป็นอัตราส่วนที่เทียบในหนึ่งร้อยส่วน (Adam, 2010) นำมาใช้ระบุร้อยละของคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$P = \frac{\Delta x}{x} \times 100$$

เมื่อ	P	หมายถึง	ร้อยละ หรือ เปอร์เซนต์ (%)
	x	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ
	Δx	หมายถึง	คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบ

1.4 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative gain score หรือ S_i) หมายถึง คะแนนความก้าวหน้าเชิงสัมพัทธ์ คำนวณจากสัดส่วนของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงกับคะแนนเต็ม คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2538)

$$S_i = \frac{y - x}{f - x} \times 100$$

เมื่อ	S_i	หมายถึง	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์
	f	หมายถึง	คะแนนเต็ม
	x	หมายถึง	คะแนนก่อนเรียน
	y	หมายถึง	คะแนนหลังเรียน

การแปลผล

75.00 - 100.00	หมายถึง	มีพัฒนาการระดับสูงมาก
50.00 - 74.99	หมายถึง	มีพัฒนาการระดับสูง
25.00 - 49.99	หมายถึง	มีพัฒนาการระดับปานกลาง
0.00 - 24.99	หมายถึง	มีความเชื่อมั่นต่ำมาก

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

2.1 ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาข้อ (Item content validity index หรือ I-CVI) คือสัดส่วนจำนวนข้อคำถามที่ได้จากความเห็นพ้องกันของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อคำถาม ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.75 คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (ประสพชัย พสุนนท์, 2558; อุไรวรรณชัยชนะวิโรจน์ และ ชญาภา วันทุม, 2560)

$$I-CVI = \frac{\sum_{i=1}^N R_{3,4_i}}{N}$$

เมื่อ	I-CVI	หมายถึง	ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาข้อ
	$R_{3,4}$	หมายถึง	จำนวนข้อคำถามที่ได้คะแนน 3 หรือ 4
	N	หมายถึง	จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

2.2 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (Scale content validity index หรือ S-CVI) คือ ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามทุกข้อในแบบทดสอบนั้น ๆ ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.90 (อุไรวรรณ ชัยชนะวิโรจน์ และ ชญาภา วันทุม, 2560) คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$S-CVI = \frac{\sum_{i=1}^n I-CVI_i}{n}$$

เมื่อ	S-CVI	หมายถึง	ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาทั้งฉบับ
	I-CVI	หมายถึง	ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหารายข้อ
	n	หมายถึง	จำนวนข้อคำถาม

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced reliability หรือ r_{cc}) คือค่าบ่งชี้ความคงที่หรือความสม่ำเสมอของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด โดยใช้สมการไบโนเมียลของโลเวตต์ คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (Lovett, 1977)

$$r_{cc} = 1 - \frac{n \sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n x_i^2}{(n-1) \sum_{i=1}^n (x_i - C)^2}$$

เมื่อ	n	หมายถึง	จำนวนข้อคำถาม
	x_i	หมายถึง	คะแนนของผู้เรียนรายบุคคล
	C	หมายถึง	คะแนนจุดตัด (คะแนนเกณฑ์ที่กำหนด)

การแปลผล

0.71	-	1.00	หมายถึง	แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง
0.41	-	0.70	หมายถึง	แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง
0.21	-	0.40	หมายถึง	แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ
0.00	-	0.20	หมายถึง	แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำมาก

2.4 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination index หรือ B) หมายถึง ค่าบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างระดับของความยากของข้อคำถามระหว่างนักเรียนรอบรู้และนักเรียนไม่รอบรู้ คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (Brennan, 1972; สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

$$B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ	B	หมายถึง	ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม
	U	หมายถึง	จำนวนนักเรียนรอบรู้ที่ตอบข้อคำถามถูกต้อง
	L	หมายถึง	จำนวนนักเรียนไม่รอบรู้ที่ตอบข้อคำถามถูกต้อง
	n_1	หมายถึง	จำนวนนักเรียนรอบรู้ทั้งหมด
	n_2	หมายถึง	จำนวนนักเรียนไม่รอบรู้ทั้งหมด
หมายเหตุ	นักเรียนที่รอบรู้ หมายถึง นักเรียนได้คะแนนจากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี หรือแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมทั้งฉบับไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม (14 คะแนน จาก 20 คะแนน)		

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน นำมาวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลที่ได้จากการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ในวงจรที่ 1 - วงจรที่ 5

ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี จำแนกออกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า ได้ผลดังตารางที่ 13 และภาพที่ 9

ตารางที่ 13 คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จดณศาสตร์เคมี ของนักเรียน

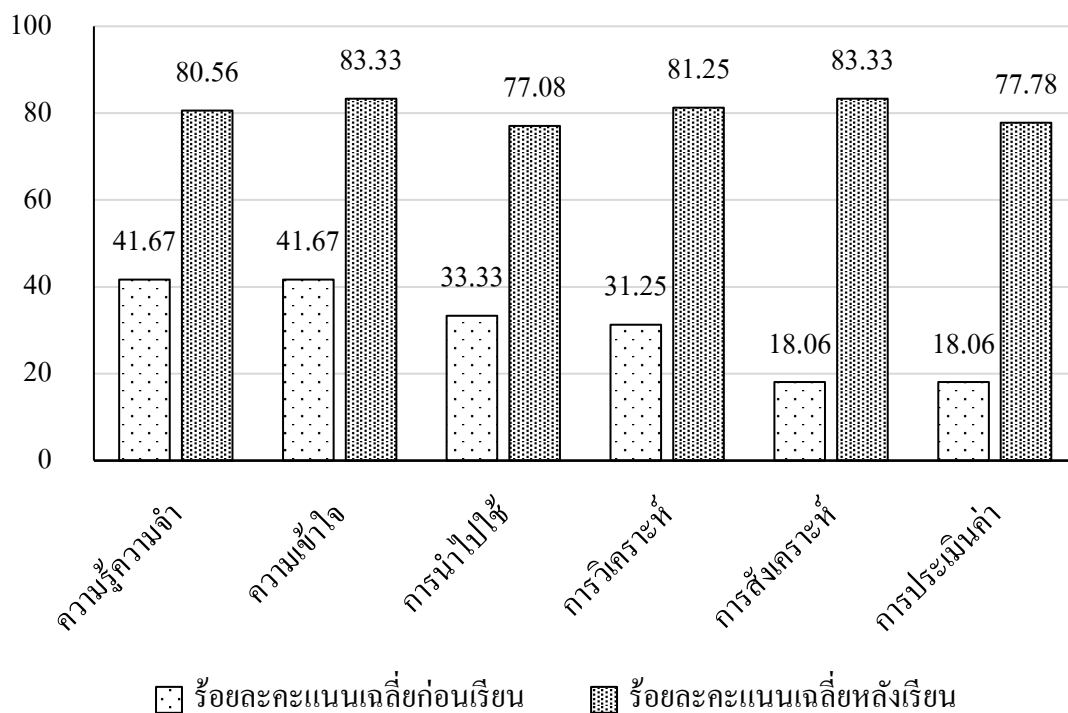
รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จดณศาสตร์เคมี (คะแนนเต็ม)							หลังเรียน						
	ด้านความรู้ความจำ (3)	ด้านความเข้าใจ (3)	ด้านการนำไปใช้ (4)	ด้านการวิเคราะห์ (4)	ด้านการสังเคราะห์ (3)	ด้านการประเมินค่า (3)	รวมทั้งหมด (20)	ด้านความรู้ความจำ (3)	ด้านความเข้าใจ (3)	ด้านการนำไปใช้ (4)	ด้านการวิเคราะห์ (4)	ด้านการสังเคราะห์ (3)	ด้านการประเมินค่า (3)	รวมทั้งหมด (20)
S-01	1	1	2	3	0	1	8	3	3	4	4	3	3	20
S-02	2	1	2	3	1	0	9	3	3	3	4	3	3	19
S-03	2	2	1	3	0	1	9	3	3	2	3	3	2	16
S-04	1	2	3	2	2	1	11	3	3	4	4	2	1	17
S-05	2	2	2	3	1	1	11	3	3	4	4	3	1	18
S-06	2	1	2	1	0	2	8	3	1	3	2	2	3	14
S-07	1	1	2	0	0	0	4	3	2	3	4	3	1	16
S-08	2	2	2	0	1	0	7	2	3	2	4	2	3	16
S-09	0	0	0	2	1	0	3	2	3	4	4	3	1	17
S-10	1	2	1	2	1	0	7	2	3	4	3	3	1	16

ตารางที่ 13 (ต่อ)

รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จดณศาสตร์เคมี (คะแนนเต็ม)							หลังเรียน						
	ด้านความรู้ความจำ (3)	ด้านความเข้าใจ (3)	ด้านการนำไปใช้ (4)	ด้านการวิเคราะห์ (4)	ด้านการสังเคราะห์ (3)	ด้านการประเมินค่า (3)	รวมทั้งหมด (20)	ด้านความรู้ความจำ (3)	ด้านความเข้าใจ (3)	ด้านการนำไปใช้ (4)	ด้านการวิเคราะห์ (4)	ด้านการสังเคราะห์ (3)	ด้านการประเมินค่า (3)	รวมทั้งหมด (20)
S-11	2	2	0	0	0	0	4	2	2	2	3	3	3	15
S-12	0	1	1	0	0	0	2	3	2	2	3	2	3	15
S-13	1	0	1	0	0	0	2	2	3	2	4	2	2	15
S-14	1	1	1	2	1	0	6	1	3	4	2	2	3	15
S-15	2	2	1	1	1	0	7	2	3	3	2	2	3	15
S-16	1	1	0	0	0	1	3	3	1	3	3	1	3	14
S-17	1	1	2	2	0	0	6	3	3	4	4	3	3	20
S-18	1	0	0	0	0	0	1	2	1	4	4	3	2	16
S-19	1	1	2	1	0	1	6	1	3	2	4	3	2	15
S-20	2	2	1	0	0	0	5	2	3	3	1	3	2	14

ตารางที่ 13 (ต่อ)

	คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จิตศาสตร์เคมี (คะแนนเต็ม)													
	ก่อนเรียน							หลังเรียน						
รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	ด้านความรู้ความเข้าใจ (3)	ด้านความเข้าใจ (3)	ด้านการนำไปใช้ (4)	ด้านการวิเคราะห์ (4)	ด้านการสังเคราะห์ (3)	ด้านการประเมินค่า (3)	รวมทั้งหมด (20)	ด้านความรู้ความเข้าใจ (3)	ด้านความเข้าใจ (3)	ด้านการนำไปใช้ (4)	ด้านการวิเคราะห์ (4)	ด้านการสังเคราะห์ (3)	ด้านการประเมินค่า (3)	รวมทั้งหมด (20)
S-21	0	2	0	1	2	2	7	2	3	1	3	3	2	14
S-22	2	0	2	0	1	2	7	3	2	3	3	3	3	17
S-23	1	2	2	2	0	0	7	2	2	4	3	2	3	16
S-24	1	1	2	2	1	1	8	3	2	4	3	1	3	16
μ	1.25	1.25	1.33	1.25	0.54	0.54	6.17	2.42	2.50	3.08	3.25	2.50	2.33	16.08
σ	0.66	0.72	0.85	1.13	0.64	0.71	2.66	0.64	0.71	0.91	0.83	0.65	0.80	1.71
ร้อยละ	41.67	41.67	33.33	31.25	18.06	18.06	30.83	80.56	83.33	77.08	81.25	83.33	77.78	80.42
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	22.05	24.06	21.25	28.18	21.47	23.53	13.28	21.34	23.57	22.73	20.73	21.52	26.64	8.53



ภาพที่ 9 แผนภูมิเปรียบเทียบร้อยละคะแนนเฉลี่ยจากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน

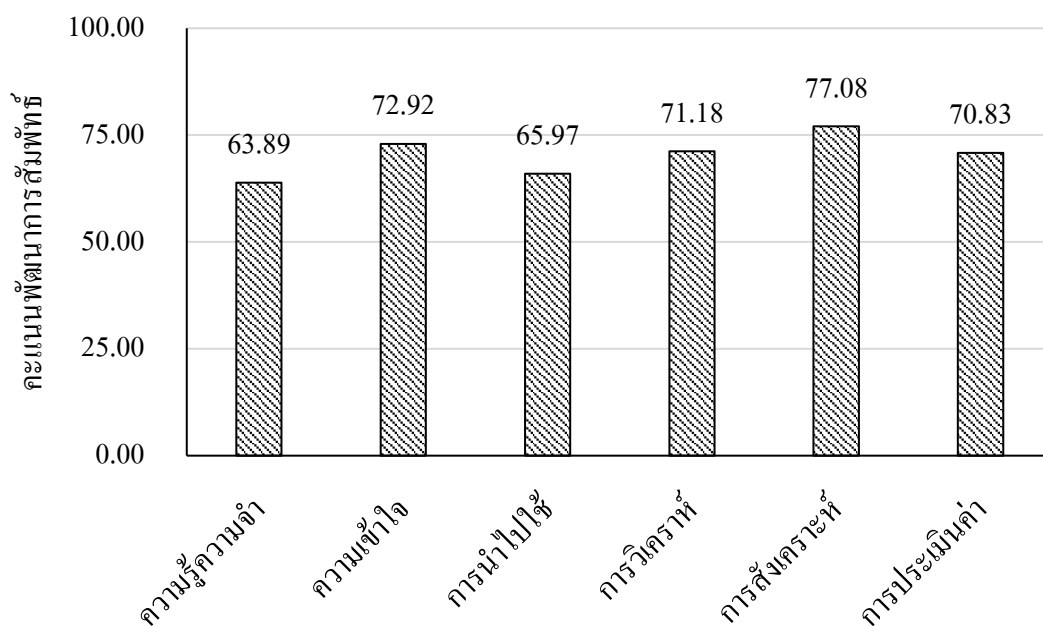
จากข้อมูลในตารางที่ 13 นำมาวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนรายบุคคล ได้ผลดังตารางที่ 14 และภาพที่ 10

ตารางที่ 14 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์						รวมทั้งฉบับ
	ด้านความรู้ความจำ	ด้านความเข้าใจ	ด้านการนำไปใช้	ด้านการวิเคราะห์	ด้านการสังเคราะห์	ด้านการประเมินค่า	
S-01	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
S-02	100.00	100.00	50.00	100.00	100.00	100.00	90.91
S-03	100.00	100.00	33.33	0.00	100.00	50.00	63.64
S-04	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	66.67

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์						
	ด้านความรู้ความเข้าใจ	ด้านความเข้าใจ	ด้านการนำไปใช้	ด้านการวิเคราะห์	ด้านการสังเคราะห์	ด้านการประเมินค่า	รวมทั้งฉบับ
S-05	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	77.78
S-06	100.00	0.00	50.00	33.33	66.67	100.00	50.00
S-07	100.00	50.00	50.00	100.00	100.00	33.33	75.00
S-08	0.00	100.00	0.00	100.00	50.00	100.00	69.23
S-09	66.67	100.00	100.00	100.00	100.00	33.33	82.35
S-10	50.00	100.00	100.00	50.00	100.00	33.33	69.23
S-11	0.00	0.00	50.00	75.00	100.00	100.00	68.75
S-12	100.00	50.00	33.33	75.00	66.67	100.00	72.22
S-13	50.00	100.00	33.33	100.00	66.67	66.67	72.22
S-14	0.00	100.00	100.00	0.00	50.00	100.00	64.29
S-15	0.00	100.00	66.67	33.33	50.00	100.00	61.54
S-16	100.00	0.00	75.00	75.00	33.33	100.00	64.71
S-17	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
S-18	50.00	33.33	100.00	100.00	100.00	66.67	78.95
S-19	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	50.00	64.29
S-20	0.00	100.00	66.67	25.00	100.00	66.67	60.00
S-21	66.67	100.00	25.00	66.67	100.00	0.00	53.85
S-22	100.00	66.67	50.00	75.00	100.00	100.00	76.92
S-23	50.00	0.00	100.00	50.00	66.67	100.00	69.23
S-24	100.00	50.00	100.00	50.00	0.00	100.00	66.67
μ	63.89	72.92	65.97	71.18	77.08	70.83	71.60
σ	41.29	38.43	33.24	32.72	31.48	36.08	12.15



ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงระดับพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

จากตารางที่ 14 และภาพที่ 10 แสดงให้เห็นว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี มีคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้งฉบับโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 71.60 ± 12.15 บ่งชี้ว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่าพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการสังเคราะห์มีพัฒนาการสูงที่สุด โดยมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ที่ 77.08 ± 31.48 ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก รองลงมาคือด้านความเข้าใจ (72.92 ± 38.43) ด้านการวิเคราะห์ (71.18 ± 32.72) ด้านการประเมินค่า (70.83 ± 36.08) ด้านการนำไปใช้ (65.97 ± 33.24) และด้านความรู้ความจำ (63.89 ± 41.29) ตามลำดับ โดยทั้งห้าด้านนี้มีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อศึกษาพัฒนาการของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำแนกออกตามองค์ประกอบของทักษะ ได้แก่ การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การสรุปอ้างอิง และการประเมิน ได้ผลดังตารางที่ 15 และภาพที่ 11

ตารางที่ 15 คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

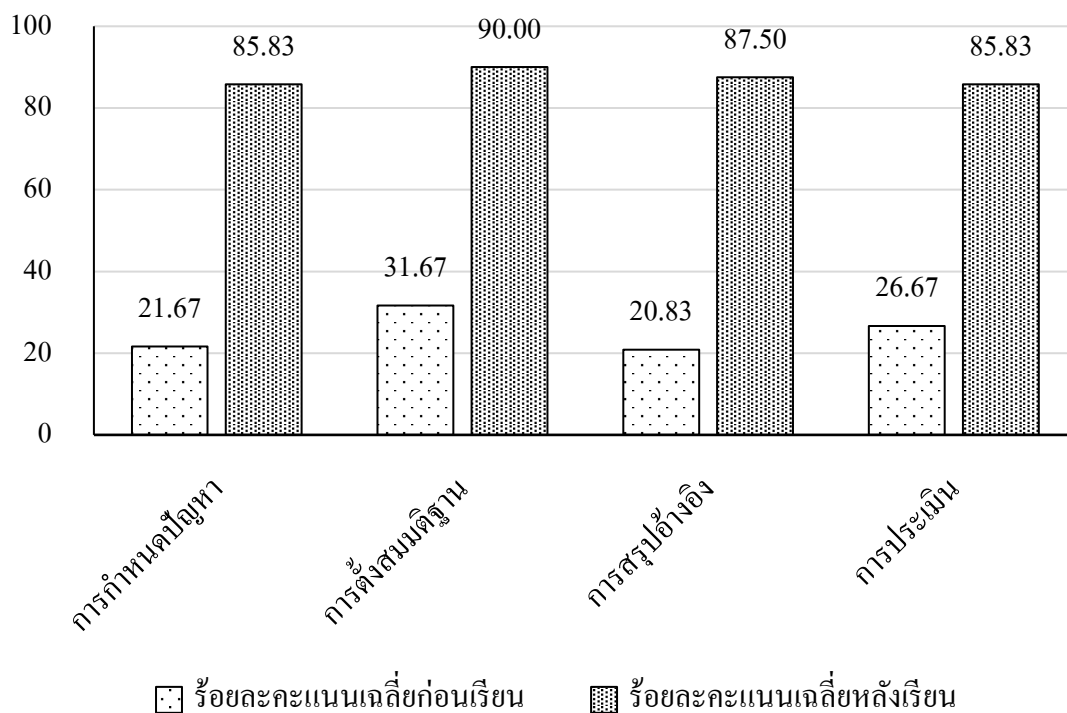
	คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (คะแนนเต็ม)									
	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	การกำหนดปัญหา (5)	การตั้งสมมติฐาน (5)	การสรุปอ้างอิง (5)	การประเมิน (5)	รวมทั้งหมด (20)	การกำหนดปัญหา (5)	การตั้งสมมติฐาน (5)	การสรุปอ้างอิง (5)	การประเมิน (5)	รวมทั้งหมด (20)
	S-01	0	0	0	2	2	5	5	5	5
S-02	0	2	2	3	7	5	4	4	5	18
S-03	2	2	1	3	8	4	5	5	5	19
S-04	1	1	0	1	3	4	5	4	5	18
S-05	1	3	0	2	6	5	5	5	4	19
S-06	3	2	1	1	7	5	5	5	4	19
S-07	1	0	3	2	6	3	3	5	5	16
S-08	0	1	1	2	4	4	4	4	3	15
S-09	1	1	1	1	4	5	5	5	5	20
S-10	2	2	1	2	7	5	5	5	5	20

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (คะแนนเต็ม)									
	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	การกำหนดปัญหา (5)	การตั้งสมมติฐาน (5)	การตั้งข้อสงสัย (5)	การประเมิน (5)	รวมทั้งหมด (20)	การกำหนดปัญหา (5)	การตั้งสมมติฐาน (5)	การตั้งข้อสงสัย (5)	การประเมิน (5)	รวมทั้งหมด (20)
S-11	1	3	3	0	7	4	5	5	4	18
S-12	0	2	1	0	3	5	3	4	5	17
S-13	3	1	1	2	7	5	5	4	2	16
S-14	2	1	1	1	5	4	5	3	3	15
S-15	1	1	1	1	4	3	4	4	4	15
S-16	1	3	0	0	4	3	5	4	5	17
S-17	0	2	1	1	4	5	4	2	4	15
S-18	1	1	0	1	3	4	5	5	4	18
S-19	2	3	0	0	5	5	5	5	4	19
S-20	1	2	3	0	6	4	4	4	4	16

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (คะแนนเต็ม)									
	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	(5) การกำหนดปัญหา (5)	(5) การตั้งสมมติฐาน (5)	(5) การสืบเสาะ (5)	(5) การประเมิน (5)	(20) รวมทั้งหมด	(5) การกำหนดปัญหา (5)	(5) การตั้งสมมติฐาน (5)	(5) การสืบเสาะ (5)	(5) การประเมิน (5)	(20) รวมทั้งหมด
S-21	0	0	2	2	4	5	5	5	4	19
S-22	1	1	1	2	5	3	3	4	4	14
S-23	2	1	0	1	4	3	4	4	5	16
S-24	0	3	1	2	6	5	5	5	5	20
μ	1.08	1.58	1.04	1.33	5.04	4.29	4.50	4.38	4.29	17.46
σ	0.91	0.95	0.93	0.90	1.59	0.79	0.71	0.75	0.79	1.87
ร้อยละ	21.67	31.67	20.83	26.67	25.21	85.83	90.00	87.50	85.83	87.29
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	18.18	19.08	18.69	17.95	7.97	15.79	14.14	15.07	15.79	9.35



ภาพที่ 11 แผนภูมิเปรียบเทียบร้อยละคะแนนเฉลี่ยจากการตอบแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน

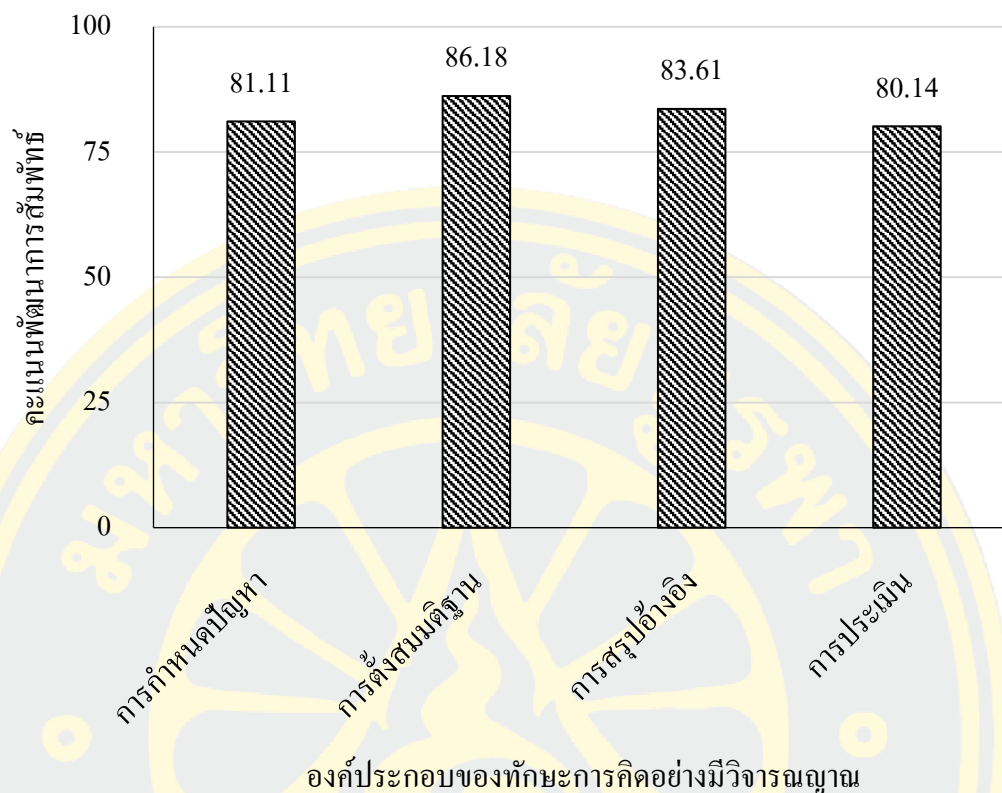
จากข้อมูลในตารางที่ 15 นำมาวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียน
 รายบุคคล ได้ผลดังตารางที่ 16 และภาพที่ 12

ตารางที่ 16 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์				
	การกำหนดปัญหา	การตั้งสมมติฐาน	การสรุปอ้างอิง	การประเมิน	รวมทั้งฉบับ
S-01	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
S-02	100.00	66.67	66.67	100.00	84.62
S-03	66.67	100.00	100.00	100.00	91.67
S-04	75.00	100.00	80.00	100.00	88.24

ตารางที่ 16 (ต่อ)

รหัสผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์				
	การกำหนดปัญหา	การตั้งสมมติฐาน	การสรุปอ้างอิง	การประเมิน	รวมทั้งฉบับ
S-05	100.00	100.00	100.00	66.67	92.86
S-06	100.00	100.00	100.00	75.00	92.31
S-07	50.00	60.00	100.00	100.00	71.43
S-08	80.00	75.00	75.00	33.33	68.75
S-09	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
S-10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
S-11	75.00	100.00	100.00	80.00	84.62
S-12	100.00	33.33	75.00	100.00	82.35
S-13	100.00	100.00	75.00	0.00	69.23
S-14	66.67	100.00	50.00	50.00	66.67
S-15	50.00	75.00	75.00	75.00	68.75
S-16	50.00	100.00	80.00	100.00	81.25
S-17	100.00	66.67	25.00	75.00	68.75
S-18	75.00	100.00	100.00	75.00	88.24
S-19	100.00	100.00	100.00	80.00	93.33
S-20	75.00	66.67	50.00	80.00	71.43
S-21	100.00	100.00	100.00	66.67	93.75
S-22	50.00	50.00	75.00	66.67	60.00
S-23	33.33	75.00	80.00	100.00	75.00
S-24	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
μ	81.11	86.18	83.61	80.14	83.05
σ	21.41	19.55	20.02	24.59	12.29



ภาพที่ 12 แผนภูมิแสดงระดับพัฒนาการทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

จากตารางที่ 16 และภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี มีคะแนนพัฒนาการของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณรวมทั้งฉบับโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 83.05 ± 12.29 บ่งชี้ว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับสูงมาก เมื่อพิจารณาจำแนกตามองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านการตั้งสมมติฐานสูงที่สุด โดยมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ที่ 86.18 ± 19.55 รองลงมาคือการสรุปอ้างอิง (83.61 ± 20.02) การกำหนดปัญหา (81.11 ± 21.41) และการประเมิน (80.14 ± 24.59) ตามลำดับ กล่าวได้ว่าทุกองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูงมาก

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ในวงจรที่ 1 - วงจรที่ 5

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดำเนินการตามแบบแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ผู้วิจัยได้กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 5 วงจร แต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยในแต่ละวงจร ได้ผลดังนี้

วงจรที่ 1 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (P₁) ผู้วิจัยปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง จลนศาสตร์เคมี โดยอาศัยข้อมูลการทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โดยมีประเด็นการปรับปรุง ดังนี้
 - กิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ สามารถทำให้นักเรียนร่วมกิจกรรมการเรียนรู้แล้วเกิดองค์ความรู้ใหม่และประสบการณ์ใหม่ ทำให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ได้จริง
 - นักเรียนบางส่วนสามารถออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่ไม่สามารถเก็บผลการทดลองได้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่นักเรียนสามารถออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่ดีขึ้น กล่าวคือ มีความปลอดภัยมากขึ้น สามารถเก็บผลการทดลองได้จริง สะดวก รวดเร็ว ใช้อุปกรณ์และสารเคมี น้อยลง แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการในการวางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลอง เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นอกเหนือจากนี้ นักเรียนสามารถดำเนินการทดลองตามวิธีดำเนินการทดลองแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายของนักเรียน
 - นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถอธิบายการเขียนกฎอัตราเชิงอนุพันธ์ (กฎอัตราดิฟเฟอเรนเชียล) หลังจากที่ได้รับจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อผู้วิจัยได้อธิบายเพิ่มเติม เน้นย้ำ และยกตัวอย่างการเขียนกฎอัตราเชิงอนุพันธ์ นักเรียนจึงเกิดความเข้าใจมากขึ้นและสามารถเขียนกฎอัตราเชิงอนุพันธ์จากสมการปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ ได้

- นักเรียนส่วนมากไม่เข้าใจกลไกการเกิดปฏิกิริยาการทดสอบวิตามินซี
 ในบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการทดสอบ
 วิตามินซี ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา
 การเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ผู้วิจัยจึงอธิบายโดยอาศัยวีดิทัศน์เพิ่มเติมนอกเหนือจากสื่อที่กำหนดไว้ใน
 แผนการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

- ผู้วิจัยพบว่านักเรียนใช้เวลาในชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นย่อยที่ 2 (การกำหนด
 ปัญหาและสมมติฐาน) และชั้นย่อยที่ 3 (การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง) มากกว่า
 เวลาที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในชั้นย่อยที่ 4 (การดำเนินการ
 ทดลอง) ใช้เวลาน้อยกว่าที่กำหนด แม้ว่าการทดลองใช้จะไม่เกิดอุบัติเหตุต่อนักเรียน
 แต่การดำเนินการทดลองด้วยเวลาอันสั้นอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากการทดลองได้ ประกอบกับ
 วิธีการทดลองที่นักเรียนออกแบบมานั้นไม่สอดคล้องกับปัญหาและสมมติฐานที่นักเรียนต้องการ
 ศึกษาจากปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ในแต่ละบทปฏิบัติการ

- ผู้วิจัยให้อิสระในการจัดกลุ่มปฏิบัติการของนักเรียน กล่าวคือ ผู้วิจัยมอบหมาย
 ให้นักเรียนจัดกลุ่มปฏิบัติการ กลุ่มละ 4 คน จำนวน 6 กลุ่ม โดยมีได้กำหนดสมาชิกของนักเรียน
 ภายในกลุ่ม และมีได้กำหนดให้นักเรียนเปลี่ยนกลุ่มทุกครั้งเมื่อดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ทำใ้
 นักเรียนเลือกจัดกลุ่มกับนักเรียนที่มีความคุ้นเคยกันหรือสนิทกัน เมื่อดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้
 ผู้วิจัยพบว่าเมื่อดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่มตลอดเวลา แต่ไม่เกิด
 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มมากนัก ส่งผลให้นักเรียนไม่เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือข้อค้นพบ
 ระหว่างกลุ่ม นอกจากนี้ ผู้วิจัยควบคุมการดำเนินไปของกิจกรรมการเรียนรู้ได้ยาก

ผู้วิจัยนำข้อค้นพบเหล่านี้มาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้
 โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ดังนี้

- ผู้วิจัยได้เพิ่มเติมการอธิบายวิธีการคำนวณต่าง ๆ ที่ปรากฏในเนื้อหา เรื่อง
 จลนศาสตร์เคมี ให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น รวมถึงการอธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ
 ที่เป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ศึกษาในบทปฏิบัติการ

- ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนระบุปัญหา สมมติฐาน และวิธีการทดลอง
 จากปรากฏการณ์ที่ระบุไว้ในแต่ละบทปฏิบัติการล่วงหน้า โดยผู้วิจัยจะแจกบทปฏิบัติการ
 ให้กับนักเรียนก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นเวลาอย่างน้อย 3 วันก่อนการจัดกิจกรรมการ
 เรียนรู้ โดยมอบหมายให้นักเรียนศึกษาปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ ระบุปัญหาของปรากฏการณ์
 สมมติฐานของการศึกษาปรากฏการณ์ และออกแบบขั้นตอนการทดลอง เพื่อให้นักเรียนมีเวลา
 ศึกษาปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ที่มากเพียงพอ

- ผู้วิจัยปรับเปลี่ยนการจัดกลุ่มของนักเรียนในแต่ละวงจร โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้จัดกลุ่มนักเรียนด้วยตนเอง สมาชิกนักเรียนแต่ละกลุ่มจะถูกจัดกลุ่มโดยการสุ่มรหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเท่านั้น และไม่นำผลคะแนนใด ๆ มาร่วมพิจารณาการจัดกลุ่มทั้งสิ้น ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การจัดกลุ่มปฏิบัติการของนักเรียนในแต่ละวงจร

กลุ่มปฏิบัติการ	รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย				
	วงจรที่ 1	วงจรที่ 2	วงจรที่ 3	วงจรที่ 4	วงจรที่ 5
กลุ่มที่ 1	S-01	S-01	S-01	S-01	S-01
	S-07	S-12	S-02	S-02	S-11
	S-13	S-13	S-13	S-03	S-17
	S-19	S-24	S-14	S-04	S-21
กลุ่มที่ 2	S-02	S-02	S-03	S-05	S-02
	S-08	S-11	S-04	S-06	S-12
	S-14	S-14	S-15	S-07	S-18
	S-20	S-23	S-16	S-08	S-22
กลุ่มที่ 3	S-03	S-03	S-05	S-09	S-03
	S-09	S-10	S-06	S-10	S-13
	S-15	S-15	S-17	S-11	S-19
	S-21	S-22	S-18	S-12	S-23
กลุ่มที่ 4	S-04	S-04	S-07	S-13	S-04
	S-10	S-09	S-08	S-14	S-14
	S-16	S-16	S-19	S-15	S-20
	S-22	S-21	S-20	S-16	S-24
กลุ่มที่ 5	S-05	S-05	S-09	S-17	S-05
	S-11	S-08	S-10	S-18	S-15
	S-17	S-17	S-21	S-19	S-21
	S-23	S-20	S-22	S-20	S-23

ตารางที่ 17 (ต่อ)

กลุ่มปฏิบัติการ	รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย				
	วงจรที่ 1	วงจรที่ 2	วงจรที่ 3	วงจรที่ 4	วงจรที่ 5
กลุ่มที่ 6	S-06	S-06	S-11	S-21	S-06
	S-12	S-07	S-12	S-22	S-16
	S-18	S-18	S-23	S-23	S-22
	S-24	S-19	S-24	S-24	S-24

2. ชั้นปฏิบัติการตามแผน (A₁) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำกับผงหินปูนเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา เพื่อกำหนดปัญหา สมมติฐาน และวิธีดำเนินการทดลองเป็นภาระงานก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ และแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลดังกล่าวที่ผู้วิจัยมอบหมายไว้หน้าชั้นเรียนเพื่อระบุนิ่วดำเนินการทดลองที่ปลอดภัย เหมาะสม และสามารถเก็บข้อมูลได้จริงเพียงวิธีเดียวเท่านั้น ดำเนินการทดลองด้วยวิธีดังกล่าวนี้เพื่อเก็บข้อมูล นำข้อมูลที่ได้นี้มาวิเคราะห์เพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงใดช่วงหนึ่ง และอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง นำไปสู่การอธิบายความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้

3. ชั้นสังเกต (O₁) ผู้วิจัยและครูผู้สอนรายวิชา ว30222 จลนศาสตร์เคมีและสมมูลเคมี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย ชลบุรี ได้สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ แต่มีข้อสังเกตต่าง ๆ จำแนกเป็นประเด็นต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 ในการระบุปัญหาและสมมติฐานจากปรากฏการณ์ของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่านักเรียนกำหนดปัญหาและสมมติฐานต่างกัน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยนักเรียนกลุ่มแรกกำหนดปัญหาจากปรากฏการณ์ไว้ว่า “ผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำต่างยี่ห้อกันสามารถจัดคราบหินปูนได้แตกต่างกันหรือไม่” แสดงให้เห็นว่านักเรียนเห็นว่าผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำต่างยี่ห้อที่ผู้วิจัยกำหนดให้นี้เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดของการวิจัย นำไปสู่การตั้งสมมติฐานการวิจัยที่ว่า “ผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำต่างยี่ห้อกันทำให้อัตราการเกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน” ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่สุดและสมมติฐานที่ผู้วิจัยต้องการ ดังภาพที่ 13 เพื่อสรุปว่าผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำที่แตกต่างกันนี้

อัตราส่วนของกรดไฮโดรคลอริกแตกต่างกัน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงแตกต่างกันไปด้วย แต่ นักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งกำหนดปัญหาจากปรากฏการณ์ไว้ว่า “ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก ในผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำที่แตกต่างกันทำให้อัตราการเกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ด้วยหรือไม่” นำไปสู่การกำหนดสมมติฐานของการศึกษาไว้ว่า “ความเข้มข้นของกรดไฮโดร-คลอริกแตกต่างกันทำให้อัตราการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน” ดังภาพที่ 14

การกำหนดปัญหาและสมมติฐานในลักษณะนี้เป็นคำตอบที่เกิดการคาดการณ์ล่วงหน้าของผู้วิจัย ผู้วิจัยจึงถามนักเรียนในกลุ่มที่กำหนดปัญหาและสมมติฐานในลักษณะนี้ว่าเพราะเหตุใด คำตอบ ของนักเรียนล้วนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือนักเรียนศึกษาส่วนผสมหรือองค์ประกอบ ของผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำที่มีขายอยู่ทั่วไปว่ามีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง นักเรียนพบว่า อัตราส่วนความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำแตกต่างกันนี้ มีความแตกต่างกัน จึงอนุมานว่าอัตราส่วนที่ต่างกันนี้เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ความสามารถ ในการขจัดคราบหินปูนมีความแตกต่างกัน ประเด็นนี้ทำให้ผู้วิจัยค้นพบว่าการเพิ่มเวลาในการศึกษา ปรากฏการณ์เพื่อให้นักเรียนมีเวลามากเพียงพอที่จะระบุปัญหาได้อย่างถูกต้องนั้น นักเรียนยังได้ ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้มาก่อนแล้วล่วงหน้า อีกด้วย นำไปสู่การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้และถูกต้องเหมาะสม



นักเรียนคิดว่า จากปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาคืออะไร ?
ผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำต่างชนิดกันสามารถ
ขจัดคราบหินปูนได้แตกต่างกันหรือไม่

จากปัญหาที่นักเรียนกำหนดไว้ นักเรียนมีสมมติฐานในการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาดังกล่าวอย่างไร ?
ผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำต่างชนิดกันทำให้อัตรา
การเกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน

ภาพที่ 13 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (รูปแบบที่ 1)



นักเรียนคิดว่า จากปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาคืออะไร ?
 ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในผลึกน้ำส้มสายชูของน้ำ
 ในทุกห้องก็มีใช้สีชมพู ๆ เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นทุกห้อง
 ก็แตกต่างกันไป

จากปัญหาที่นักเรียนกำหนดไว้ นักเรียนมีสมมติฐานในการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาดังกล่าวอย่างไร ?
 ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในผลึกน้ำส้มสายชูของน้ำ
 ในทุกห้องก็มีใช้สีชมพู ๆ เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นทุกห้อง
 ก็แตกต่างกันไป

ภาพที่ 14 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (รูปแบบที่ 2)

ประเด็นที่ 2 นอกเหนือจากการระบุปัญหาและตั้งสมมติฐานแล้ว การวางแผนและออกแบบการทดลองของนักเรียนนั้นออกมาในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ วิธีดำเนินการทดลองที่นักเรียนในกลุ่มที่ 1 2 3 และ 5 ออกแบบการทดลองเหมือนกันทุกกระบวนการ มีการใช้อุปกรณ์และสารเคมีในลักษณะเดียวกัน ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองเหมือนกัน และมีวิธีการเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนกัน ดังภาพที่ 15 ซึ่งเป็นรูปแบบการทดลองที่เป็นไปตามการคาดการณ์ของผู้วิจัย ผู้วิจัยจึงสอบถามนักเรียนในกลุ่มดังกล่าวว่าเพราะเหตุใดวิธีดำเนินการทดลองที่นักเรียนออกแบบไว้ในแต่ละกลุ่มจึงเหมือนกัน นักเรียนอธิบายว่าวิธีการดำเนินการทดลองในรูปแบบนี้มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้น้อยมาก ประกอบกับวิธีนี้สามารถเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ง่ายที่สุด และสามารถติดตามเวลาที่ใช้ในการเก็บแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้สะดวกที่สุดด้วย แตกต่างจากนักเรียนในกลุ่มที่ 4 และ 6 ที่ออกแบบการทดลองโดยการหาน้ำหนักที่หายไปของระบบปฏิกริยาระหว่างผลิตภัณฑ์ล้างห้องน้ำกับผงหินปูน ดังภาพที่ 16 ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถทำได้และวัดค่าได้อย่างเป็นรูปธรรมและมีความผิดพลาดในการอ่านค่าน้ำหนักน้อยกว่าการอ่านปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้ แต่เนื่องจากการชั่งน้ำหนักของอุปกรณ์เครื่องแก้วที่มีสารละลายกรดไฮโดรคลอริกนั้นอาจทำให้เกิดอันตรายได้ ผู้วิจัยจึงเสนอให้กลุ่มที่ 4 และ 6 ดำเนินการทดลองตามวิธีดำเนินการทดลองของกลุ่มที่ 1 2 3 และ 5 ประเด็นนี้ทำให้ผู้วิจัยเห็นว่านักเรียนในแต่ละกลุ่มมักออกแบบวิธีการทดลองที่สามารถเก็บผลได้อย่างสะดวก

รวดเร็ว แม่นยำ และสามารถบูรณาการเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลองได้
อย่างสร้างสรรค์ แต่ยังคงขาดการจัดการความเสี่ยงหรือความปลอดภัยในการทดลองอยู่พอสมควร

ประเด็นที่ 3 ในการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนแต่ละกลุ่ม
สามารถคำนวณได้อย่างถูกต้อง แต่นักเรียนบางคนไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างอัตรา
การเกิดปฏิกิริยากับอัตราการสลายตัวของสารตั้งต้นหรืออัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง
ส่งผลให้นักเรียนคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ถูกต้อง ปัญหานี้เกิดขึ้นจากการคำนวณอัตรา
การเกิดปฏิกิริยาโดยไม่ตรวจสอบการดุลสมการเคมี หรือนักเรียนอาจดุลสมการเคมีได้ไม่ถูกต้อง
ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขปัญหานี้โดยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตรา
การสลายตัวของสารตั้งต้นหรืออัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ และการดุลสมการ ในขั้นสรุปผลการเรียนรู้
เพิ่มเติมให้กับนักเรียน โดยหลังจากที่ผู้วิจัยได้อธิบายประเด็นนี้เพิ่มเติมก่อนการทดสอบหลังเรียน
พบว่านักเรียนสามารถตอบข้อคำถามที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ดังกล่าวในแบบทดสอบหลังเรียน
และแบบฝึกหัดได้อย่างถูกต้อง ดังภาพที่ 17

แผนผังแสดงวิธีดำเนินการทดลอง

CaCO_3 1g

10ml ผลิตสัตว์ที่ ค้างน้องเขา A/B

เปิดขวด

กะละมังใส่น้ำ

เปิดขวดวางหงาย

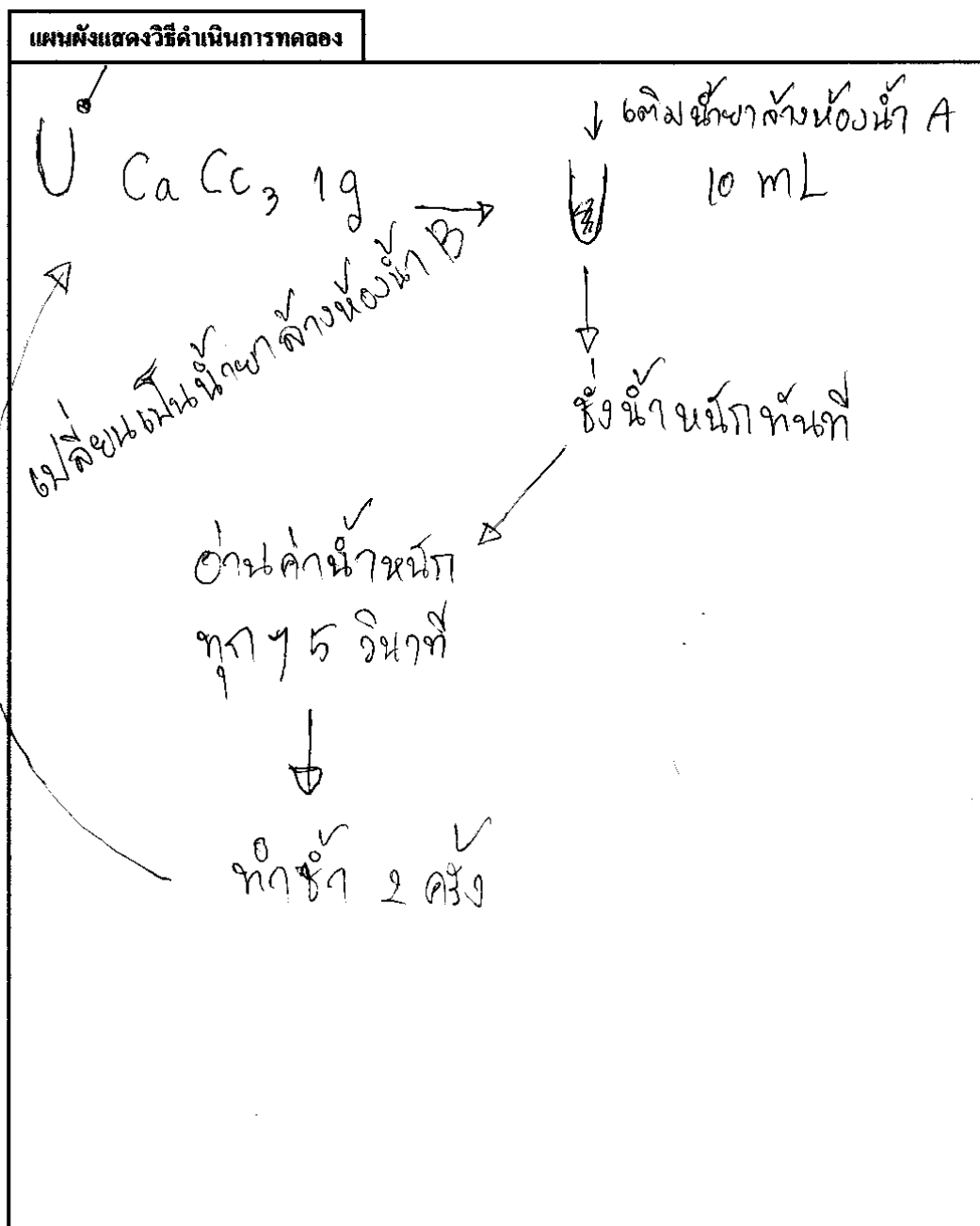
เก็บแก๊ส โดยใส่ช่องแทนขวดน้ำ

จับผลตกทุก ๆ ๕ วินาที

แล้วอ่านปริมาณแก๊ส

ทำซ้ำ ๒ ครั้ง

ภาพที่ 15 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (รูปแบบที่ 1)



ภาพที่ 16 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (รูปแบบที่ 2)

2. เซลล์เชื้อเพลิง หรือ Fuel Cell เป็นเซลล์เชื้อเพลิงสะอาดชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในเครื่องยนต์ อาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน ซึ่งจะได้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ เป็นไปดังสมการ $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

- 1) จงเขียนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารในปฏิกิริยาเคมี

$$r = -\frac{1}{2} \frac{\Delta [\text{H}_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta [\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta [\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t} \quad \#$$

- 2) หากอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแก๊สออกซิเจน (O_2) มีค่า $0.23 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแก๊สไฮโดรเจน อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีค่าเป็นเท่าใด

$$\frac{\Delta [\text{H}_2]}{\Delta t} = 2 \frac{\Delta [\text{O}_2]}{\Delta t} = 2(0.23 \text{ mol/s}) = 0.46 \text{ mol/s} \quad \#$$

$$\frac{\Delta [\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t} = 2 \frac{\Delta [\text{O}_2]}{\Delta t} = 2(0.23 \text{ mol/s}) = 0.46 \text{ mol/s} \quad \#$$

$$r = -\frac{\Delta [\text{O}_2]}{\Delta t} = 0.23 \text{ mol/s} \quad \#$$

ภาพที่ 17 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ประเด็นที่ 4 ในการศึกษาปรากฏการณ์นี้ นักเรียนเสนอว่านอกเหนือจากความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ส่งผลต่ออัตราการสลายตัวของหินปูนแล้ว อาจสามารถศึกษาในประเด็นอื่นเพิ่มเติมได้ เช่น ชนิดของสารละลายกรด (กรดซัลฟิวริก, กรดไนตริก, กรดอะซิติก) อุณหภูมิของระบบ (อุณหภูมิสูง, อุณหภูมิต่ำ) หรือความละเอียดของผงหินปูน (ก้อนหินปูน, ผงหินปูนหยาบ, ผงหินปูนละเอียด) มีผลต่อการสลายตัวของหินปูนได้หรือไม่ แตกต่างกันอย่างไรรดังภาพที่ 18 และภาพที่ 19

จากปฏิบัติการทดลองในครั้งนี้นักเรียนคิดว่ามีประเด็นอื่น ๆ ที่นักเรียนอยากศึกษาจากปรากฏการณ์ดังกล่าวหรือไม่ หากมี จงระบุประเด็นนั้น ๆ พร้อมวิธีที่นักเรียนคิดว่าน่าจะเหมาะสมต่อการศึกษาปัญหานั้น ๆ

1. ความถี่การชนกันของอนุภาค เช่น กวดอะตอม กวดโมเลกุล กวดอิเล็กตรอน กวดนิวตรอน
2. ความถี่การชนกันของอนุภาค เช่น ความถี่การชนกันของอนุภาค กวดอะตอม กวดโมเลกุล กวดอิเล็กตรอน กวดนิวตรอน

ภาพที่ 18 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงประเด็นศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1

จากปฏิบัติการทดลองในครั้งนี้นักเรียนคิดว่ามีประเด็นอื่น ๆ ที่นักเรียนอยากศึกษาจากปรากฏการณ์ดังกล่าวหรือไม่ หากมี จงระบุประเด็นนั้น ๆ พร้อมวิธีที่นักเรียนคิดว่าน่าจะเหมาะสมต่อการศึกษาปัญหานั้น ๆ

นอกจากการวัดไฮโดรเจนที่สารถผลิตได้จากการวัดที่วัดได้
 วัดอุณหภูมิของไฮโดรเจนที่สารถผลิตได้จากการวัดที่วัดได้
 วัดความดันของไฮโดรเจนที่สารถผลิตได้จากการวัดที่วัดได้
 การวัดอุณหภูมิของไฮโดรเจนที่สารถผลิตได้จากการวัดที่วัดได้

ภาพที่ 19 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงประเด็นศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 1 (2)

ประเด็นที่ 5 ในการตอบแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ซึ่งมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน ได้ผลจำแนกรายบุคคลดังตารางที่ 18 และเมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักเรียนตอบข้อคำถามที่ 4 ผิดมากที่สุด โดยมีนักเรียนตอบข้อคำถามผิดมากถึง 9 คน รองลงมาคือข้อที่ 1 คือ นักเรียนตอบข้อคำถามผิด 7 คน ผู้วิจัยจึงสอบถามนักเรียนที่ตอบข้อคำถามที่ 1 และข้อคำถามที่ 4 ไม่ถูกต้องว่าเป็นเพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบข้อคำถามไม่ถูกต้อง เมื่อนักเรียนได้พิจารณาข้อคำถามอีกครั้ง นักเรียนอธิบายว่า ในกรณีการตอบข้อคำถามที่ 1 ไม่ถูกต้องเกิดจากความสับสนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยา และในกรณีการตอบข้อคำถามที่ 4 ไม่ถูกต้องเกิดจากนักเรียนยังระบุนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตราการสลายตัวของสารตั้งต้นหรืออัตราการเกิดผลิตภัณฑ์ และดุลสมการได้ไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 18 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)

ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำแนกรายบุคคล

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	คะแนนที่ได้
S-01	4
S-02	4
S-03	2
S-04	3
S-05	4
S-06	3
S-07	4
S-08	2
S-09	4
S-10	3
S-11	3
S-12	2
S-13	3
S-14	4
S-15	2
S-16	3

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	คะแนนที่ได้
S-17	4
S-18	3
S-19	3
S-20	4
S-21	3
S-22	3
S-23	3
S-24	4
μ	3.21
σ	0.71

ประเด็นที่ 6 ในการตอบแบบฝึกหัดของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถตอบข้อคำถามในแบบฝึกหัดได้อย่างถูกต้อง กล่าวคือ นักเรียนเขียนแสดงการคำนวณการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ทว่านักเรียนส่วนมากตอบแบบฝึกหัดไม่ครบทุกข้อคำถาม ผู้วิจัยจึงสอบถามกับนักเรียนว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนอธิบายว่าข้อคำถามในแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีจำนวนมาก ประกอบกับนักเรียนจะต้องจัดเตรียมกิจกรรมของโรงเรียนตามที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่มงานวิชาการ ของโรงเรียน ทำให้นักเรียนมีเวลาไม่เพียงพอ นักเรียนจึงไม่สามารถตอบข้อคำถามได้ทั้งหมด ผู้วิจัยจึงได้ลดจำนวนข้อคำถามในแบบฝึกหัดที่ 2 ให้มีจำนวนน้อยลง เพื่อให้ นักเรียนสามารถตอบข้อคำถามได้ทันเวลา แต่ยังคงครบทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ นอกเหนือจากนี้ ผู้วิจัยยังค้นพบอีกว่านักเรียนบางส่วนเขียนตอบประเด็นต่าง ๆ ในบทปฏิบัติการไม่เรียบร้อยเท่าที่ควร จึงสอบถามประเด็นนี้กับนักเรียน นักเรียนอธิบายเหตุผลเช่นเดียวกับการตอบแบบฝึกหัด ผู้วิจัยจึงเห็นสมควรดำเนินการปรับลดปริมาณการส่งบทปฏิบัติการลง จาก 1 คน ต่อ 1 ฉบับ เป็น 1 กลุ่ม (4 คน) ต่อ 1 ฉบับ เพื่อลดปริมาณงานของนักเรียน

ประเด็นที่ผู้วิจัยและครูผู้สอนรายวิชานี้ได้พบจะนำไปใช้ในชั้นสะท้อนผลของวงจรนี้ (R₁) เพื่อปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ต่อไป

4. ชั้นสะท้อนผล (R_1) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ผลที่ได้ในชั้นสังเกต (O_1) เพื่อนำมาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในวงจรที่ 2 ดังนี้

1) ผู้วิจัยแสดงการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือการคำนวณอื่นใดที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียด เพื่อให้ให้นักเรียนได้ศึกษา จับประเด็นสำคัญของเนื้อหา และเรียนรู้เทคนิควิธีการคำนวณได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

2) ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนเขียนตอบบทปฏิบัติการกลุ่มละ 1 ฉบับ

3) ผู้วิจัยกำหนดข้อคำถามในแบบฝึกหัดให้มีจำนวนน้อยลง แต่ยังสามารถวัดได้ครบทุกจุดประสงค์การเรียนรู้

วงจรที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

1. ชั้นวางแผน (P_2) ผู้วิจัยปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากชั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 1 (R_1) เพื่อนำไปใช้ในชั้นปฏิบัติการตามแผนในวงจรที่ 2 (A_2)

2. ชั้นปฏิบัติการตามแผน (A_2) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่พัฒนาจากผลการสะท้อนในวงจรที่ 1 (R_1) โดยใช้ปฏิกิริยาของโลหะแมกนีเซียมในน้ำที่อุณหภูมิต่างกันเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการเรียนรู้ ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนศึกษาปรากฏการณ์ดังกล่าวเพื่อระบุปัญหา สมมติฐาน และออกแบบวิธีดำเนินการทดลองมาล่วงหน้าก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ และแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหา สมมติฐาน และวิธีดำเนินการทดลองที่นักเรียนได้ระบุและออกแบบมานี้หน้าชั้นเรียน เพื่อระบุวิธีดำเนินการทดลองที่ปลอดภัย เหมาะสม และสามารถเก็บข้อมูลการทดลองได้จริงเพียงวิธีเดียวเท่านั้น และให้นักเรียนดำเนินการทดลองด้วยวิธีดังกล่าวนี้เพื่อเก็บข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเดียวกันที่อุณหภูมิต่างกัน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ว่าอุณหภูมิของระบบปฏิกิริยามีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิของระบบส่งผลให้พลังงานของอนุภาคสารตั้งต้นเพิ่มสูงขึ้น ความถี่ในการชนกันอย่างมีประสิทธิภาพของสารตั้งต้นจึงเพิ่มมากขึ้นด้วย ทั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้

3. ชั้นสังเกต (O_2) ผู้วิจัยและครูผู้สอนรายวิชา ว30222 จลนศาสตร์เคมีและสมมูลเคมี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี ได้สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย ซึ่งผลจากการสังเกตพบว่านักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ทุกประการ นอกเหนือจากนี้ ผู้วิจัยและครูผู้สอนรายวิชาดังกล่าวยังพบข้อสังเกตที่สามารถพัฒนาให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรถัดไปสัมฤทธิ์ผลได้มากยิ่งขึ้น ดังประเด็นต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 นักเรียนสามารถระบุปัญหาและสมมติฐานจากปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ปัญหาที่ได้นักเรียนระบุไว้คือ อุณหภูมิของระบบปฏิกิริยาที่แตกต่างกันส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างแมกนีเซียมและน้ำเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ นำไปสู่การระบุสมมติฐานของการศึกษาปัญหาจากปรากฏการณ์นี้ ความว่า อุณหภูมิของระบบปฏิกิริยาที่แตกต่างกันส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างแมกนีเซียมและน้ำแตกต่างกัน ดังภาพที่ 20 แตกต่างจากการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองซึ่งนักเรียนออกแบบมาแตกต่างกันมากถึง 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 เติมน้ำร้อนลงในหลอดทดลองที่มีโลหะแมกนีเซียม วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากสีของสารละลายที่เปลี่ยนแปลงไป ดังภาพที่ 21 รูปแบบที่ 2 เติมน้ำอุณหภูมิห้องลงในหลอดทดลองก่อนแล้วจึงนำไปให้ความร้อนผ่านอ่างน้ำร้อน (บนตะเกียงแอลกอฮอล์) วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากสีของสารละลายที่เปลี่ยนแปลงไป ดังภาพที่ 22 และรูปแบบที่ 3 เติมน้ำร้อนลงในหลอดทดลองที่มีโลหะแมกนีเซียม วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยการเก็บแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นทุก ๆ 10 วินาที ดังภาพที่ 23 เมื่อผู้วิจัยและนักเรียนพิจารณารูปแบบวิธีดำเนินการทดลองร่วมกันแล้ว พบว่ารูปแบบที่ 3 เป็นรูปแบบวิธีดำเนินการทดลองที่สามารถเก็บผลการทดลองที่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในช่วงเริ่มต้นปฏิกิริยา ช่วงปฏิกิริยากำลังดำเนินไป และช่วงสิ้นสุดปฏิกิริยาทั่วรูปแบบวิธีดำเนินการทดลองในลักษณะนี้ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องแก้วมากกว่ารูปแบบวิธีดำเนินการทดลองรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้มากกว่าวิธีอื่น ๆ หากพิจารณารูปแบบที่ 2 แล้ว พบว่าการให้ความร้อนกับระบบในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมและน้ำไปแล้วนั้นอาจทำให้ข้อมูลการทดลองผิดพลาด ประกอบกับการต้มน้ำในบีกเกอร์สำหรับใช้เป็นอ่างน้ำร้อนนั้นอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ ผู้วิจัยและนักเรียนจึงลงความเห็นร่วมกันว่ารูปแบบวิธีดำเนินการทดลองรูปแบบที่ 1 เป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่สามารถเห็นความแตกต่างของปฏิกิริยาเดียวกันที่อุณหภูมิของปฏิกิริยาแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน และใช้อุปกรณ์เครื่องแก้วจำนวนน้อยกว่ารูปแบบอื่น ๆ



นักเรียนคิดว่า จากปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาคืออะไร ?
อนุกรมของระบบปฏิกิริยาที่แตกต่างในสิ่งแวดล้อม
สารคือปฏิกิริยาของ Mg กับ H₂O ในที่แห้ง

จากปัญหาที่นักเรียนกำหนดไว้ นักเรียนมีสมมติฐานในการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาดังกล่าวอย่างไร ?

อนุกรมของระบบปฏิกิริยาที่แตกต่างในสิ่งแวดล้อม
ใช้ตัวกระทำปฏิกิริยา ในที่แห้ง

ภาพที่ 20 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 2

วิธีดำเนินการทดลอง
1. ต้มน้ำในหม้อแกออร์จนกระทั่งน้ำเดือด
2. ชั่งโลหะแมกนีเซียม 1 กรัม ลงในหลอดทดลอง
2 หลอด
3. หลอดที่ 1 ต้มน้ำเดือด 10 ml
หลอดที่ 2 ต้มน้ำร้อน 10 ml
4. จับเวลากระทั่งโลหะละลายหมด
5. ทำซ้ำ 2 ครั้ง

ภาพที่ 21 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 2 (รูปแบบที่ 1)

วิธีดำเนินการทดลอง
1. ชั่ง Mg 1g 9หลอดทดลอง 6 หลอด
2. เติมน้ำ 10 mL ลงในหลอดทดลอง
3. หยดหลอดที่ 1-3 9 ล้างในอ่างน้ำร้อน (ปฏิกิริยาที่ 1-3 คือ ปฏิกิริยาของเหล็กกับกรดซัลฟิวริก)
4. จุ่มเวลากระทั่งสารละลายเปลี่ยนสี

ภาพที่ 22 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 2 (รูปแบบที่ 2)

วิธีดำเนินการทดลอง
1. ชั่งแผ่นโลหะ แมกนีเซียมลงในหลอดทดลอง หลอดละ 1 กรัม จำนวน 6 หลอด
2. เติมน้ำ 10 มิลลิกรัมในหลอดที่ 1-3 10 ตัวผสมสารละลายแก่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการแทนที่น้ำ
3. อ่านปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นทุก ๆ 10 วินาที
4. ทำซ้ำข้อ 2. และข้อ 3. โดยเปลี่ยนแผ่นน้ำร้อน

ภาพที่ 23 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 2 (รูปแบบที่ 3)

ประเด็นที่ 2 ในการศึกษาปรากฏการณ์นี้ นักเรียนเสนอว่านอกเหนือจากอุณหภูมิของระบบที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นำไปสู่การอธิบายว่าพลังงานของสารตั้งต้นที่มากขึ้นส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามากขึ้นในทฤษฎีการชนแล้ว อาจมีตัวแปรอื่น ๆ ที่สามารถอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ เช่น พื้นที่หน้าตัดของสารตั้งต้นในสถานะของแข็ง ชนิดของตัวทำละลาย หรือสารอื่น ๆ ที่เข้าทำปฏิกิริยาร่วมด้วย ดังภาพที่ 24

จากปฏิบัติการทดลองในครั้งนี้ นักเรียนคิดว่ามีประเด็นอื่น ๆ ที่นักเรียนอยากศึกษาจากปรากฏการณ์ดังกล่าวหรือไม่ หากมี จงระบุประเด็นนั้น ๆ พร้อมวิธีที่นักเรียนคิดว่าน่าจะเหมาะสมต่อการศึกษาปัญหานั้น ๆ

อาจมีปัจจัยหรือตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องปัจจัย.

คือผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่สามารถ.

ใช้ทฤษฎี การชน และทฤษฎีพลังงานกระตุ้น คำนวณค่า

การชนได้

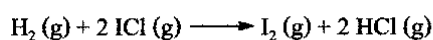
ภาพที่ 24 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงประเด็นศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาใน
วงจรที่ 2

ประเด็นที่ 3 เมื่อพิจารณาการตอบแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบทำวงจร) ฉบับที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 กำหนดคะแนนเต็มไว้ 4 คะแนน ได้ผลคะแนนจำแนกรายบุคคลดังตารางที่ 19 และเมื่อพิจารณา รายชื่อ พบว่านักเรียนตอบคำถามข้อที่ 4 ผิดมากที่สุด โดยตอบผิดมากถึง 14 คน ผู้วิจัยจึงสอบถาม นักเรียนว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกตอบตัวเลือกนี้ นักเรียนอธิบายในทำนองเดียวกันว่านักเรียน ยังไม่สามารถเข้าใจการหาแก๊ซอัตราโดยอาศัยวิธีการประมาณจากสถานะสมดุลและ/หรือวิธีประมาณ จากสถานะคงตัว เนื่องจากวิธีที่ค้นที่ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนได้ศึกษานั้นค่อนข้างเร็ว ผู้วิจัยจึงได้ อธิบายการหาแก๊ซอัตราโดยอาศัยวิธีการประมาณจากสถานะสมดุลและวิธีประมาณจากสถานะคงตัว อีกครั้ง ทำให้นักเรียนสามารถตอบข้อคำถามที่ 7 ในแบบฝึกหัด เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้อย่างถูกต้อง ดังภาพที่ 25

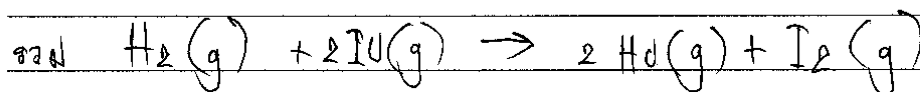
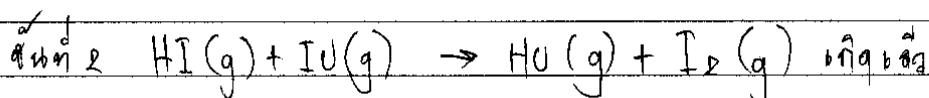
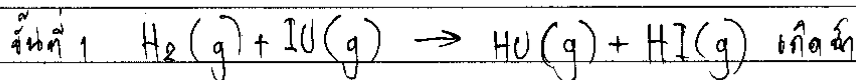
ตารางที่ 19 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)
ฉบับที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำแนกรายบุคคล

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	คะแนนที่ได้
S-01	4
S-02	4
S-03	2
S-04	3
S-05	4
S-06	4
S-07	4
S-08	2
S-09	3
S-10	3
S-11	3
S-12	3
S-13	4
S-14	4
S-15	4
S-16	3
S-17	4
S-18	3
S-19	3
S-20	2
S-21	3
S-22	3
S-23	3
S-24	4
μ	3.29
σ	0.68

7. ปฏิกิริยาต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาอันดับสอง มีกฎอัตราเป็น $r = k[H_2][ICl]$



จงเสนอกลไกการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว พร้อมทั้งพิสูจน์ว่ากลไกนั้นสามารถยอมรับได้



$$r = \frac{d[I_2]}{dt} = k_2 [HI] [ICl] \rightarrow *$$

$$\text{กล SSA : ที่ SS } \frac{d[HI]}{dt} = 0 \quad k_1 [H_2] [IU] - k_2 [HI] [IU]$$

$$[HI] [IU] = k_1 \frac{[H_2] [IU]}{k_2} \text{ แทนที่ใน (*)}$$

$$r = \frac{d[I_2]}{dt} = k_2 \frac{k_1 [H_2] [IU]}{k_2}$$

$$= k_1 [H_2] [IU] \quad \#$$

ภาพที่ 25 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการหากลู้อัตราโดยอาศัยวิธีการประมาณจากสภาวะคงตัว
ในแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ประเด็นที่ผู้วิจัยค้นพบจะนำไปใช้ในชั้นสะท้อนผลของวงจรนี้ (R₂) เพื่อปรับปรุง
แก้ไข และพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง บ้างชี้ที่มีผล
ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ต่อไป

4. ชั้นสะท้อนผล (R_2) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ผลที่ได้ในชั้นสังเกต (O_2) ได้ผลเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในวงจรที่ 3 โดยผู้วิจัยจะแสดงตัวอย่างการคำนวณหรือการหาคำตอบจากข้อมูลการทดลองของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการคำนวณหรือวิธีการหาคำตอบ และนำไปใช้ในการสรุปผลการทดลองของนักเรียนได้อย่างถูกต้อง

วงจรที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

1. ชั้นวางแผน (P_3) ผู้วิจัยปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) โดยอาศัยข้อมูลจากชั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 2 (R_2) ร่วมกับผลที่ได้จากการทดลองใช้เครื่องมือ โดยผู้วิจัยได้เพิ่มการอธิบายการใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ในชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นการวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ในการเก็บข้อมูลการทดลองได้

2. ชั้นปฏิบัติตามแผน (A_3) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) ที่พัฒนาจากผลการสะท้อนในวงจรที่ 2 (R_2) โดยใช้ในการทดสอบอะซิโตนในผลิตภัณฑ์ล้างเล็บเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการเรียนรู้ เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้ในวงจรก่อนหน้าที่ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนศึกษาปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ขึ้นเพื่อระบุปัญหาและสมมติฐานที่นักเรียนต้องการศึกษา และออกแบบวิธีการทดลองที่เหมาะสมต่อการเก็บผลการทดลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหา สมมติฐาน และวิธีดำเนินการทดลองตามที่นักเรียนได้ระบุและออกแบบไว้ เพื่อเลือกวิธีดำเนินการทดลองที่ปลอดภัย เหมาะสม และสามารถเก็บข้อมูลได้จริงเพียงวิธีเดียวเท่านั้น และให้นักเรียนดำเนินการทดลองด้วยวิธีดังกล่าวนี้เพื่อเก็บข้อมูลนำข้อมูลที่ได้นี้มีวิเคราะห์เพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเดียวกันเมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้น (อะซิโตน) แตกต่างกัน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในกรณีนี้คือความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพียงชนิดเดียว ทั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตามที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้

3. ชั้นสังเกต (O_3) ผู้วิจัยและครูผู้สอนรายวิชา ว30222 จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี ได้สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย พบว่านักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ทุกประการ

เมื่อพิจารณารายละเอียดจากผลการสังเกต ผู้วิจัยพบว่าประเด็นพิจารณาเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับถัดไป ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ในการระบุปัญหาและสมมติฐานในการศึกษาปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ พบว่านักเรียนสามารถกำหนดปัญหาและสมมติฐานได้อย่างถูกต้อง กล่าวคือ ปัญหาที่นักเรียนระบุปัญหาไว้ว่าความเข้มข้นของอะซิโตนแตกต่างกันมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการทดสอบอะซิโตนหรือไม่ นำไปสู่การตั้งสมมติฐาน คือ ความเข้มข้นของอะซิโตนแตกต่างกันส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาการทดสอบอะซิโตนแตกต่างกัน ดังภาพที่ 26 ซึ่งเป็นปัญหาหลักและสมมติฐานที่เหมาะสมต่อการศึกษาปฏิกิริยาการทดสอบอะซิโตน เมื่อพิจารณาวิธีดำเนินการทดลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบไว้ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจการใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์เบื้องต้น และวิธีดำเนินการทดลองของทุกกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ นักเรียนระบุขั้นตอนในการทดลองเหมือนกัน ใช้เครื่องมือในลักษณะเดียวกัน และออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองเหมือนกัน ดังภาพที่ 27 ผู้วิจัยจึงแนะนำให้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดลองตามวิธีดำเนินการทดลองที่นักเรียนได้ออกแบบไว้

ประเด็นที่ 2 หลังจากนักเรียนดำเนินการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว นักเรียนมิได้เสนอประเด็นอื่นใดที่นักเรียนต้องการศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงสอบถามนักเรียนว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น นักเรียนต่างลงความเห็นว่าปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้นี้ค่อนข้างไกลตัวนักเรียนและไม่น่าสนใจ ประกอบกับเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์นี้ต้องอาศัยความเข้าใจในการใช้เครื่องมืออุปสรรคเหล่านี้ทำให้นักเรียนขาดความสนใจในการศึกษาปรากฏการณ์ดังกล่าว

นักเรียนคิดว่า จากปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาคืออะไร ?
อากาศในชั้นบรรยากาศของโลกมีผลต่ออุณหภูมิที่บริเวณที่ใดบ้าง

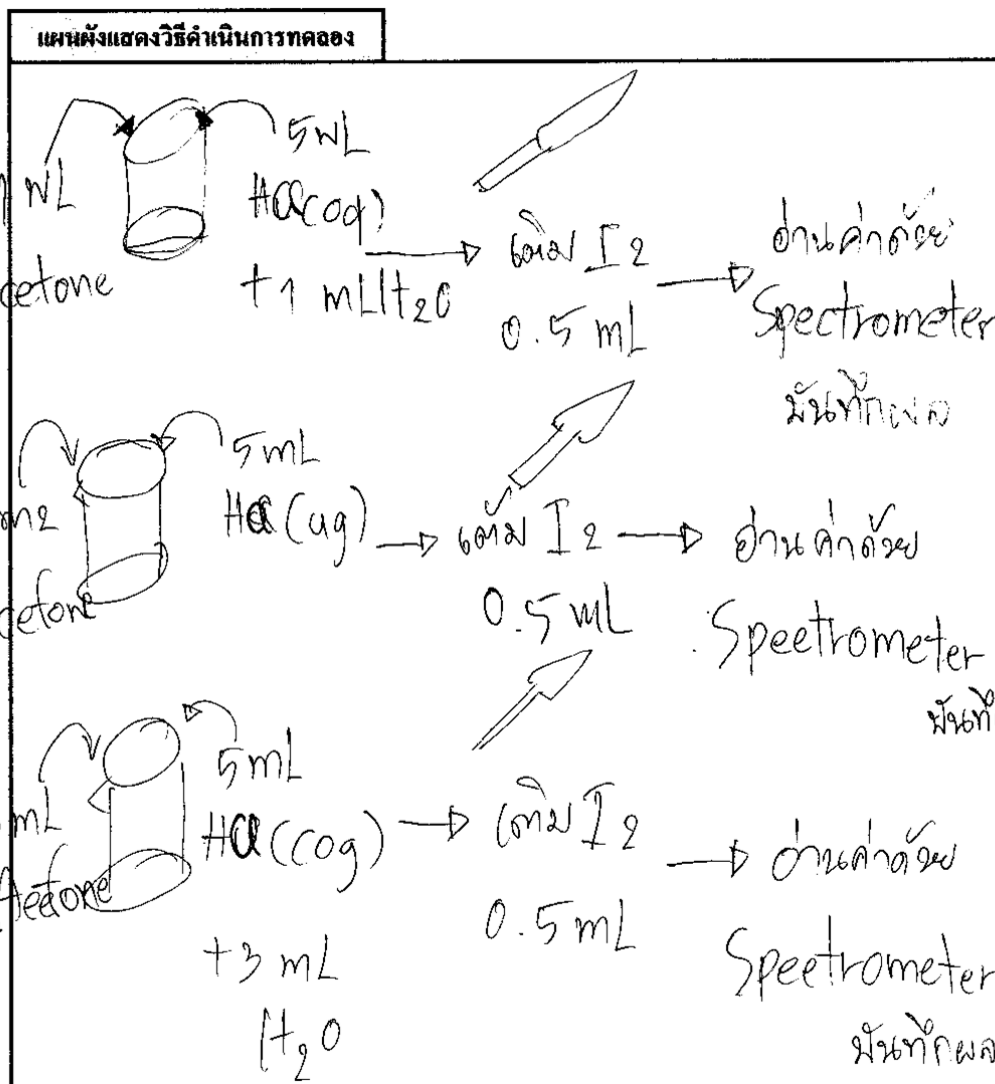


จากปัญหาที่นักเรียนกำหนดไว้ นักเรียนมีสมมติฐานในการทดลอง เพื่อศึกษาปัญหาดังกล่าวอย่างไร ?
อากาศในชั้นบรรยากาศของโลกมีผลต่ออุณหภูมิที่บริเวณที่ใดบ้าง

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คืออะไร ?
เพื่อศึกษาว่าอากาศในชั้นบรรยากาศของโลกมีผลต่ออุณหภูมิที่บริเวณที่ใดบ้าง

ภาพที่ 26 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 3

ประเด็นที่ 3 เมื่อพิจารณาการตอบแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบทำขวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ฉบับที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) ซึ่งมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน ได้ผลจำแนกรายบุคคลดังตารางที่ 20 เมื่อพิจารณารายชื่อแล้วพบว่านักเรียนตอบข้อคำถามที่ 4 ผิดมากที่สุด จำนวน 13 คน ผู้วิจัยสอบถามนักเรียนว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบข้อคำถามที่ 4 ไม่ถูกต้อง นักเรียนอธิบายว่าข้อคำถามที่ 4 ในแบบทดสอบหลังเรียนนั้นมีความซับซ้อนและยากต่อการคำนวณ ผู้วิจัยจึงได้อธิบายการคำนวณในข้อคำถามดังกล่าวเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการคำนวณ โจทย์ปัญหาทางเคมีที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 27 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 3

ตารางที่ 20 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบทำขวงจร) ฉบับที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำแนกรายบุคคล

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	คะแนนที่ได้
S-01	4
S-02	3
S-03	3
S-04	3
S-05	3

ตารางที่ 20 (ต่อ)

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	คะแนนที่ได้
S-06	3
S-07	4
S-08	4
S-09	3
S-10	2
S-11	2
S-12	3
S-13	4
S-14	4
S-15	4
S-16	2
S-17	4
S-18	3
S-19	2
S-20	2
S-21	3
S-22	3
S-23	3
S-24	3
μ	3.08
σ	0.70

ประเด็นที่ผู้วิจัยค้นพบจะนำไปใช้ในชั้นสะท้อนผลของวงจรนี้ (R_3) เพื่อปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ต่อไป

4. ชั้นสะท้อนผล (R₃) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ผลที่ได้ในชั้นสังเกต (O₃) พบว่า ผู้วิจัยต้องพัฒนาปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาให้ใกล้ตัวนักเรียนมากยิ่งขึ้น ลดการใช้อุปกรณ์ ที่มีขั้นตอนการใช้งานซับซ้อน และใช้สารเคมีที่นักเรียนสามารถหาได้ง่าย เพื่อพัฒนาให้กิจกรรม การเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ในวงจร ที่ 4 สัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

วงจรที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

1. ชั้นวางแผน (P₄) ผู้วิจัยปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) อาศัยข้อมูลจากชั้นสะท้อนผลในวงจรที่ 3 (R₃) โดยผู้วิจัย เลือกปฏิกิริยาการทดสอบวิตามินซีด้วยสารละลายไอโอดีนเป็นปรากฏการณ์ในการศึกษา ซึ่งเป็น ปรากฏการณ์ใกล้ตัวนักเรียนและสามารถใช้สารเคมีที่อยู่รอบตัวนักเรียนในการศึกษาได้ เพื่อให้ นักเรียนเกิดความสนใจต่อปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษามากยิ่งขึ้น

2. ชั้นปฏิบัติตามแผน (A₄) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่พัฒนาจากผลการสะท้อนในวงจรที่ 3 (R₃) โดยใช้ปฏิกิริยาการทดสอบ วิตามินซีด้วยทิงเจอร์ไอโอดีนเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียน ดำเนินการศึกษาปรากฏการณ์เพื่อระบุปัญหาและสมมติฐาน พร้อมทั้งออกแบบวิธีดำเนินการ ทดลองก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนนำเสนอปัญหา สมมติฐาน และวิธีดำเนินการ ทดลองที่นักเรียนได้ระบุและออกแบบหน้าชั้นเรียน นักเรียนและผู้วิจัยพิจารณาวิธีดำเนินการ ทดลองทั้งหมดเพื่อเลือกวิธีดำเนินการทดลองที่มีความปลอดภัยและเหมาะสมที่สุด เพื่อเก็บ ผลการทดลองและนำผลที่ได้นี้ไปคำนวณเพื่อหากฎอัตรา ค่าคงที่อัตรา และอัตราการเกิดปฏิกิริยา ที่สภาวะความเข้มข้นของวิตามินซีและไอโอดีนที่แตกต่างกัน นำไปสู่ข้อสรุปว่าความเข้มข้น ของสารตั้งต้นทั้งสองชนิดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ได้ครบทุกขั้นตอนที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ภายในเวลา 3 คาบเรียน

3. ชั้นสังเกต (O₄) ผู้วิจัยและครูผู้สอนรายวิชา ว30222 จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี ได้สังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้จัดขึ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) สามารถทำให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ครบทุกประการ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้พบข้อสังเกตที่สามารถพัฒนาเพื่อทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรถัดไปมีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ ดังประเด็นต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 ผู้วิจัยพบว่ากระบวนการระบุปัญหาและสมมติฐานในการศึกษาปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ของนักเรียน รวมถึงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่ใช้ในการศึกษาปัญหาและสมมติฐานที่นักเรียนได้ระบุไว้ เป็นปัญหาและสมมติฐานที่ถูกต้อง และสามารถดำเนินการทดลองได้อย่างปลอดภัย มีความเหมาะสม และสามารถเก็บข้อมูลการทดลองได้จริง ดังภาพที่ 28 และภาพที่ 29 ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนดำเนินการทดลองตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ พบว่านักเรียนสามารถเก็บผลการทดลองได้ และนักเรียนสามารถนำผลการทดลองนี้ไปคำนวณเพื่อหาผลต่างค่าคงที่อัตรา และสรุปได้ว่าความเข้มข้นของสารตั้งต้นทั้งสองชนิด นั่นคือ วิตามินซีและไอโอดีน มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นอกเหนือจากนี้ นักเรียนได้เสนอประเด็นเพิ่มเติมว่าอาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้นว่า ชนิดของตัวทำละลาย เพราะในการทดลองที่ผ่านมาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีตัวทำละลายเป็นน้ำทั้งสิ้น ดังภาพที่ 30

ประเด็นที่ 2 ผู้วิจัยได้ตรวจสอบการตอบแบบฝึกหัดของนักเรียน พบว่านักเรียนสามารถคำนวณข้อความคำถามส่วนใหญ่ที่ไม่ซับซ้อนมากนักเพื่อหาคำตอบได้ แต่สำหรับข้อความที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ดังข้อความที่ 1 และข้อความที่ 3 นักเรียนส่วนมากยังไม่สามารถคำนวณเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้ ผู้วิจัยจึงได้อธิบายการคำนวณ โจทย์ที่มีความซับซ้อนในการคำนวณเหล่านี้กับนักเรียนเพิ่มเติมในขั้นสรุปผลการเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการคำนวณเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนแสดงการคำนวณหาคำตอบของข้อความดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง ดังภาพที่ 31 และภาพที่ 31

ประเด็นที่ 3 คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ฉบับที่ 4 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ซึ่งมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน ของนักเรียนจำแนกรายบุคคล เป็นไปดังตารางที่ 21 เมื่อพิจารณาคะแนนรายข้อความ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนตอบข้อความที่ 4 ผิดมากที่สุด จำนวน 8 คน เมื่อสอบถามนักเรียนแล้วพบว่านักเรียนทุกคนคำนวณผิดพลาดด้วยสาเหตุเดียวกัน นั่นคือ นักเรียนไม่สามารถหรือไม่ได้แปลงค่าลอการิทึมฐานสิบ (\log) เป็นค่าลอการิทึมฐาน e (\ln) ให้เรียบร้อยเสียก่อน จึงทำให้นักเรียนเลือกตอบตัวเลือกเลือก ข. ซึ่งเป็นตัวลวงที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

ประเด็นที่ 4 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 สิ้นสุดลง นักเรียนได้เสนอแนะว่าในแต่ละการทดลองที่ผ่านมา นั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มได้ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาหาคำตอบของปัญหาการทดลองที่เหมือนกัน ทำให้ผลสรุปที่ได้จากการทดลองในแต่ละกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกันและอยู่ในประเด็นปัญหาเดียวกัน ส่งผลให้การดำเนินกิจกรรมในชั้นเรียนมีความซ้ำซ้อนและขาดความน่าสนใจ สาเหตุเป็นเพราะนักเรียนไม่ได้ศึกษาปัญหาที่แตกต่างกันจากสถานการณ์เดียวกันมากนัก

ตารางที่ 21 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)
ฉบับที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) จำแนกรายบุคคล

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	คะแนนที่ได้
S-01	4
S-02	4
S-03	3
S-04	3
S-05	2
S-06	3
S-07	4
S-08	3
S-09	3
S-10	3
S-11	3
S-12	4
S-13	3
S-14	4
S-15	3
S-16	3
S-17	4
S-18	3
S-19	3
S-20	3
S-21	4
S-22	3
S-23	4
S-24	4
μ	3.33
σ	0.55



นักเรียนคิดว่า จากปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาคืออะไร ?
 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไดออกไซด์ และ ไฮดรอกไซด์ใน
 อุตสาหกรรมปุ๋ยไนโตรเจนหรือไม่

จากปัญหาที่นักเรียนกำหนดไว้ นักเรียนมีสมมติฐานในการทดลอง เพื่อศึกษาปัญหาดังกล่าวอย่างไร ?

- ① ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไดออกไซด์ต่อไฮดรอกไซด์ในปุ๋ย
- ② ความเข้มข้นของทั้งไฮโดรเจนไดออกไซด์และไฮดรอกไซด์ในปุ๋ยหรือไม่

ภาพที่ 28 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการระบุปัญหาและสมมติฐานของปัญหาจากปรากฏการณ์ที่
 ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 4



แผนผังแสดงวิธีดำเนินการทดลอง

(A) vitc* + I₂**
 (B) bbป๋อ + H₂O₂

พืชผัก

จับบอลา

*,**	vitc	H ₂ O	I ₂
1	1 mL	2.8 mL	0.2 mL
2	2 mL	1.8 mL	0.2 mL
3	3 mL	0.8 mL	0.2 mL
4	1 mL	2.6 mL	0.4 mL
5	1 mL	2.4 mL	0.6 mL

ภาพที่ 29 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาจาก
ปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 4

จากปฏิบัติการทดลองในครั้งนี้ นักเรียนคิดว่ามีประเด็นอื่น ๆ ที่นักเรียนอยากศึกษาจากปรากฏการณ์
ดังกล่าวหรือไม่ หากมี จงระบุประเด็นนั้น ๆ พร้อมวิธีที่นักเรียนคิดว่าน่าจะเหมาะสมต่อการศึกษา
ปัญหานั้น ๆ

๑) การทดลองครั้งที่ผ่านๆ มา ใช้หน้าปัด

ตัวทำละลาย ทกขมีคระของตัวทำละลายขบขบ

สารสีอื่น อาจทำให้อัตราการวัด

ขบวนการขบขบขบขบขบขบ

ภาพที่ 30 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงประเด็นศึกษาเพิ่มเติมจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาใน
วงจรที่ 4



1. ปฏิกิริยาการสลายตัวของสาร H เป็นปฏิกิริยาอันดับสอง เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที ทำให้สาร H มีปริมาณเหลืออยู่เพียงครึ่งหนึ่ง

1) จะใช้เวลานานเท่าใดเพื่อให้สาร H สลายตัวไปแล้ว 90%

2) เมื่อสาร H สลายตัวไปแล้ว 90% อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นเท่าใด

$$1) \quad t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_1}$$

$$2) \quad \frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_1}$$

$$k = \frac{1}{t_{1/2} [A]_1}$$

$$\frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_1} = kt$$

$$\frac{1}{[A]_t} > kt + \frac{1}{[A]_1}$$

$$> \frac{t}{t_{1/2} [A]_1} + \frac{1}{[A]_1}$$

$$\frac{10}{[A]_2} - \frac{1}{[A]_1} = k$$

$$= \frac{t}{t_{1/2} [A]_1} + \frac{1}{[A]_1}$$

45 min

$$t = \frac{t_{1/2} [A]_1}{[A]_1} - t$$

$$k = \frac{0.2 \text{ min}^{-1}}{[A]_1}$$

$$= \frac{(5 \text{ min}) [A]_1}{10 [A]_1} - 5 \text{ min}$$

$$= 250 \text{ min} - 5 \text{ min}$$

$$= 45 \text{ min}$$

ภาพที่ 31 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการหากฎอัตราโดยอาศัยวิธีการประมาณจากสถานะคงตัว
ในแบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ข้อคำถามที่ 1.

3. แก๊สไฮโดรเจนไอโอไดด์ (HI) สลายตัวอย่างช้า ๆ เกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สไอโอดีน (I_2) ที่อุณหภูมิ 327 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาอันดับสอง มีค่าคงที่อัตรา $9.7 \times 10^{-6} M^{-1} \cdot s^{-1}$ หากความเข้มข้นเริ่มต้นของแก๊สไฮโดรเจนไอโอไดด์เป็น 0.100 M

1) จงคำนวณหาความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนไอโอไดด์หลังจากผ่านไปแล้ว 6 วัน

2) จะต้องใช้เวลากี่วันเพื่อให้ความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนไอโอไดด์เหลืออยู่ 0.085 M

$$1) 6 \text{ days} = 6 \text{ days} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ day}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 5.1840 \times 10^5 \text{ s}$$

$$\frac{1}{[HI]} = kt + \frac{1}{[HI]_0}$$

$$= (9.7 \times 10^{-6} M^{-1} s^{-1})(5.1840 \times 10^5 \text{ s}) + \frac{1}{0.1 M}$$

$$= 1.5028 \times 10^{-1} M^{-1}$$

$$\frac{1}{[HI]} = 6.6540 \times 10^{-2} M^{-1}$$

$$2) \frac{1}{[HI]} = kt + \frac{1}{[HI]_0}$$

$$t = \frac{\frac{1}{[HI]} - \frac{1}{[HI]_0}}{k}$$

$$= \frac{\frac{1}{0.085 M} - \frac{1}{0.100 M}}{9.7 \times 10^{-6} M^{-1} s^{-1}} = 1.8199 \times 10^5 \text{ s} = 2.11 \text{ วัน}$$

ภาพที่ 32 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการหาผลอัตราโดยอาศัยวิธีการประมาณจากสภาวะคงตัว
ในแบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) ข้อคำถามที่ 3.

ประเด็นที่ผู้วิจัยค้นพบจะนำไปใช้ในขั้นตอนผลของวงจรนี้ (R_4) เพื่อปรับปรุง
แก้ไข และพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผล
ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) ต่อไป

4. ชั้นสะท้อนผล (R_4) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ผลที่ได้จากชั้นสังเกต (O_4) เพื่อนำไปปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) ดังนี้

1) ผู้วิจัยจะแสดงการคำนวณการหาคำตอบในข้อคำถามที่มีความซับซ้อนในแบบฝึกหัดให้นักเรียนศึกษาเป็นตัวอย่างมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการคำนวณหรือเทคนิคที่ใช้ในการคำนวณได้ดียิ่งขึ้น และนำไปปรับใช้กับการคำนวณเพื่อหาคำตอบในข้อคำถามอื่น ๆ ได้มากขึ้น

2) ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ นั่นคือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 5 เป็นกลุ่มใหญ่ที่ 1 และกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 6 เป็นกลุ่มใหญ่ที่ 2 โดยทั้งสองกลุ่มใหญ่จะต้องศึกษาปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) ที่แตกต่างกัน นำไปสู่การนำเสนอผลการทดลองที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยหวังว่าการแบ่งกลุ่มให้นักเรียนดำเนินการทดลองที่แตกต่างกันนี้จะทำให้นักเรียนได้ศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้มากกว่าหนึ่งชนิด และทำให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันระหว่างกลุ่มได้มากขึ้น

วงจรถี 5 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

1. ชั้นวางแผน (P_3) ผู้วิจัยปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) โดยนำข้อมูลจากชั้นสะท้อนผลในวงจรถี 4 (R_4) มาใช้ในการปรับปรุงนี้เป็นอย่างสำคัญ โดยผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มใหญ่ที่ 1 ได้แก่ นักเรียนในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 5 ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาหนึ่ง (พื้นที่หน้าตัดของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) และกลุ่มใหญ่ที่ 2 ได้แก่ นักเรียนในกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 6 ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาอีกปัญหาหนึ่ง (สารอื่น ๆ ที่เข้าร่วมปฏิกิริยา (ตัวเร่งปฏิกิริยา/เอนไซม์) มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) ผู้วิจัยได้เลือกการย่อยขนมปังเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนได้เกิดความเข้าใจว่า นอกเหนือจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น เช่น พื้นที่หน้าตัดของสารตั้งต้นในสถานะของแข็ง หรือตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผลในการเพิ่มหรือลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เช่นเดียวกัน

2. ชั้นปฏิบัติตามแผน (A₂) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้

ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) ที่พัฒนาจากผลการสะท้อนในวงจรที่ 4 (R₄) โดยใช้การย่อยขนมปังเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 5 (กลุ่มใหญ่ที่ 1) ออกแบบวิธีดำเนินการทดลองภายใต้ปัญหาและสมมติฐานเดียวกันและแตกต่างจากนักเรียนในกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 6 (กลุ่มใหญ่ที่ 2) ก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้มาก่อนล่วงหน้า เมื่อเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มย่อยในกลุ่มใหญ่ที่ 1 นำเสนอวิธีดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาสมมติฐานตามปัญหาที่ 1 ได้แก่ พื้นที่หน้าตัดของขนมปังมีผลต่ออัตราการย่อยขนมปังหรือไม่ เพื่อระบุวิธีดำเนินการทดลองที่ปลอดภัย เหมาะสม และสามารถเก็บผลได้เพียงวิธีเดียวเท่านั้น เช่นเดียวกับสมมติฐานตามปัญหาที่ 2 ได้แก่ เอนไซม์อะไมเลสมีผลต่ออัตราการย่อยขนมปังหรือไม่ ของนักเรียนในกลุ่มใหญ่ที่ 2 เมื่อนักเรียนดำเนินการตามวิธีดำเนินการทดลองที่ได้กำหนดไว้ พบว่านักเรียนสามารถเก็บผลการทดลองและนำผลการทดลองนี้มาสรุปผลได้อย่างถูกต้อง ความว่า พื้นที่หน้าตัดของขนมปังที่มากขึ้นส่งผลให้อัตราการย่อยขนมปังเพิ่มสูงขึ้น นั่นหมายถึง พื้นที่หน้าตัดของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเมื่อเติมเอนไซม์อะไมเลสลงไปในระบบการย่อยขนมปัง ส่งผลให้อัตราการย่อยขนมปังเพิ่มสูงขึ้น นั่นหมายถึงตัวเร่งปฏิกิริยามีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังกล่าวมานี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ครบทุกขั้นตอนที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ภายในเวลา 3 คาบเรียน

3. ชั้นสังเกต (O₃) ผู้วิจัยและครูผู้สอนรายวิชา ว30222 จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี

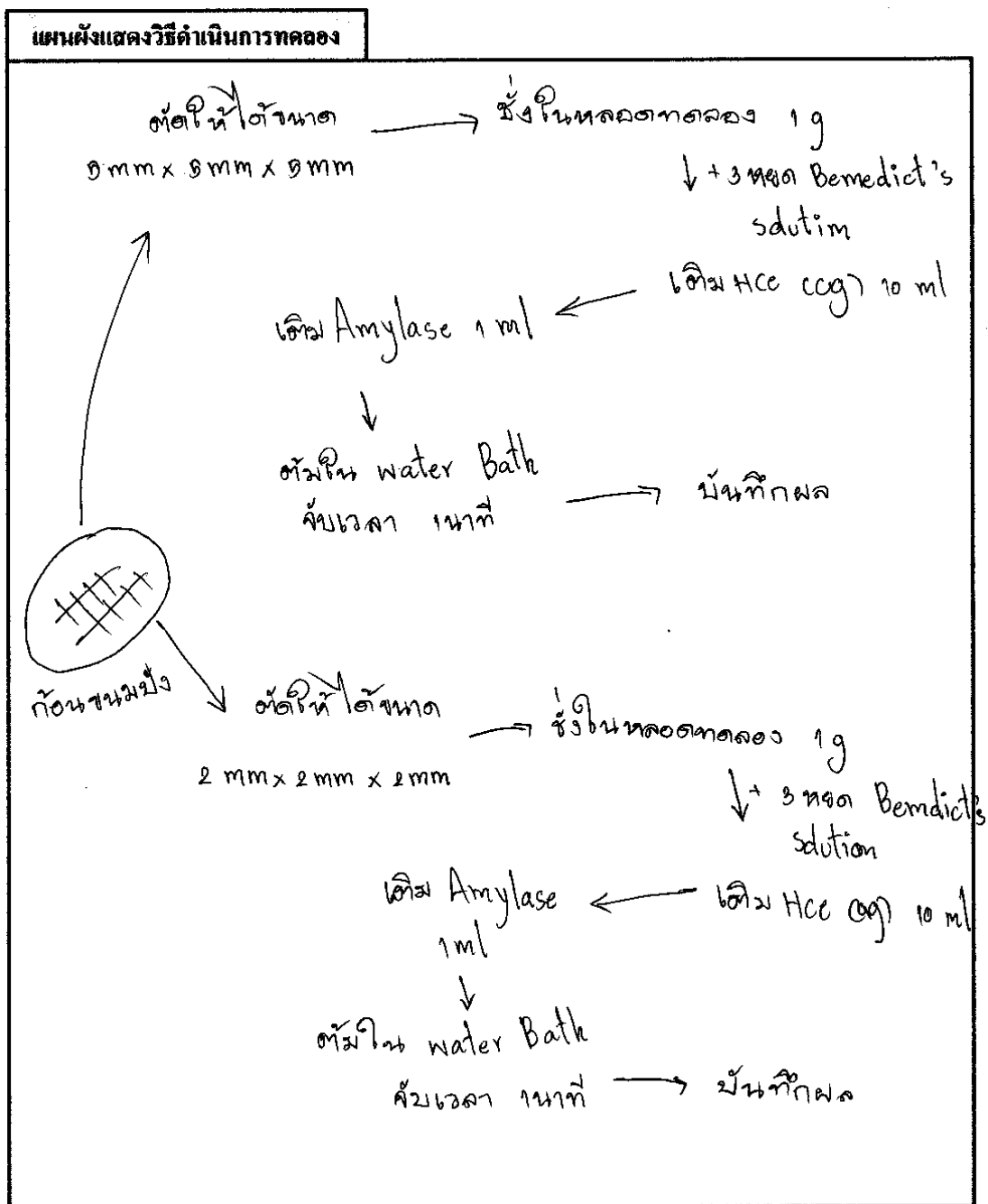
โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี ได้สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้จัดขึ้นตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) ทำให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ทุกประการ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังค้นพบข้อสังเกตที่อาจนำไปสู่การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในครั้งถัดไป ดังต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 สืบเนื่องจากการปรับปรุงรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่มใหญ่เพื่อศึกษาปัญหาที่แตกต่างกันภายใต้ปรากฏการณ์ที่กำหนดให้เดียวกันนี้ ผู้วิจัยค้นพบว่าการจัดกิจกรรมในลักษณะเช่นนี้ส่งผลให้นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจในการดำเนินกิจกรรมการทดลองมากขึ้น กล่าวคือ เมื่อนักเรียนในแต่ละกลุ่มใหญ่ได้ระบุปัญหาและสมมติฐานการทดลองเรียบร้อยแล้ว แต่ละกลุ่มย่อยในกลุ่มใหญ่นั้น ๆ จะออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาและสมมติฐานในรูปแบบที่แตกต่างกัน เป็นต้นว่านักเรียนในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 5 ที่เป็นกลุ่มย่อยในกลุ่มใหญ่ที่ 1 ออกแบบการทดลองภายในกลุ่ม

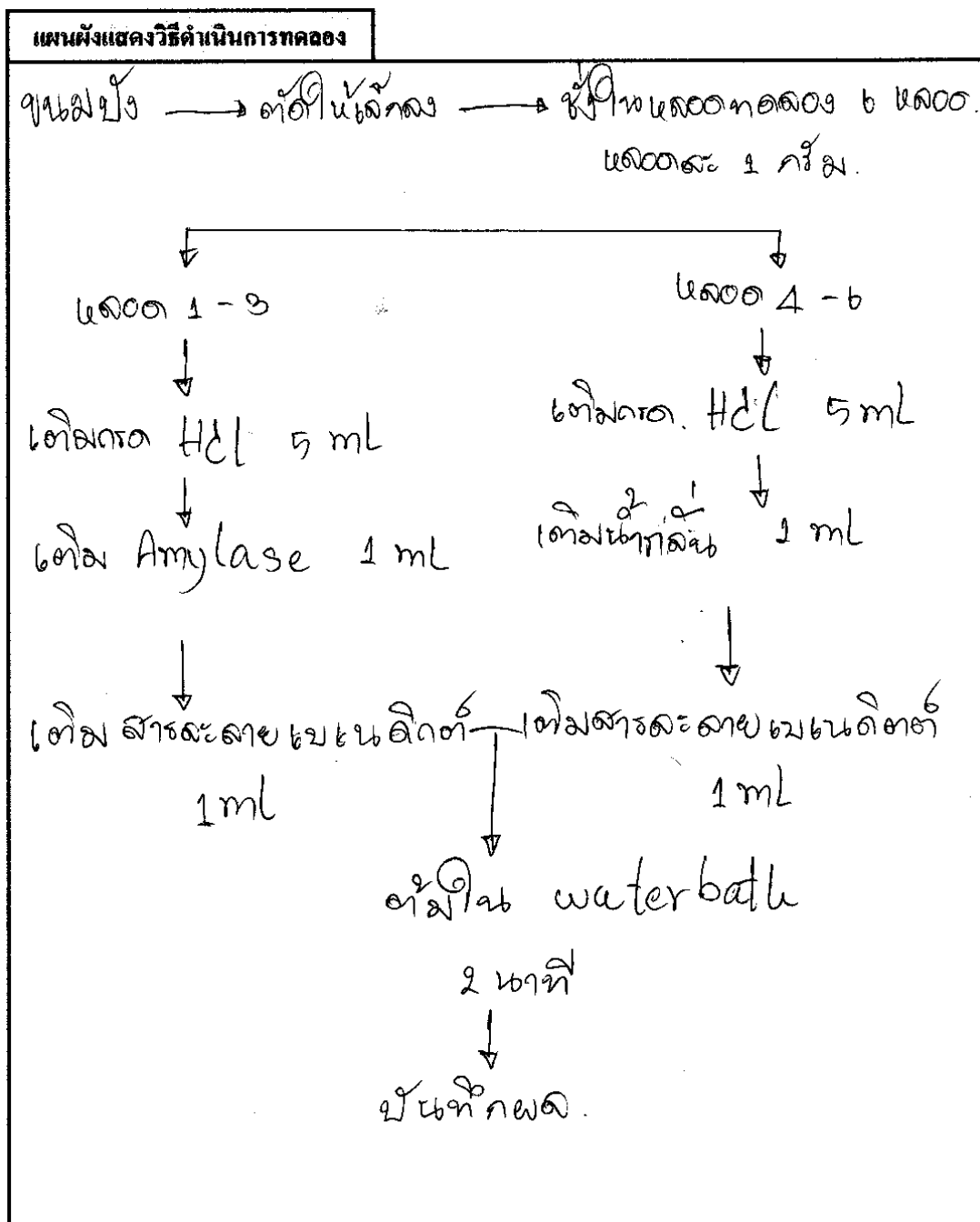
ของตนเองในเบื้องต้น แล้วจึงนำมานำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนในกลุ่มย่อยที่เหลือ ได้อภิปรายถกเถียงร่วมกันเพื่อหาวิธีดำเนินการทดลองที่นักเรียนทุกคนภายในกลุ่มคิดว่าปลอดภัยที่สุด เหมาะสมที่สุด และสามารถเก็บผลได้จริง จึงนำมาเสนอต่อผู้วิจัยเพื่อมาพิจารณาร่วมกัน อีกครั้งหนึ่งว่าเป็นวิธีดำเนินการทดลองที่เหมาะสมที่สุดแล้วหรือไม่ เมื่อผู้วิจัยและนักเรียนภายในกลุ่มใหญ่นั้นเห็นว่าวิธีดำเนินการทดลองนั้น ๆ เหมาะสมที่สุดแล้ว จึงดำเนินการทดลองตามวิธีที่ได้เสนอมาย่างคั่น และนักเรียนในแต่ละกลุ่มใหญ่จะนำเสนอร่วมกันทั้งหมด เพื่อให้ข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นสมาชิกของกลุ่มใหญ่อีกกลุ่มหนึ่ง ผู้วิจัยเห็นว่านักเรียนแต่ละคนมีพฤติกรรมดังกล่าวนี้และมีส่วนร่วมต่อกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้นเมื่อเทียบกับพฤติกรรมของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 - วงจรที่ 4 ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของแต่ละกลุ่มแยกออกจากกัน แล้วจึงนำมาเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อให้ผู้วิจัยและนักเรียนทุกกลุ่มพิจารณาวิธีดำเนินการทดลองร่วมกัน และแต่ละกลุ่มต่างนำเสนอผลการทดลองของตนเอง

ประเด็นที่ 2 เมื่อพิจารณาการวางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของแต่ละกลุ่ม ผู้วิจัยพบว่าในกรณีการออกแบบการทดลองในกลุ่มใหญ่ที่ 1 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนออกแบบการทดลองได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสมต่อการเก็บผลการทดลอง ดังภาพที่ 33 จึงให้นักเรียนดำเนินการตามวิธีดำเนินการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ เช่นเดียวกับการออกแบบการทดลองในกลุ่มใหญ่ที่ 2 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนออกแบบการทดลองได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสมต่อการเก็บผลการทดลองเช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 34 เมื่อนักเรียนในแต่ละกลุ่มนำผลการทดลองของตนเองมาลงข้อสรุปร่วมกันภายในกลุ่มใหญ่เพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน พบว่านักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และนักเรียนสามารถอภิปรายผลการทดลองได้โดยอาศัยทฤษฎีการชนและทฤษฎีสารเชิงซ้อนกัมมันต์ซึ่งเป็นทฤษฎีที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้วตามกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรที่ 2

ประเด็นที่ 3 จากการตอบแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ฉบับที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) ซึ่งมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน ได้ผลคะแนนจำแนกรายบุคคลดังตารางที่ 22 เมื่อพิจารณารายชื่อแล้วพบว่านักเรียนตอบคำถามผิดในแต่ละข้อคำถามเท่า ๆ กัน กล่าวคือข้อคำถามที่ 1 ข้อคำถามที่ 2 ข้อคำถามที่ 3 และข้อคำถามที่ 4 มีนักเรียนตอบผิด 2 คน 1 คน 3 คน และ 1 คน ตามลำดับ



ภาพที่ 33 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาที่ 1 จากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 5



ภาพที่ 34 ตัวอย่างผลงานนักเรียนแสดงการออกแบบวิธีดำเนินการทดลองของปัญหาที่ 2 จากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในวงจรที่ 5

ตารางที่ 22 คะแนนที่ได้จากการตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร)

ฉบับที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) จำแนกรายบุคคล

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	คะแนนที่ได้
S-01	4
S-02	3
S-03	4
S-04	4
S-05	4
S-06	3
S-07	4
S-08	3
S-09	4
S-10	4
S-11	4
S-12	4
S-13	4
S-14	4
S-15	3
S-16	4
S-17	4
S-18	3
S-19	4
S-20	3
S-21	4
S-22	4
S-23	4
S-24	3
μ	3.71
σ	0.45

ประเด็นเหล่านี้ที่ผู้วิจัยค้นพบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในครั้งถัดไป

4. ชั้นสะท้อนผล (R_5) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ผลที่ได้จากขั้นสังเกต (O_5) เพื่อนำไปปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในครั้งถัดไป โดยผู้วิจัยลงความเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ครั้งถัดไป ควรกำหนดให้นักเรียนศึกษาปัญหาที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มภายใต้ปรากฏการณ์เดียวกัน เช่นเดียวกับการจัดกลุ่มในกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรนี้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่มย่อย ภายในกลุ่มใหญ่ และระหว่างกลุ่มใหญ่ นำไปสู่การเรียนรู้และกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหาที่หลากหลาย ภายใต้ปรากฏการณ์เดียวกัน เพื่อให้นักเรียนค้นพบแง่มุมปัญหา วิธีการศึกษา และคำตอบที่หลากหลายจากสถานการณ์หนึ่ง ๆ หรือปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ และส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของนักเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ตลอดทั้ง 5 วงจรนั้น ผู้วิจัยค้นพบพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. พัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยพบว่าหลังจากนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในแต่ละวงจรแล้ว นักเรียนมีพัฒนาการ ดังนี้

วงจรที่ 1 ผู้วิจัยพบว่าหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีคือความเร็วของสารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ในรูปปริมาณที่ลดลงของสารตั้งต้นในหนึ่งหน่วยเวลาหรือปริมาณที่เพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ในหนึ่งหน่วยเวลา นำไปสู่ความสามารถในการคำนวณเพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงเวลาใด ช่วงเวลาหนึ่ง และอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

วงจรที่ 2 ผู้วิจัยค้นพบว่าหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าปฏิกิริยาเคมีใด ๆ เกิดช้าหรือเร็วขึ้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุภาคสารตั้งต้นตามทฤษฎีการชน ซึ่งกล่าวไว้ว่าปฏิกิริยาใด ๆ เกิดขึ้นจากการชนกันอย่างมีประสิทธิภาพของอนุภาคสารตั้งต้น นั่นคืออนุภาคสารตั้งต้นจะต้องชนกันด้วยพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ และอนุภาค

สารตั้งต้นจะต้องชนกันในทิศทางที่เหมาะสม นอกจากอนุภาคสารตั้งต้นจะต้องชนกัน
อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว บางปฏิกิริยาเคมีมิได้เกิดขึ้นเพียงขั้นตอนเดียว อาจประกอบขึ้น
จากขั้นตอน มูลฐาน ซึ่งเกิดต่อเนื่องกันเป็นกลไกการเกิดปฏิกิริยา ก่อให้เกิดสารมัธยันตร์
ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนมูลฐานที่มีใช้ผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยารวม

วงจรถี 3 ผู้วิจัยค้นพบว่าหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการ
จัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าอัตรา
การเกิดปฏิกิริยามากหรือน้อยนั้นล้วนมีปัจจัยเป็นเหตุ หนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการ
เกิดปฏิกิริยาคือความเข้มข้นของสารตั้งต้นอันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณความเข้มข้นของสาร
ตั้งต้นและความเข้มข้นแต่ละค่ามีเลขยกกำลังซึ่งแล้วแต่ปฏิกิริยาใด ๆ โดยเฉพาะ เรียกว่า กฎอัตรา
ซึ่งสามารถเขียนในรูปกฎอัตราเชิงอนุพันธ์และกฎอัตราเชิงปริพันธ์ได้ นำไปสู่การคำนวณ
เพื่อวิเคราะห์หาค่าครึ่งชีวิตของปฏิกิริยา และสามารถคำนวณเพื่อหาค่าต่าง ๆ สำหรับปฏิกิริยา
อันดับศูนย์และปฏิกิริยาอันดับหนึ่งได้

วงจรถี 4 ผู้วิจัยค้นพบว่าหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการ
จัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2) นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า
ความเข้มข้นของสารตั้งต้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งอาจมีเพียง
สารตั้งต้นเพียงหนึ่งชนิดในปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งมีผลกำลังหนึ่ง
หรือกำลังสองก็ได้ และความเข้มข้นของสารตั้งต้นมากกว่าหนึ่งชนิดอาจมีผลต่ออัตรา
การเกิดปฏิกิริยาเคมี นำไปสู่การคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ สำหรับปฏิกิริยาอันดับสองได้

วงจรถี 5 ผู้วิจัยค้นพบว่าหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการ
จัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า
นอกเหนือจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ
ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น หากสารตั้งต้นในสถานะของแข็งมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มมากขึ้น
ทำให้ทิศทางการชนกันอย่างเหมาะสมของสารตั้งต้นเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
เพิ่มมากขึ้น หรือหากระบบปฏิกิริยามีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ทำให้พลังงานจลน์ของอนุภาคสารตั้งต้น
เพิ่มสูงขึ้น อนุภาคสารตั้งต้นจึงเกิดการชนกันด้วยพลังงานที่มากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา
เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน นอกเหนือจากนี้ การเติมสารอื่น ๆ ที่เข้าร่วมทำปฏิกิริยาด้วย เป็นต้นว่า
ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี จะทำให้กลไกการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไปซึ่งทำให้พลังงานก่อกัมมันต์
ของปฏิกิริยาลดลง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มมากขึ้น ในทางกลับกันหากสารที่เติมไปนั้น
เป็นตัวหน่วงปฏิกิริยา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลไกการเกิดปฏิกิริยาซึ่งทำให้พลังงานก่อกัมมันต์
เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดน้อยลง

2. พัฒนาการทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยพบว่าหลังจากนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานในแต่ละวงจรแล้ว นักเรียนมีพัฒนาการค่อนข้างคงที่ แต่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุปัญหาของปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง นำไปสู่การตั้งสมมติฐานจากปัญหาดังกล่าวเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลอง เมื่อได้ผลการทดลองแล้ว นักเรียนนำผลที่ได้มาใช้ในการสรุปผลได้อย่างถูกต้อง และนำข้อมูลที่ได้จากการสรุปผลนี้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ สถานการณ์ หรือปฏิกิริยาอื่น ๆ ได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยพบว่านักเรียนแสดงออกถึงพฤติกรรมเหล่านี้ออกมาตั้งแต่การเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 และเป็นเช่นนี้จนกระทั่งถึงวงจรที่ 5 จากการสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงแสดงออกถึงพฤติกรรมนี้อย่างต่อเนื่อง นักเรียนลงความเห็นร่วมกันว่าเนื่องจากการทดลองที่ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักเรียนได้ระบุปัญหา สมมติฐาน วางแผนและออกแบบวิธีการทดลอง รวมถึงการนำเสนอสรุปผลการทดลองของนักเรียนนั้น ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ใช้เวลาในห้องเรียนในการดำเนินกิจกรรมเหล่านี้ ทำให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าปัญหาของปรากฏการณ์ได้จากข้อมูลในจากห้องสมุด อินเทอร์เน็ต และผู้รู้ นำไปสู่การตั้งสมมติฐานการทดลองที่ถูกต้องได้ สมมติฐานนี้ที่ถูกต้องนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีการทดลองที่แตกต่างจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และเลือกนำเสนอวิธีการทดลองที่เหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาจากประสบการณ์การทดลองของนักเรียน เมื่อนักเรียนได้ผลการทดลองแล้วทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้เวลาในห้องเรียนมาสรุปผลร่วมกันและค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาสนับสนุนการสรุปผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลองภายในกลุ่มของตนเอง การมอบหมายให้นักเรียนระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน วางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลอง โดยใช้เวลานอกห้องเรียน ทำให้นักเรียนมีโอกาสเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่ น่าเชื่อถือ เพื่อนำข้อมูลจากแหล่งดังกล่าวมาใช้ในการดำเนินกิจกรรมในชั้นเรียน ส่งผลให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาของปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่นักเรียนได้ระบุไว้ สรุปผลที่ได้จากการทดลอง และอ้างอิงผลที่ได้จากการสรุปนี้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่นที่ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้

ตารางที่ 23 ประเด็นค้นพบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา
เป็นฐานในแต่ละวงจร

วงจรที่	ประเด็นค้นพบ
1	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถระบุปัญหาและสมมติฐานได้อย่างถูกต้อง นำไปสู่การออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่เหมาะสมและสามารถเก็บผลการทดลองได้จริง - นักเรียนสืบค้นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ นอกเหนือจากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดให้ - นักเรียนยังไม่สามารถคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ เมื่อผู้วิจัยได้อธิบายเพิ่มเติมด้วยการยกตัวอย่างการคำนวณ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้นและสามารถคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง - นักเรียนสนใจปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา สืบเนื่องจากการเสนอประเด็นอื่น ๆ ที่นักเรียนต้องการศึกษาจากปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ - คะแนนตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.21 ± 0.71 - นักเรียนมีภาระงานอื่น ๆ นอกเหนือจากภาระงานในรายวิชาที่ต้องรับผิดชอบ ทำให้นักเรียนไม่สามารถตอบแบบฝึกหัดและบทปฏิบัติการได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์
2	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถระบุปัญหาและสมมติฐานที่ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง ออกแบบวิธีดำเนินการทดลองได้อย่างหลากหลาย และนักเรียนสามารถพิจารณาวิธีดำเนินการทดลองต่าง ๆ เพื่อเลือกวิธีดำเนินการทดลองศึกษาปรากฏการณ์ที่เหมาะสมที่สุด - นักเรียนสนใจปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา โดยระบุว่าอาจมีปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นและอุณหภูมิของระบบปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี - คะแนนตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.29 ± 0.68
3	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถระบุปัญหาและสมมติฐานที่ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง นำไปสู่การออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่เหมาะสมและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน - นักเรียนไม่สามารถคำนวณโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับจลนศาสตร์เคมีที่มีความยากและความซับซ้อนในการคำนวณ

ตารางที่ 24 (ต่อ)

วงจรถี	ประเด็นค้นพบ
3 (ต่อ)	<p>- นักเรียนไม่สนใจปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ไกลตัวนักเรียน ประกอบกับวิธีการศึกษาปรากฏการณ์นี้ค่อนข้างมีความยุ่งยากและซับซ้อน</p> <p>- คะแนนตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.08 ± 0.70</p>
4	<p>- นักเรียนสามารถระบุปัญหาและสมมติฐานที่ใช้ศึกษาปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างเหมาะสม และสามารถออกแบบวิธีดำเนินการทดลองได้อย่างเหมาะสมเช่นเดียวกัน</p> <p>- นักเรียนสนใจปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา โดยเสนอประเด็นศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวทำละลายที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p>- นักเรียนต้องได้รับการอธิบายเกี่ยวกับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับจลนศาสตร์เคมีเพิ่มเติมจึงสามารถคำนวณ โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับจลนศาสตร์เคมีได้อย่างถูกต้อง</p> <p>- คะแนนตอบข้อคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.33 ± 0.55</p> <p>- นักเรียนเสนอว่านักเรียนต้องการศึกษาปัญหาที่แตกต่างกันจากปรากฏการณ์เดียวกัน เพื่อสร้างมุมมองที่แตกต่างและลดความซ้ำซ้อนในการดำเนินกิจกรรมการทดลอง</p>
5	<p>- นักเรียนในแต่ละกลุ่มใหญ่สามารถสร้างวิธีดำเนินการทดลองที่สอดคล้องกับปัญหาและสมมติฐานที่นักเรียนกำหนดขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดข้อค้นพบที่แตกต่างกันนำไปสู่การแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการอภิปรายร่วมกันภายในชั้นเรียน รวมถึงสามารถนำทฤษฎีที่ได้เรียนรู้ในวงจรถี 2 มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น</p> <p>- คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.71 ± 0.45</p>

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon-based learning) ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มเป้าหมายของการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ดำเนินการวิจัยตามแบบแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ต่อเนื่องกันเป็นวงจร จำนวน 5 วงจร ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเก็บผลการวิจัยต่อเนื่องกันตลอดทั้งวงจร โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา

สรุปผลการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 80.42 ± 8.53 และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ที่ 71.60 ± 12.15
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี สามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 87.29 ± 9.35 และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ที่ 83.05 ± 12.29

อภิปรายผลการวิจัย

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยพบข้อเท็จจริงบางประการที่สามารถอภิปรายสนับสนุนผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ผ่านกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ได้แก่ การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 กระบวนการวิจัยนี้มีส่วนช่วยในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้

การวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรการวิจัยในชั้นวางแผน ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนและปัญหาที่เกิดจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรก่อนหน้า แล้วจึงดำเนินการศึกษาค้นคว้าวิธีการแก้ไขปัญหาเพื่อให้กิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรถัดไป มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น กล่าวได้ว่าชั้นวางแผนในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถลดจุดบกพร่องหรือข้อดีจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรก่อนหน้าให้เกิดขึ้นในชั้นปฏิบัติตามแผนในวงจรปัจจุบัน ดังที่ ปารีชาติ บัวเจริญ (2546) กล่าวว่า การวางแผนในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้ทำให้ผู้วิจัยเกิดความพร้อมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาปัญหา การค้นหาสาเหตุและวิธีการแก้ไข รวมถึงยังได้ทบทวนกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรที่ผ่านมาเพื่อปรับปรุงหรือพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป ทำให้เกิดการวางแผนการจัดการเรียนรู้และการเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี (Bruner, 1963)

เมื่อผู้วิจัยนำแผนที่ได้จากการพัฒนาและปรับปรุงโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากชั้นสังเกต และชั้นสะท้อนผลจากวงจรก่อนหน้ามาดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในชั้นปฏิบัติตามแผน ผู้วิจัยกำหนดขั้นนำเข้าสู่บทเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างความสนใจให้นักเรียนจดจ่ออยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้ และทบทวนองค์ความรู้เดิมที่ต้องนำมาใช้ต่อยอดเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ในกิจกรรมการเรียนรู้นั้น โดยการสอบถาม การเล่นเกม หรือการทดสอบ เพื่อให้ผู้วิจัยทราบถึงระดับความรู้เดิมของนักเรียน ณ ขณะนั้น เป็นไปตามทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์ (Thorndike's classical connectionism) ที่ว่าการกระทำเช่นนี้เป็นการสำรวจความพร้อมของนักเรียนเพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะศึกษาบทเรียนถัดไปอยู่ในระดับใด (Hergenhahn & Olson, 1993) และทฤษฎีการรับรู้และการเชื่อมโยงความคิด (Apperception) ที่ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้เป็นอย่างดี (Bigge, 1964) ในชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยพัฒนาให้นักเรียนเป็นผู้มีบทบาทหลักในการสืบหาค้นคว้าความรู้ด้วยตนเองโดยกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา การสร้างสมมติฐาน การออกแบบ
 วิธีดำเนินการทดลอง การทดลอง การเก็บผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการนำเสนอ
 ผลการทดลอง นักเรียนจะได้ดำเนินการกระบวนการดังกล่าวด้วยตนเองในขณะที่ผู้วิจัยปฏิบัติตน
 เป็นผู้อำนวยการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เป็นต้นว่าการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ในการ
 ทดลอง การแนะนำวิธีดำเนินการทดลองที่เหมาะสม ปลอดภัย และสามารถเก็บข้อมูลการทดลองได้
 รวมถึงร่วมแสดงความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้บรรลุตามจุดประสงค์
 การเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง การส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองนี้ส่งผลอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้
 อย่างมีความหมายของนักเรียน เป็นไปตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรุนเนอร์ (Bruner,
 1963) ที่ว่าการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดประสบการณ์เรียนรู้ด้วยตนเองส่งผลให้นักเรียนเกิด
 การเรียนรู้ได้ดี รวมถึงทฤษฎีการเรียนรู้ของโรเจอร์ส (Rogers, 1969) ที่ว่าการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียน
 เกิดการเรียนรู้กระบวนการ (Process learning) ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ดี

ขณะที่ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการ
 สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนและสิ่งที่เกิดขึ้นในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำผลที่ได้
 จากการสังเกตในแต่ละขั้นนี้มาวิเคราะห์เพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดสังเกต ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัด
 ที่เกิดขึ้นระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สะท้อนผลเหล่านี้ไปยังขั้นวางแผนในวงจรถัดไป
 เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป
 ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน เป็นผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา
 มีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม มีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมี
 วิचारณญาณ และทักษะอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการจัดการเรียนรู้ รวมถึงเกิดเจตคติที่ดี
 ต่อการเรียนรู้ กระบวนการวิจัยทั้ง 4 ขั้นตอน อันประกอบด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผน
 ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ทำให้ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนในห้องเรียนสามารถแก้ไขปัญหาที่
 เกิดขึ้นในห้องเรียนและนำผลที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้มาใช้ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจร
 ถัดไปเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อนักเรียน (สุวิมล ว่องวานิช, 2544) สอดคล้องกับงานวิจัย
 ของจุฑามาศ ผกาภิบาล และ สาคร อัจฉกร (2559) ที่ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
 เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
 ปีที่ 5 พบว่ากระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้สามารถช่วยให้ผู้วิจัยวิเคราะห์สภาพปัญหาที่ต้องการ
 แก้ไขได้อย่างละเอียด ระบุวิธีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ละขั้นตอน
 อย่างต่อเนื่อง กระทั่งสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะดังกล่าวในระดับสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
 มากยิ่งขึ้น และงานวิจัยของศิริลักษณ์ สัพโส (2553) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะ
 การอ่านและการเขียนภาษาไทยสำหรับนักเรียนที่มีปัญหาการอ่านและการเขียนในช่วงชั้นที่ 1

โรงเรียนศิริราชอุทิศวิทยาคาร จังหวัดสกลนคร โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ พบว่า กระบวนการวิจัยดังกล่าวทำให้นักเรียนมีทักษะการอ่านและการเขียนเพิ่มขึ้น นักเรียนสามารถอ่านและเขียนได้อย่างมีหลักเกณฑ์ แสดงให้เห็นว่าบทบาทของครูผู้สอนมีความสำคัญในการค้นหา รูปแบบและวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสภาพของนักเรียน ทำให้ผู้วิจัยทราบ หลักการและวิธีการแก้ไขปัญหาในการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้นส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ โดยมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ที่ร้อยละ 80.42 ± 8.53 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ อยู่ที่ 71.60 ± 12.15 พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนนี้เป็นผลจากการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาทเรียนเรื่องจลนศาสตร์เคมี ผ่านปรากฏการณ์หรือสถานการณ์รอบตัวนักเรียนที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้โดยใช้ปฏิบัติการเคมี ที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน และออกแบบวิธีดำเนินการทดลองด้วยตนเอง นำไปสู่ การค้นพบประสบการณ์ใหม่และความรู้ใหม่ด้วยตนเอง อีกทั้งยังสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ ใหม่ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้นี้ผนวกเข้ากับทฤษฎีหรือข้อมูลเชิงประจักษ์ที่มีอยู่แล้ว ก่อให้เกิด เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวัน ได้ การนำปรากฏการณ์รอบตัวนักเรียนมาใช้เป็นจุดตั้งต้นของการศึกษาโดยกระตุ้นความสนใจใฝ่รู้ และอยากค้นหาคำตอบของนักเรียน ดังที่ พงศธร มหาวิจิตร (2562) กล่าวว่าปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ ในการศึกษาจะเป็นตัวเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ ในบทเรียนกับประสบการณ์จากชีวิตจริงเข้าเป็น เนื้อเดียวกันมากที่สุด และช่วยเร้าความสนใจของผู้เรียนเป็นอย่างดี สอดคล้องกับคำกล่าวของ Silander (2015) ที่ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานทำให้นักเรียนตระหนักถึงคุณค่า ในการนำทฤษฎีและข้อมูลมาใช้ในสถานการณ์ของการเรียนรู้ สามารถกำหนดปัญหาที่นักเรียน ให้ความสนใจเพื่อเป็นจุดเริ่มต้น ของกระบวนการศึกษาเรียนรู้ นักเรียนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญใน การสร้างสรรค์องค์ความรู้ตามแนวคิดการยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ และคำกล่าวของ Supasorn *et al.* (2014) ที่ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะเช่นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนสนใจในการตั้งคำถาม การทดลอง ค้นหาคำตอบด้วยการสำรวจหรือการทดลอง และนำหลักการหรือความรู้ที่มีอยู่มาใช้ อธิบายสิ่งที่ได้จากการสำรวจหรือการทดลองนี้จนเกิดเป็นความเข้าใจในเนื้อหา

เมื่อพิจารณาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็น จำแนก ออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ชี้นำเข้าสู่บทเรียน นักเรียนจะได้ตอบคำถามที่ผู้วิจัยกำหนดให้ ทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้อย่างอิสระ โดยอาศัยความรู้เดิมของนักเรียน ขั้นนี้ทำให้ผู้วิจัย

ทราบในเบื้องต้นว่านักเรียนมีพื้นฐานความรู้อยู่ในระดับใดเพื่อนำไปใช้เชื่อมโยงกับประสบการณ์หรือองค์ความรู้ใหม่ของนักเรียน เป็นไปตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ที่ว่ามนุษย์จะปรับตัวให้เข้ากับสิ่งใหม่โดยผ่านการดูดซึมหรือซึมซับประสบการณ์และปรับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ (สุรางค์ โคว์ตระกูล, 2553) นอกเหนือจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ให้นักเรียนรับชมวิดีโอทัศน์เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ สนุกสนาน และกระตือรือร้นในการเรียนรู้สิ่งใหม่ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ที่ว่ามนุษย์เลือกรับรู้สิ่งต่าง ๆ ตามความสนใจที่มีต่อสิ่งที่จะเรียนรู้ การเรียนรู้จึงเกิดได้จากการค้นพบโดยมีความอยากรู้อยากเห็นเป็นแรงผลักดันให้เกิดพฤติกรรมสำรวจสภาพแวดล้อมและกระบวนการเรียนรู้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2558)

ในขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะได้ลงมือสำรวจสืบค้นและลงมือปฏิบัติเพื่อหาความรู้ในขั้นนี้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ ขั้นย่อยที่ 1 การเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะมีบทบาทมากที่สุดในการเลือกปรากฏการณ์ที่จะนำมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษา ผู้วิจัยพบว่าปรากฏการณ์ที่นำมาใช้นี้จะเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่จะกำหนดความสนใจของผู้เรียน หากปรากฏการณ์ที่นำมาใช้มีความน่าสนใจ โกลัตัวนักเรียน และสามารถศึกษาได้ง่าย นักเรียนมักจะให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้และสนุกสนานที่จะค้นหาคำตอบภายใต้ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ นอกเหนือจากนี้ หากนักเรียนสนใจปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา นักเรียนจะศึกษาปรากฏการณ์นั้น ๆ รอบด้านมากขึ้น กล่าวคือ นักเรียนจะค้นหาปัญหาที่มีอยู่ในปรากฏการณ์นั้น ๆ แล้วลงมือหาคำตอบได้ผ่านสื่อสังคมแหล่งเรียนรู้ และผู้รู้ ได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ได้ดียิ่งขึ้น ในทางกลับกันหากปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ไม่สามารถสร้างความสนใจให้กับนักเรียนได้ ดังที่ Deahler & Folsom (2016) กล่าวไว้ว่าปรากฏการณ์ที่เลือกมาควรเป็นปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจและสอดคล้องกับประสบการณ์และระดับขั้นของนักเรียน และหากปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ไม่มีความน่าสนใจมากเพียงพออาจเกิดข้อจำกัดหลายประการต่อกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ตัวอย่างเช่นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรที่ 4 ที่ผู้วิจัยเลือกการทดสอบอะซิโตนในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ค่อนข้างโกลัตัวนักเรียน เนื่องจากนักเรียนมิได้ใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดบ่อยมากนัก ประกอบกับวิธีดำเนินการทดลองที่เหมาะสมในการศึกษาปรากฏการณ์นี้เป็นกระบวนการและวิธีการใหม่ที่นักเรียนไม่เคยได้รับประสบการณ์มาก่อน ทำให้นักเรียนขาดความสนใจในการศึกษา ขั้นย่อยที่ 2 การกำหนดปัญหาและสมมติฐาน นักเรียนจะค้นหาปัญหาที่สำคัญที่สุดที่นักเรียนสนใจศึกษาหลังจากการศึกษาปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้แล้ว

และสร้างสมมติฐานที่ใช้ในการศึกษาปัญหานั้น นำไปสู่ขั้นย่อยที่ 3 การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่สามารถศึกษาเพื่อค้นหา คำตอบของปัญหาที่นักเรียนระบุหรือทดสอบสมมติฐานที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น ขั้นย่อยที่ 2 และขั้นย่อยที่ 3 นี้ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนดำเนินการเป็นภาระงานก่อนเริ่มกิจกรรมในห้องเรียน ทำให้นักเรียนสามารถศึกษาปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้โดยไม่จำกัดเวลาและแหล่งเรียนรู้ นักเรียนได้เห็นมุมมองที่หลากหลายของปรากฏการณ์นั้น ๆ และสืบค้นที่มาที่ไปหรือภูมิหลัง ของปรากฏการณ์นี้ได้ผ่านแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย รวมทั้งการระดมสมองและประมวลความคิด ของนักเรียนนอกห้องเรียน ส่งผลให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ถูกต้องได้มากขึ้น ดังคำกล่าว ของ Quattrucci (2018) ที่ว่านักเรียนมักจะเลือกปัญหาที่นักเรียนสนใจซึ่งจะช่วยพัฒนาแรงจูงใจ ในการเรียนของนักเรียน มากไปกว่านั้น เมื่อนักเรียนมีเวลามากเกินไปในการวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีดำเนินการทดลอง นักเรียนจะศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นมากขึ้น ส่งผลให้ นักเรียนสามารถออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่ปลอดภัย เก็บผลได้จริง รวดเร็ว สร้างสรรค์ และหลากหลายมากยิ่งขึ้น และส่งผลให้เมื่อนักเรียนนำเสนอวิธีดำเนินการทดลองในแต่ละกลุ่มแล้ว ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเห็นวิธีดำเนินการทดลองที่แปลกใหม่และแตกต่างจากวิธีดำเนินการ ทดลองที่กลุ่มตนเองออกแบบไว้

ในขั้นย่อยที่ 4 การดำเนินการทดลอง นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วย วิธีดำเนินการทดลองที่ออกแบบด้วยตนเอง ก่อให้เกิดความกระตือรือร้นที่จะศึกษานำไปสู่ค้นพบ ประสพการณ์ใหม่หรือองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม (วัฒนาพร ระวังทุกข์, 2541) ที่ว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในบุคคลซึ่งเป็นผู้สร้าง ความรู้จากสิ่งที่พบเห็นผนวกกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม และคำกล่าวของสิรินภา กิจเกื้อกูล (2557) ที่ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมการทดลองและการลงมือปฏิบัตินั้นเป็นการบูรณาการ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนรู้ในชั้นเรียนซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น หลังจากทีนักเรียนดำเนินการทดลองในชั้นเรียนแล้ว นักเรียนจะต้องจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้เพื่อนำมาใช้ในการนำเสนอผลการทดลอง ในชั้นถัดไปนอกห้องเรียน กล่าวคือ ผู้วิจัยกำหนดให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองในคาบเรียน ถัดไป ทำให้นักเรียนมีเวลาในการจัดกระทำข้อมูลด้วยกันภายในกลุ่มนอกชั้นเรียน และขั้นย่อยที่ 5 การนำเสนอผลการทดลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องตรงตามเนื้อหาวิชาจนศาสตร์เคมี และสามารถอภิปรายผลการทดลองได้อย่างกว้างขวาง กล่าวคือ นอกเหนือจากนักเรียนจะอภิปราย ผลการทดลองโดยอาศัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แล้วนั้น นักเรียนยังสามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้

ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ ได้อีกด้วย จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนดำเนินการนอกห้องเรียนนั้นทำให้นักเรียนสามารถค้นหาหรือสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ทำให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาจากปรากฏการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ตั้งสมมติฐานจากปัญหาของปรากฏการณ์ ออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่ปลอดภัย เก็บผลได้จริง รวดเร็ว และสร้างสรรค์ รวมถึงสามารถอภิปรายผลการทดลองได้อย่างกว้างขวาง ดังที่อรนุช ลิมตศิริ (2560) กล่าวว่ากิจกรรมการเรียนรู้นอกห้องเรียนนั้นช่วยส่งเสริมและกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน ขยายประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียน ขยายขอบเขตความคิดและความรู้ เพิ่มพูนทักษะ และช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่นเดียวกับคำกล่าวของจิราภรณ์ พานิช (2556) ที่ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเองช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบรู้จริง (Mastery learning) และช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาสำคัญได้

หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว หลังจากนักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลการทดลองแล้ว ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนจะอภิปรายร่วมกับนักเรียนทุกกลุ่มอีกครั้งเพื่อให้นักเรียนได้รับองค์ความรู้ที่ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ในขั้นที่ 3 ขั้นสรุปผลการเรียนรู้ นักเรียนจะช่วยอธิบายกระทั่งนักเรียนเกิดองค์ความรู้ใหม่ขึ้น และฝึกทำโจทย์ปัญหาหลากหลายเพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ขึ้นไปใช้อธิบายหรือคำนวณได้อย่างถูกต้อง หลังจากนั้น นักเรียนต้องทำแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน การทดสอบหลังเรียนเช่นนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับสูงขึ้น ดังที่ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2548) กล่าวไว้ว่าการฝึกฝนผ่านการทดสอบจะสัมฤทธิ์ผลมากกว่าการฝึกฝนที่ไม่มีการทดสอบ เนื่องจากการทดสอบช่วยให้นักเรียนทราบว่าตนเองจดจำบทเรียนได้มากน้อยเพียงใด ส่วนใดที่จดจำได้น้อย นักเรียนจะพยายามจดจำ และทำความเข้าใจอีกครั้งหนึ่ง กล่าวได้ว่าการทดสอบหลังเรียนเป็นการทบทวนความจำรูปแบบหนึ่ง ก่อให้เกิดแรงกระตุ้นและหมั่นทบทวนบทเรียนอยู่เสมอ เพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับที่ดีขึ้น นอกเหนือจากกิจกรรมในชั้นเรียนตามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบแล้วนั้น นักเรียนยังได้นำประสบการณ์หรือองค์ความรู้ใหม่ที่นักเรียนได้รับและประสบการณ์ใหม่จากกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนมาใช้ซ้ำ ๆ ผ่านการทำแบบฝึกหัดในปริมาณมาก สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของธอร์น ไคค์ ตามกฎแห่งการฝึกฝน (Thorndike's law of exercise) ที่ว่าการฝึกฝนหรือการกระทำสิ่งใดซ้ำ ๆ บ่อย ๆ ด้วยความเข้าใจนั้นก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทนถาวร (ทศนา เขมมณี, 2560)

เมื่อพิจารณาพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการ

สัมพัทธ์อยู่ที่ 71.60 ± 12.15 กล่าวได้ว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณาจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์ของพฤติกรรมด้านความรู้ความจำอยู่ที่ 63.89 ± 41.29 แม้ว่าจะมีพัฒนาการ อยู่ในระดับสูง แต่ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่าพฤติกรรมการเรียนรู้ลักษณะ อื่น ๆ อาจเพราะผู้วิจัยมีได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ บทปฏิบัติการ แบบฝึกหัด และแบบทดสอบ หลังเรียนให้นักเรียนเกิดความรู้ความจำมากขึ้น แต่มักเน้นให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ ลักษณะอื่น ๆ เช่น พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการสังเคราะห์ ดังผลปรากฏว่านักเรียนมีพัฒนาการ ด้านการสังเคราะห์มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ที่ 77.08 ± 31.48 ที่เป็น เช่นนี้อาจเพราะนักเรียนได้ฝึกการวางแผนออกแบบวิธีดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาที่นักเรียน กำหนดขึ้นจากปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งเป็นการสร้างสรรค์วิธีดำเนินการทดลอง ที่แปลกใหม่จากประสบการณ์เดิมของนักเรียน การรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และองค์ความรู้จากทฤษฎีหรือข้อเท็จจริงเชิงประจักษ์มาใช้ในการอภิปรายผลการทดลอง และการนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียนแต่เมื่อพิจารณาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง จลนศาสตร์เคมี จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล ดังปรากฏในตารางที่ 14 (หน้า 113) พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เป็น 0.00 อาทิ S-11, S-14, S-15, S-19 และ S-20 ที่มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านความรู้ความจำเป็น 0.00 ทั้งนี้ มิได้หมายความว่านักเรียนแต่ละคนไม่สามารถตอบข้อคำถามที่บ่งชี้พฤติกรรมการเรียนรู้ในด้าน ความรู้ความจำไม่ได้ แต่หมายถึงนักเรียนอาจตอบข้อคำถามที่บ่งชี้พฤติกรรมนี้ได้จำนวนข้อคำถาม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ได้ถูกต้องเท่ากับจำนวนข้อคำถามที่ตอบได้ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ จากการสอบถามนักเรียนหลังจากที่ผู้วิจัยได้ตรวจสอบการตอบแบบทดสอบของนักเรียน อย่างครบถ้วนแล้ว นักเรียนอธิบายว่านักเรียนเลือกตอบข้อคำถามที่มีความยากกว่าข้อคำถามเหล่านี้ อาทิ ข้อคำถามที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านการคำนวณ ซึ่งเป็นข้อคำถามที่ต้องอาศัย การคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือข้อคำถามที่วัดพฤติกรรมที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้าน การสังเคราะห์ที่ต้องอาศัยการพิจารณาข้อมูลเพื่อประกอบกันเป็นคำตอบในข้อคำถามนั้น ๆ ทำให้นักเรียนเหลือเวลาน้อยในการตอบข้อคำถามที่วัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ หรือในกรณีหนึ่ง S-08 และ S-19 ที่มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านการนำไปใช้เป็น 0.00 นักเรียนได้อธิบายว่า นักเรียนได้เลือกทำข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณเป็นลำดับสุดท้ายเนื่องจากทราบดีว่า เป็นข้อคำถามเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยเวลาในการคำนวณ ทำให้นักเรียนเหลือเวลาในการคำนวณ น้อยกว่าที่คาดการณ์ไว้ จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถคำนวณได้ทันเวลา

หากพิจารณาการตอบบทปฏิบัติการ การตอบแบบฝึกหัด การตอบแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) และการสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนแสดงออกถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ด้าน ได้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวงจร เช่นว่านักเรียนสามารถแสดง

วิธีการคำนวณเพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ณ ขณะใดขณะหนึ่งโดยใช้กราฟแสดง การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารในระบบเทียบกับเวลาได้ หรือการเขียนแสดงการพิสูจน์กลไก การเกิดปฏิกิริยาด้วยวิธีการประมาณจากสภาวะสมดุลและ/หรือวิธีประมาณจากสภาวะคงตัวได้ และนักเรียนสามารถอธิบายวิธีการเพิ่มหรือลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลง ปริมาณหรือการรบกวนสภาวะ ของระบบปฏิกิริยา แสดงให้เห็นว่าองค์ความรู้และประสบการณ์ ที่นักเรียนได้รับนี้สามารถนำไป ต่อยอดในการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมีและเรื่องต่อไป ในวิชาเคมีได้

ดังกล่าวนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานสามารถพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้จริง นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาจากปรากฏการณ์ สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้นที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันผ่านการสืบหา ค้นคว้า ทดลอง จากปัญหาที่น่าสนใจจากปรากฏการณ์ที่ถูกใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษา ก่อให้เกิด การเรียนรู้ที่มีความหมาย นักเรียนตระหนักถึงคุณค่าขององค์ความรู้ที่ได้รับ และสามารถ นำองค์ความรู้นี้ไปใช้ในการเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือเรื่องราวอื่น ๆ เพื่ออธิบายสิ่งที่แตกต่างกันด้วยองค์ความรู้เดียวกัน ดังคำกล่าวของอรพรรณ บุตรกัตัญญู (2561) ที่ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เริ่มต้นด้วยปรากฏการณ์ ในโลกแห่งความเป็นจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดการสำรวจด้วยมุมมองที่หลากหลายโดยใช้เทคนิค วิธีการ เครื่องมือที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความรู้และทักษะของนักเรียนจากการเรียนรู้ที่สัมพันธ์ กับชีวิตจริง และคำกล่าวของ Naik (2019) ที่ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานนั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผนวกการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based learning) เข้ากับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) สอดคล้องกับงานวิจัยของ นัทรชญา ดิงสะ และคณะ (2561) ที่นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผสมผสานกับการใช้ปัญหา เป็นฐานมาใช้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้ผลว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกเหนือจากนี้ผลการวิจัย ยังสอดคล้องกับกับงานวิจัยของพิไลวรรณ พรรณขาม และคณะ (2562) พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอยู่ในระดับปานกลางหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ เช่นเดียวกับงานวิจัย ของพัทธรณ วิริยธรรม และคณะ (2561) พบว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อยู่ในระดับสูงหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7E ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ และงานวิจัยของอลิศรา ศรีสร้อย และคณะ (2560) พบว่านักเรียนที่ได้รับ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่านักเรียนที่ได้รับ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานยังไม่เป็นที่แพร่หลายในวงการ
การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยมากนัก ทั้งนี้อาจเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้จำเป็นต้อง
ควบคุมหลายปัจจัยเพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และนักเรียน
จะต้องมีทักษะการสืบค้นข้อมูล ทักษะการใช้สารสนเทศ และทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ใน
กิจกรรมการเรียนรู้ เช่น งานวิจัยของวาสนา กิรติจำเริญ และคณะ (2563) ดำเนินการศึกษา
เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบ
เสาะหาความรู้ 5E กับวิธีการสอนโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ระบุว่านักเรียนที่ได้รับการจัด
การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจาก
นักศึกษายังขาดทักษะการเรียนรู้สารสนเทศ ส่งผลให้นักศึกษาไม่สามารถเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการ
เรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานอย่างเต็มศักยภาพ นอกเหนือจากนี้ การนำการจัดการเรียนรู้โดย
ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้เกิดพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ หรือเจตคติ จำเป็นต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง ครูผู้สอนจำเป็นต้อง
ยิ่งที่จะต้องลดบทบาทจากผู้ให้ความรู้เป็นผู้อำนวยความสะดวกและแนะแนวทางการเรียนรู้เพื่อ
ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (พงศธร มหาวิจิตร, 2562)

3. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น โดยมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ที่ร้อยละ
 87.29 ± 9.35 และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์อยู่ที่ 83.05 ± 12.29 เป็นผลมาจากการฝึกฝนให้
นักเรียนใช้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน
กล่าวคือ นักเรียนได้ศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ผู้วิจัยเลือกใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษา
เพื่อระบุปัญหาที่สำคัญที่สุดและกำหนดสมมติฐานจากปัญหานั้น หลังจากที่นักเรียนได้ทราบว่า
ปรากฏการณ์ใดถูกใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาในวงจรมานั้น ๆ ไม่เพียงแต่นักเรียนจะศึกษา
ปรากฏการณ์เหล่านั้นจากแหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยกำหนดให้ แต่นักเรียนยังสืบค้นข้อมูลของ
ปรากฏการณ์นั้น ๆ จากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ อาทิ ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต ผู้รู้ หรือการได้สัมผัส
ปรากฏการณ์จริงด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ได้มากขึ้น และทำ
ให้นักเรียนเข้าถึงปัญหาที่แท้จริงของปรากฏการณ์ที่จะนำมาใช้ในการเรียนรู้ได้มากขึ้นตามไปด้วย
ดังที่ Dressel & Mayhew (1974) และ Ennis (1985b) กล่าวว่าภาระปัญหาสามารถทำได้
เมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลรอบตัวและนำเอาข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผลเพื่อให้ได้

ประเด็นที่เป็นปัญหาหรือประเด็นที่น่าสนใจในการสืบเสาะหาข้อมูล หลังจากนักเรียนกำหนด ปัญหาและสมมติฐานแล้ว นักเรียนจะต้องวางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่สามารถ ศึกษาปัญหาที่นักเรียนกำหนดขึ้น ขั้นตอนนี้ส่งผลต่อพัฒนาการของทักษะการคิดอย่างมี วิจารณญาณอย่างมาก เพราะนักเรียนจะต้องออกแบบวิธีดำเนินการทดลองที่สามารถศึกษาปัญหา ที่นักเรียนกำหนดขึ้นหรือทดสอบสมมติฐานที่นักเรียนระบุไว้ นักเรียนจะต้องอาศัยวิจารณญาณ ในการพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสม และความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ สมมติฐาน ดังที่ ฌ็องส์ เนาว์ซัง และคณะ (2563) กล่าวว่าลักษณะของปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ มักเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งต้องการผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับปัญหาและเป็นประโยชน์ ต่อการดำเนินชีวิต การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้วิจารณญาณเพื่อพิจารณาความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องกับปัญหาของสิ่งที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหานั้น นำไปสู่การแก้ปัญหาที่ไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาด และคำกล่าวของ ชาตรี เกศธรรม (2546) ที่ว่า การตั้งสมมติฐานเป็นการกำหนดขอบเขตของการสืบเสาะหาข้อมูลเพื่อนำมาใช้ตอบปัญหา โดยพิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล

หลังจากปฏิบัติการของนักเรียน ผลที่ได้จากการทดลองจะนำมาสรุปเป็นองค์ความรู้ และประสบการณ์ใหม่ of นักเรียน อีกทั้งนักเรียนได้นำผล ที่สรุปได้นี้ไปใช้ในการอธิบาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกันหรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ ดังคำกล่าวของ Watson & Glaser (2002) และชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552) ที่ว่านักเรียนต้องเลือกข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ แสวงหาข้อมูลที่เป็นเหตุเป็นผลต่อกันเพื่อนำมาคิดเปรียบเทียบ ได้แก่ การระบุข้อดี การระบุข้อเสีย และการจัดจำแนกประเภท เพื่อนำมาแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลเดิมหรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ในการพิจารณาไตร่ตรองข้อมูล ตลอดจนอธิบายรายละเอียดของข้อมูลที่นำมาใช้ในการแก้ไข ปัญหาเพื่อสร้างข้อสรุปและการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและสามารถประเมินทางเลือกเพื่อนำไปใช้ ในการแก้ไขปัญหา และประยุกต์ใช้กับสถานการณ์หรือเหตุการณ์ อื่น ๆ ได้ การฝึกฝนเช่นนี้เข้าไป ซ้ำมาของนักเรียนย่อมก่อให้เกิดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับงานวิจัยของอุยวัฒน์ วรรณโร และคณะ (2561) ที่ว่านักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้หลังจาก ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน งานวิจัยของ Weaver *et al.* (2016) ที่ว่ากิจกรรม การเรียนรู้ ที่ให้นักเรียนระบุปัญหา สมมติฐาน กระบวน การทดลอง ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการ ทดลอง สรุปผล และนำเสนอเพื่อสื่อสารผลการทดลองนั้นช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิด อย่างมีวิจารณญาณได้ และงานวิจัยของ Cowden & Santiago (2016) ที่ว่าการเรียนรู้แบบ สหวิทยาการมีประสิทธิภาพในการสร้างความรู้ความเข้าใจและวิธีการใหม่ ๆ ก่อให้เกิดการเรียนรู้ และการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้

เมื่อพิจารณาผลพัฒนาการทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำแนกรายด้าน พบว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านการตั้งสมมติฐาน การสรุปอ้างอิง การกำหนดปัญหา และการประเมิน โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของแต่ละด้านอยู่ที่ 86.18 ± 19.55 , 83.61 ± 20.02 , 81.11 ± 21.41 และ 80.14 ± 24.59 กล่าวได้ว่าทุกองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูงมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของพงศธร มหาวิจิตร (2562) ที่สามารถพัฒนาให้นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ศึกษาในรายวิชาการประถมศึกษาศึกษามีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ไขปัญหาอยู่ที่ 3.78 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นก่อให้เกิดพัฒนาการทุกองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กล่าวคือ นักเรียนจะได้พัฒนาการกำหนดปัญหาจากการระบุปัญหาที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ที่ระบุไว้ในกิจกรรมการเรียนรู้ และนำปัญหานี้ไปตั้งสมมติฐานที่สามารถกำหนดวิธีการที่สามารถตรวจสอบได้ เช่น การใช้วิธีการเก็บแก๊สโดยใช้การแทนที่นำมาใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่ก่อให้เกิดแก๊ส หรือการนำนาฬิกามาใช้จับเวลาเพื่อหาช่วงเวลาที่เกิดปรากฏการณ์นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่ง ส่วนนี้ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการตั้งสมมติฐานของนักเรียน เมื่อนักเรียนได้ผลการทดลองจากวิธีดำเนินการทดลองที่นักเรียนสร้างสรรค์ด้วยวิจารณญาณนั้นแล้ว นักเรียนสรุปผลที่ได้นั้นเพื่อนำมาใช้แก้ไขปัญหาที่นักเรียนสร้างขึ้น ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการสรุปอ้างอิง และผลจากการสรุปนี้ถูกนำไปใช้อธิบายสิ่งอื่น ๆ สถานการณ์อื่น ๆ หรือปรากฏการณ์อื่น ๆ ก่อให้เกิดพัฒนาการด้านการประเมินของนักเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของอรพรรณ บุตรศักดิ์บุญ (2561) ที่กล่าวไว้ว่าการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานนั้นมุ่งเน้นพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมถึงทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และการพัฒนาให้นักเรียนมีความพร้อมต่อการใช้ชีวิตในอนาคต

เมื่อพิจารณาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำแนกตามองค์ประกอบของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รายบุคคล ดังปรากฏในตารางที่ 16 (หน้า 119) พบว่ามีนักเรียนมีพัฒนาการของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับสูงและระดับสูงมากทุกคน อย่างไรก็ตามก็ตีพบว่านักเรียนรหัส S-13 มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านการประเมิน 0.00 คะแนน เมื่อสัมภาษณ์นักเรียนแล้ว นักเรียนอธิบายว่านักเรียนยังไม่สามารถประเมินได้ว่าหากสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ นั้นแตกต่างไปจากสถานการณ์เดิมแล้ว จะสามารถประเมินคำตอบไปในทิศทางใด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนร่วมด้วยแล้ว ผู้วิจัยเห็นว่านักเรียนคนดังกล่าวนี้มักทำหน้าที่ในการออกแบบและระบุวิธีดำเนินการทดลอง และปฏิบัติการทดลองในห้องเรียนเป็นหลัก มิได้สืบค้นหรืออภิปรายผลการทดลองในชั้นเรียนมากเท่าที่ควร

อาจเป็นสาเหตุให้นักเรียนมีคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ด้านการประเมินในทักษะการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณเป็น 0.00

อย่างไรก็ตามในการกระตุ้นพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อก่อให้เกิดพัฒนาการ
 ของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น ครูผู้สอนต้องเร้าความสนใจของผู้เรียนให้เกิดความอยากรู้
 อยากเห็นในการลงมือศึกษาปรากฏการณ์นั้น ๆ ดังที่กฤษตรี เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ (2558)
 ได้แนะนำไว้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 นั้นจำเป็นต้องสร้างแรงจูงใจหรือกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียน
 ได้เห็นถึงเป้าหมายและความสำคัญในสิ่งที่กำลังศึกษา และครูผู้สอนควรปรับเปลี่ยนบทบาท
 ของตนเองจากผู้ให้ความรู้เป็นผู้ชี้แนะแนวทางและผู้อำนวยความสะดวกเพื่อส่งเสริมให้นักเรียน
 เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Twig Education, 2018)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การเลือกปรากฏการณ์ที่นำมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาจะต้องเป็น
 ปรากฏการณ์ที่นักเรียนให้ความสนใจเป็นสำคัญ กล่าวคือ ปรากฏการณ์ใด ๆ ที่จะเลือกมาใช้
 ในการศึกษาสมควรเป็นปรากฏการณ์ที่น่าสนใจสำหรับนักเรียนและครูผู้สอน จะส่งผลให้นักเรียน
 เกิดความอยากรู้อยากเห็นและสามารถศึกษาปรากฏการณ์นั้นอย่างลึกซึ้งและกว้างขวางได้
 และควรคำนึงว่าปรากฏการณ์ที่เลือกใช้นั้นจะต้องสามารถศึกษาเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตรงตาม
 เนื้อหาวิชาได้ นอกเหนือจากนี้ การศึกษาในเนื้อหาในบทเรียนไม่จำเป็นต้องใช้ปรากฏการณ์
 เดียวกันเพื่อให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ใหม่และองค์ความรู้ใหม่ รวมถึงการเลือกปรากฏการณ์
 ที่นำมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาศวเลือกให้สอดคล้องกับบริบทของการเรียนรู้

1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานไม่จำเป็นต้องให้นักเรียน
 ดำเนินการทดลองทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่สามารถใช้วิธีการสอนอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถ
 ศึกษาปรากฏการณ์นั้น ๆ ด้วยการสัมผัสประสบการณ์จริงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการกิจกรรม
 ทัศนศึกษาแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียนจะยิ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้สัมผัสปรากฏการณ์ได้มากที่สุด
 หรือการสาธิตปรากฏการณ์หน้าชั้นเรียนหากปรากฏการณ์นั้น ๆ เป็นปรากฏการณ์ที่อาจก่อให้เกิด
 อันตรายต่อสรีระและร่างกายของนักเรียน ทั้งนี้รูปแบบการจัดการเรียนรู้จะต้องเป็นไปตามความ
 ถนัดและความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีที่หลากหลายจะทำให้
 นักเรียนตื่นเต้นและตื่นตัวในการเรียนรู้อยู่เสมอ

1.3 นักเรียนควรเป็นผู้เลือกปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ในการศึกษา เพื่อให้ปรากฏการณ์ที่นำมาใช้ในการศึกษานั้นเป็นปรากฏการณ์ที่นักเรียนให้ความสนใจมากที่สุด อย่างไรก็ตาม หากให้นักเรียนเลือกปรากฏการณ์อย่างอิสระ อาจทำให้นักเรียนไม่เกิดประสบการณ์ใหม่หรือองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนั้น ครูผู้สอนควรเสนอกลุ่มปรากฏการณ์จำนวนหนึ่งที่พิจารณามาแล้วว่าสามารถศึกษาและสรุปผลไปสู่องค์ความรู้ตามเนื้อหาบทเรียนได้ เพื่อให้นักเรียนได้เลือกปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจมากที่สุดและยังเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถศึกษาเพื่อก่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

1.4 นอกเหนือจากการเปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มในห้องเรียนสามารถศึกษาปัญหาที่แตกต่างกันภายใต้ปรากฏการณ์เดียวกัน ซึ่งอาจทำให้นักเรียนเห็นว่าปรากฏการณ์ใด ๆ ยังมีปัญหาและแง่มุมให้ศึกษาอยู่อีกมาก และสามารถสร้างสรรค์วิธีการศึกษาเพื่อสอดคล้องกับปัญหานั้น ๆ ได้อยู่เสมอ มากไปกว่านั้นครูผู้สอนยังสามารถให้นักเรียนได้ศึกษาปัญหาเดียวกันด้วยวิธีการศึกษาที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มได้อีกด้วยการกระทำเช่นนี้จะทำให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของแต่ละวิธีการศึกษาว่ามีข้อดี ข้อเสีย ข้อสังเกต และข้อควรพัฒนา ซึ่งอาจทำให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดเชิงเปรียบเทียบโดยอาศัยทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้

1.5 การสร้างความสนใจในขั้นที่ 1 ขั้่นนำเข้าสู่บทเรียนนั้น ควรใช้กิจกรรมที่สร้างสรรค์และหลากหลายเพื่อให้นักเรียนทราบถึงเนื้อหาที่นักเรียนจะได้เรียนรู้ในคาบเรียนนั้น ๆ รวมถึงสร้างความสนใจของนักเรียนให้จดจ่ออยู่กับกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนนั้น ๆ ได้มากขึ้นอีกด้วย

1.6 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานจำเป็นต้องอาศัยแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและเชื่อถือได้ เพื่อให้นักเรียนนำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้าภาพรวมของปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษาในหลากหลายแง่มุม หรือนำมาใช้ในการอ้างอิงเพื่ออภิปรายผลการทดลองไปสู่ปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์ทั่วไปได้

1.7 ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบและกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี เพื่อนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับกลุ่มเป้าหมายสำหรับงานวิจัยนี้เป็นสำคัญซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความพร้อมในการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก ประกอบกับเครื่องมืออุปกรณ์ และสารเคมีที่นำมาใช้นั้นสามารถหาได้ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน ดังนั้นหากต้องการนำผลการวิจัยไปใช้จัดการเรียนรู้ ควรปรับรูปแบบของกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี ให้เหมาะสมกับกลุ่มนักเรียนและความพร้อมของห้องปฏิบัติการ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละวงจรเพื่อศึกษาและติดตามพัฒนาการด้านทักษะดังกล่าวในแต่ละวงจรของนักเรียน

2.2 หากต้องการพิจารณาว่านักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเนื้อหาวิชาหรือไม่นั้น ควรสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่นำเนื้อหาวิชามาใช้ในการออกแบบข้อคำถามร่วมด้วย

2.3 การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ จึงควรมีการศึกษาการนำการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้กับพัฒนาการด้านทักษะการคิดรูปแบบอื่น เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงกลยุทธ์ การคิดเชิงนวัตกรรม และการคิดเชิงระบบ

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2534). *เอกสารเพื่อการพัฒนาหนังสือ อันดับ 1 การพัฒนาสื่อการเรียนการสอน*. การศาสนา กรมการศาสนา.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้อ*. การศาสนา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กุนฑรี เพ็ชรทวีพรเดช, ชาตรี เกิดธรรม, บุญเรือง ศรีเหรียญ, และ อุษา คงทอง. (2558). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม*, 5(2), 24-32.
- คณะกรรมการจัดการความรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. (2561). *คู่มือการจัดการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาครูในศตวรรษที่ 21*. http://www.edu.ru.ac.th/images/edu_KM/36833_km-05082562.pdf
- ครุรักษ์ ภิรมย์รักษ์. (2543). *เรียนรู้และฝึกปฏิบัติการในชั้นเรียน*. งามช่าง.
- จุฑามาศ ผกาภิบาล และ สาคร อัจฉกร. (2559). การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 10(พิเศษ), 240-255.
- ฉัตรชญา ดิงสะ, อารีรัตน์ ใจกล้า, สุภาพ ตามเมือง, และ ศักดิ์ศรี สุภาพร. (2561). ผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สมบัติและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะผสมผสานกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, 1(1), 97-108.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2558). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. พี บาลานซ์ ดีไซน์แอนพริ้นติ้ง.
- ชาตรี เกิดธรรม. (2546). *เอกสารประกอบการสอนรายวิชาหลักการสอน*. คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัยลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
- ชูศรี วงศ์คันะ. (2560). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 13). อมรการพิมพ์.

- เชษฐชาติรี นวลขำ และ ยศวีร์ สายฟ้า. (2563). ผลการใช้ชุดกิจกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ตามแนวคิดปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับการสะท้อนคิดที่มีต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ดิจิทัลของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 12(2), 71-89.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา: ทฤษฎีและการวิจัย*. โอเดียนสโตร์.
- ณททัย ราตรี. (2556). *สถิติเบื้องต้น : แนวคิดและทฤษฎี* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐ เนาวัชราง ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และ ชำนาญ เขาวงกิตพิงศ์. (2563). ผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเมืองคง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิจัย มข. สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 8(1). 41-51.
- ทตยา รัชชชาติวัฒน์. (2561). แนวทางการปฏิรูปการศึกษาไทยตามรัฐธรรมนูญ. *วารสารการศึกษาไทย*, 15(144), 17-19.
- ทศพร ทับวงศ์ และ ประกอบ กรณ์กิจ. (2561). การพัฒนารูปแบบการศึกษานอกสถานที่เสมือนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 13(4), 330-342.
- ทิสนา แวมมณี. (2538). *เส้นทางสู่งานวิจัยในชั้นเรียน*. บพิธการพิมพ์.
- ทิสนา แวมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ทิสนา แวมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 21). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2552). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการ*. ยงสวัสดิ์อินเตอร์กรุ๊ป.
- นัฐกานต์ นามนิมิตรานนท์, เชษฐ ศิริสวัสดิ์, และ เสาวลักษณ์ โรมมา. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 26(3), 66-76.
- นิลรัตน์ นวกิจไพฑูรย์. (2555). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. http://edu.nstru.ac.th/thai/research/fileresearch/0_040712_143127.pdf
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 2): ชมรมเด็ก.

- บุญศรี พรหมมานุพันธ์ และ นवलเสนห์ วงศ์เชิดธรรม. (2545). *การพัฒนาเครื่องมือสำหรับ
การประเมินการศึกษาหน่วยที่ 5. บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.*
- บุญเหลือ หอมเนียม, ภาสกร เรืองรอง, และ ประหยัด จิระวรพงศ์. (2559). *การพัฒนาชุดการสอน
โดยใช้ปัญหาเป็นฐานผ่านสื่อสังคมเพื่อส่งเสริมทักษะชีวิตด้านการคิดวิเคราะห์
การตัดสินใจ และแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ภาคกลางตอนบน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยปทุมธานี, 8(1), 197-207.*
- เบญจวรรณ ถนอมชัชวาล, ผ่องศรี วาณิชย์สุภวงศ์, วุฒิชัย เนียมเทศ, และ ณัฐวิทย์ พจนตันติ.
(2559). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 : ความท้าทายในการพัฒนานักศึกษา. วารสารเครือข่าย
วิทยาลัยพยาบาลและสาธารณสุขภาคใต้, 3(2), 208-222.*
- ปกรณ์ ไพโรจน์. (2547). *การสร้างแบบประเมินและการพัฒนาการคิดวิจารณ์ของนักเรียน
นายร้อยตำรวจ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุฎิบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศรีนคริน-
ทรวิโรฒ.*
- ปณิตา วรรณพิรุณ. (2551). *การพัฒนารูปแบบการเรียนบนเว็บแบบผสมผสาน โดยใช้ปัญหาเป็น
หลักเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณ์ของนิสิตปริญญาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.*
- ประสพชัย พสุนนท์. (2558). *ความเที่ยงตรงของแบบสอบถามสำหรับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์.
วารสารสังคมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 18, 375-396.*
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2548). *การนิเทศการสอน. ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.*
- ปาริชาติ บัวเจริญ. (2546). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอน
วิชาสถิติ 1 ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ จังหวัด
เชียงใหม่. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขา
ศึกษาศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ สาขาคหกรรม
ศาสตร์ สาขามนุษยศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- เผชิญ กิจระการ และ สมนึก ภัททิยชนิ. (2545). *ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index : E.I.).
วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 8, 32-36.*
- พงศธร มหาวิจิตร. (2560). *นวัตกรรมการเรียนรู้จากฟินแลนด์. นิตยสาร สสวท, 46(209), 40-45.*
- พงศธร มหาวิจิตร. (2562). *การประยุกต์ใช้แนวความคิดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับการ
เรียนแบบเชิงรุกในรายวิชาการประถมศึกษา เพื่อเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้
ในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 42(2), 73-90.*

- พงษ์เทพ บุญศรีโรจน์. (2545). คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ. *การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*, 30(116), 35-37.
- พจนมาพร คະເລີມຍ໌. (2559). *การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. ระบบคลังข้อมูลทางวิชาการ BRU. <http://dspace.bru.ac.th/xmlui/handle/123456789/1189>
- พลกฤษ ตันติญาณกุล. (2547). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสังคมศึกษาด้วยการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. ศูนย์ข้อมูลการวิจัย Digital “วช.”. <https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/161977>
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. สำนักทดสอบทางการศึกษาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พัทธมน วิริยะธรรม, ภัทรภร ชัยประเสริฐ, และ สพลณภัทร์ ศรีแสนยงค์. (2561). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับเทคนิค KWDL. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 20(2). 140-152.
- พิชญา มณีสร. (2557). *การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณในการเรียนวรรณคดีไทย เรื่องขุนช้างขุนแผน โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบซักค้ำ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสะเมิงพิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์ (e-Theses) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. https://library.cmu.ac.th/digital_collection/etheses/detail.php?id=32390&word=2557&word=2557&check_field=YEAR&select_study=&condition=2&search=9&philosophy=&master=
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2548). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). เฮาส์ ออฟ เคอร์มิสท์.
- พิไลวรรณ พรธนะขาม, กิตติมา พันธุ์พุกษา, และ ภัทรภร ชัยประเสริฐ. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 21(4). 224-238.

- เพ็ญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์. (2537). *การพัฒนารูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับ
นักศึกษาคู. [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุุณบัณฑิต]. ศูนย์ข้อมูลการวิจัย Digital “วช.”.
https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/48343*
- ไพจิตร สดวกการ. (2543). *เรียนผูกเรียนแก้ : ภูมิปัญญาไทยที่สอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์.
สำนักงานปฏิรูปการศึกษา.*
- เพ็ญลัดดา จิตจักร, อธิพัทธ์ สุวทันพรกุล, และ อรอุมา เจริญสุข. (2558). ผลการใช้ชุดกิจกรรม
การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการ
แก้ใไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *การประชุมและนำเสนอ
ผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ, 6, 356-366.*
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). ไทยวัฒนาพานิช.*
- ภัทรวดี มากมี. (2554). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์น
เอเชีย, 1(1), 7-14.*
- ภาวิณี โสชายะเพ็ชร. (2558). ครุศึกษาในประเทศฟินแลนด์. *วารสารครุศาสตร์, 43(4), 177-188.*
- มลิวลัย สมศักดิ์. (2540). *รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนใน
โครงการขยายโอกาสทางการศึกษาพื้นฐาน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุุณบัณฑิต ไม่ได้
ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.*
- รวินันท์ สัจจาศิลป์ และ ชลาธิป สมาหิโต. (2562). ผลการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้
ปรากฏการณ์เป็นฐานผ่านการสร้างสื่อจำลองที่มีต่อความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
สำหรับเด็กปฐมวัย. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 14(2), 111-124.*
- โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย ชลบุรี. (2560). *หลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2560. โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณ-
ราชวิทยาลัย ชลบุรี.*
- วาสนา กิริติจำเริญ และ อิสรา พลนงค์. (2563). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะ
การสื่อสารและการนำเสนอของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้วิธีการสอนแบบสืบ
เสาะหาความรู้ 5E กับวิธีการสอนโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน. *วารสารชุมชนวิจัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 14(1). 29 - 43*
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. เลิฟแอนด์
เฟรนด์.*
- วิจารณ์ พานิช. (2556). *ครูเพื่อศิษย์ สร้างห้องเรียนกลับทาง. เอสอาร์พรีนติ้งแมส โปรดัคส์.*

วิสุทธิ ไบไม้. (2559). การศึกษาและการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในประเทศไทย.

<http://www.sc.mahidol.ac.th/usr/wp-content/uploads/2016/06/Visut.pdf>.

วีระยุทธ ชาติกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี, 2(1), 29-49.

คันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และ อุษา ชูชาติ. (2544). ฝึกสมองให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ. วัฒนาพานิช.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2538). การวัดการเปลี่ยนแปลง. ใน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ร่วมกับคณะกรรมการแห่งชาติเพื่อการวิจัยและพัฒนาพฤติกรรมไทย (บ.ก.), การประชุม
เชิงปฏิบัติการ ครั้งที่ 3 เรื่อง หลักและวิธีวิจัยขั้นสูงเฉพาะการวิจัยและพัฒนาาระบบ
พฤติกรรมไทยด้านต่าง ๆ (น. 144-149). เดอะเบสท์กราฟิกดีไซด์.

ศิริลักษณ์ สัพโส. (2553). การพัฒนาทักษะการอ่านและการเขียนภาษาไทยสำหรับนักเรียนที่มี
ปัญหาการอ่านและการเขียนในช่วงชั้นที่ 1 โรงเรียนศิริราษฎร์วิทยาคาร จังหวัดสกลนคร
โดยใช้กระบวนการวิจัยปฏิบัติการแบบวงจรลำดับเวลา. [วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2561). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ
ขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560. http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2560.pdf

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2562). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ
ขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561. http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2561.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ผลการประเมิน PISA 2015
วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา.
ซัคเซส พับลิเคชัน.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562, 3 ธันวาคม). ผลการประเมิน PISA
2018. <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/>

สมนึก ภัททิยชนี. (2546). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4). ประสานการพิมพ์.

สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก. (2560). ความหมายของวิทยาศาสตร์. <http://www.harvardasia.co.th/wp-content/uploads/2017/02/00001.pdf>.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2559). การวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 8). คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา.

สรินญา มารศรี. (2562). การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในศตวรรษที่ 21. วารสาร มจร
นครน่านปริทัศน์, 3(2), 105-122.

- สาขาชีววิทยา สสวท.. (2550). รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง
 วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. <http://www.ipst.ac.th/biology/Bio-Articles/mag-content10.html>
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21.
 จุดคิดสารพิมพ์.
- สุบิน ไชยยะ, พงษ์ศิริบรรณพิทักษ์, และ ปิยพงษ์ สุเมตติกุล. (2558). ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้
 ตลอดชีวิตของนิสิตนักศึกษามหาวิทยาลัย : กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 21(3), 149-176.
- สุมาลี ชัยเจริญ. (2551). เทคโนโลยีการศึกษา : หลักการ ทฤษฎี ผู้การปฏิบัติ. คณะศึกษาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุรางค์ ใ้วตระกูล. (2553). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 9). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์-
 มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์...การสอน คิดอย่างมีวิจารณญาณ*. ภาพพิมพ์.
- สุวิมล ว่องวาณิช. (2544). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน*. อักษรไทย.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579*. พริกหวาน
 กราฟิก.
- หวานใจ โบบทอง. (2562, 4 กันยายน). ครู ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์-
 ราชวิทยาลัย ชลบุรี. การสื่อสารส่วนบุคคล.
- องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์
 และสังคมศาสตร์*. สามลดา.
- อนูเบศ ทัศนัยม และ สุมาลี ชุกำแพง. (2563). การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน.
วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 7(6), 31-44.
- อยุวัฒน์ วรรณโร, สิงหา ประสิทธิ์พงศ์, และ สมภพ อินทสุวรรณ. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้
 ปัญหาเป็นฐานในรายวิชาชีววิทยาต่อการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 29(3), 31-43.
- อรนุช ลิมตศิริ. (2560). การศึกษานอกห้องเรียนเพื่อเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21.
Veridian E-Journal, Silpakorn University, 10(3), 1643-1658.

- อรพรรณ บุตรกัตัญญ. (2561). การเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเพื่อการสร้างมุมมองแบบองค์รวมและการเข้าถึงโลกแห่งความจริงของนักเรียน. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 46(2), 348-365.
- อรพรรณ ลือบุญรัชชัย. (2538). การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบบการเรียนของนิสิตนักศึกษา กับแบบการสอนของอาจารย์ต่อการพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาพยาบาล. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. ศูนย์ข้อมูลการวิจัย Digital “วช.”. <https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/56672>
- อรพรรณ ลือบุญรัชชัย. (2543). *การเรียนการสอนทางพยาบาลศาสตร์*. ธนาเพลส แอนด์ กราฟฟิค.
- อลิศรา ศรีสร้อย, รังสรรค์ โฉมยา, และ อรัญ ชูยกระเดื่อง. (2560). การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน การเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบปกติ. *วารสารการวัดผล การศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 23(พิเศษ), 302-314.
- อัญมณี พุททมงคล และ มลทิรา จินามูล. (2563, 23 มกราคม). ครู โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณ-ราชมหาวิทยาลัย ชลบุรี. การสัมภาษณ์ส่วนบุคคล.
- อารีย์ วชิรวารการ. (2542). *การวัดและประเมินผลการเรียน*. สถาบันราชภัฏธนบุรี.
- อารุณี ไทยบัณฑิตย์. (2545). *การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การฝึกคิดแบบโยนิโสมนสิการ*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ไม่ได้ตีพิมพ์.
- อุทุมพร จามรมาน. (2537). *การวิจัยของครู*. ฟีนี.
- อุษณีย์ โพธิสุข. (2545). *สร้างสรรค์นักคิด : คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษ ด้านทักษะการคิดระดับสูง*. ศูนย์แห่งชาติเพื่อพัฒนาความสามารถพิเศษ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- อุไรวรรณ ชัยชนะวิโรจน์ และ ชญาภา วันทุม. (2560). การทดสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย. *วารสารการพยาบาลและสุขภาพ*, 11(2), 105-111.
- Adam, C. (2010). *Essential mathematics and statistics for forensic science*. Antony Rowe.
- Alfaro-Lefevre, R. (1995). *Critical Thinking in Nursing: A Practical Approach*. W. B. Saunders Company.
- Bailin, S. (2002). Critical thinking and science education. *Science & Education*, 11(4), 361–375.
- Bigge, M. L. (1964). *Learning theories for teachers*. New York: Harper & Row.

- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objective, the classification of educational goals – Handbook I : Cognitive Domain*. McKey.
- Bloom, B. S. (1965). *Taxonomy of Educational Objective, The classification of educational goals*. David Mckey Company.
- Brennan, R. L. (1972). A Generalized Upper-Lower Item Discrimination Index. *Educational and Psychological Measurement*, 32, 289-303.
- Bruner, J. (1963). *The process of education*. New York: Alfred A. Knopf, Inc. and Random House.
- Cowden, C. D., & Santiago, M. F. (2016). Interdisciplinary Explorations: Promoting Critical Thinking via Problem-Based Learning in an Advanced Biochemistry Class. *Journal of Chemical Education*, 93(3), 464-469.
- Costantino, L., & Barlocco, D. (2019). Teaching an Undergraduate Organic Chemistry with a Tailored Problem-Based Learning Approach. *Journal of Chemical Education*, 96(5), 888-894.
- Deahler, K., & Folsom, J. (2016). *Making Sense of SCIENCE: Phenomena-Based Learning*. <http://www.wested.org/mss>.
- Decaroli, J. (1973). What research say to the classroom teacher: Critical thinking. *Social Education*, 37(1), 67-68.
- Dressel, P. L., & Mayhew, L. B. (1957). *General Education: Explorations in Evaluation* (2nd edition). American Council and Education.
- Dressel, P. L. & Meyhew, L. B. (1974). *Higher Education as a Field of Study*. Jossey-Bass.
- Ennis, R. H. (1985a). *A Concept of Critical Thinking : A Proposed for Research in Teaching and Education*. Rand Manually and Company.
- Ennis, R. H. (1985b). *A logical basic for nursing critical thinking skills*. Educational Leadership.
- Ennis, R. H., & Millman, J. (1985). *Cornell Critical Thinking Tests: Level X and Z*. Midwest.
- Ennis, R. H., & Weir, E. (1985). *The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test*. Critical Thinking Press and Software.
- Francis, C. A., Breland, T. A., Østergaard, E., & Lieblein, G. (2012). Phenomenon-Based Learning in Agroecology: A Prerequisite for Transdisciplinary and Responsible Action.

- Journal of Sustainable Agriculture*, 37(1), 60-75. <https://doi.org/10.1080/10440046.2012.717905>
- Gagne, R. M. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. College Publishing.
- Gronlund, N. E. (1993). *How to Make Achievement Tests and Assessment* (5th edition). Allyn and Bacon.
- Hergenhahn, B. R. & Olsen, M. H. (1993). *An introduction to theories of learning*. (4th edition). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Johnson, A. P. (2008). *A Short Guide to Action Research* (3rd edition). Pearson Education.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner* (3rd Edition). Deakin University.
- Klopfer, L. E. (1971). *Evaluation of Learning in Sciences: An Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. McGraw-Hill Book.
- Kompa, J. S. (2017). *Remembering Prof. Howard Barrows: Notes on problem-based learning and the school of the future*. Retrieved from: <https://joanakompa.com/tag/phenomenon-based-learning/>.
- Lovett, H. L. (1977). Criterion-Referenced Reliability Estimated by ANOVA. *Educational and Psychological Measurement*, 37, 21-29.
- Naik, R. P. (2019). *Phenomenon-based learning in Finland*. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/64611>
- Norris, Stephen P. (1985). Synthesis of Research on Critical Thinking. *Education Leadership*, May 1985, 40-45.
- Perez-Alvarez, L., Ruiz-Rubio, L., & Vilas-Vilela, J. L. (2018). Determining the Deacetylation Degree of Chitosan: Opportunities to Learning Instrumental Techniques. *Journal of Chemical Education*, 95(6), 1022-1028.
- Paul, R. (1990). *Critical Thinking: What Every Person Need to Survive in a Rapidly Changing World*. Center for Critical Thinking and Moral Critique.
- Rogers, C. R. (1969) *Freedom to learn*. Columbus, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company.

- Quattrucci, J. G. (2018). Problem-Based Approach to Teaching Advanced Chemistry Laboratories and Developing Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Chemical Education*, 95, 259-266.
- Silander, P. (2015). *Phenomenon Based Learning*. <http://www.phenomenoeducation.info/phenomenon-based-learning.html>.
- Silander, P., & Mattila, P. (2015). How to Create the School of the Future – Revolutionary Thinking and Design from Finland. <https://www.classter.com/wp-content/uploads/2016/09/How-to-create-the-school-of-the-future.pdf>
- Supasorn, S., Promarak, V., & Kamsai, L. (2014) Enhancement of Learning Achievement of Organic Chemistry Using Inquiry-based Semi-small Scale Experiments (SSSEs). *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 116, 769-774. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.295>
- Symeonidis, V., & Schwarz, J. F. (2016). Phenomenon-Based Teaching and Learning through the Pedagogical Lenses of Phenomenology: The Recent Curriculum Reform in Finland. *Forum OS wiatowe*, 28(2), 31-47.
- Twig Education. (2018). *What is Phenomena-based Learning?*. <http://twigeducation.com/blog/what-is-phenomena-based-learning/>
- Watson, G. & Glaser, E. M. (1964). *Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal Manual*. Harcourt Brace and Word.
- Watson, G. & Glaser, E. M. (2002). *Critical Thinking Appraisal*. Pearson Assessment.
- Weaver, M. G., Samoshin, A. V., Lewis, R. B., & Gainer, M. J. (2016). Developing Students' Critical Thinking, Problem Solving, and Analysis Skills in an Inquiry-Based Synthesis Organic Laboratory Course. *Journal of Chemical Education*, 93, 847-851.
- Valanne, E., Al Dhaheri, R., Kylmalahiti, R., & Sandholm-Rangell, H. (2017). Phenomenon Based Learning Implemented in Abu Dhabi School Model. *International Journal of Humanities and Social Sciences*, 9(3), 1-17.
- Wakil, K., Rahman, R., Hasan, D., Mahmood, P., & Jalal, T. (2019). Phenomenon-Based Learning for Teaching ICT Subject through other Subjects in Primary Schools. *Journal of Computer and Educational Research*, 7(13), 205-212. <https://doi.org/10.18009/jcer.553507>

Yaghmaie, F. (2003). Content Validity and its Estimation. *Journal of Medical Education*, 3(1), 25-27.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

คณะผู้ทรงคุณวุฒิและเอกสารขอความอนุเคราะห์

1. ราชานามคณะผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. สำเนาเอกสารขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย
3. สำเนาเอกสารขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย
4. สำเนาเอกสารขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่ดำเนินการวิจัย

รายนามคณะผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คณะผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ อันประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องมือดังกล่าว มีรายนามดังต่อไปนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชษฐ ศิริสวัสดิ์
 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน
 อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. อาจารย์ ดร. สมศิริ สิงห์หลพ
 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
 อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์ ดร. เสกสรรค์ ทองคำบรรจง
 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล
 อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกพงษ์ สุวัฒน์มาลา
 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
 อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี
 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
5. คุณครูหวานใจ โบบทอง
 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมี
 ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี




บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
 ที่ อว ๘๑๑๘/ว. ๑๒๕๒ วันที่ ๒ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๓
 เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย
 เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์

ด้วยนายพันธร จุ้ยสวัสดิ์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่องจุลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพฉวี เชื้อวัชรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้


 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์)
 รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
 คณบดีคณะศึกษาศาสตร์




บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
 ที่ อว ๘๑๑๘/ว. > ๒๕๖ วันที่ ๒ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๓
 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ดร.สมศิริ สิงห์ลพ

ด้วยนายทัณชธร จุ้ยสวัสดิ์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่องจลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวชิรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้


 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
 รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
 คณบดีคณะศึกษาศาสตร์




บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
 ที่ อว ๘๑๑๘/ว. ๑๒๔๖ วันที่ ๒ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๓
 เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง

ด้วยนายพันธร จัยสวัสดิ์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่องจลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนมณี เชื้อวชิรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้


 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศรีสวัสดิ์)
 รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
 คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร ๒๐๒๙, ๒๐๖๙
 ที่ อว ๘๑๑๘/ว. ๑๒๘๒ วันที่ ๒ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๓
 เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย
 เรียน ดร.เอกพงษ์ สุวัฒน์มาลา

ด้วยนายทัศนธร จุ้ยสวัสดิ์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่องจลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวชิรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศรีสวัสดิ์)
 รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
 คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



ที่ อว ๘๑๑๘/๗๖๖

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒ กรกฎาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน คุณครูหวานใจ โบบทอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนายทัศนธร จุ้ยสวัสดิ์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่องจลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพภณี เชื้อวัชรินทร์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัยในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๙

โทรสาร ๐-๓๘๓๙-๓๔๘๕

ผู้วิจัย ๐๙๗-๑๓๙๔๙๓๙



ที่ อว ๘๑๓๗/๖๕๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.สิงหนาทบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑) ธันวาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย ชลบุรี

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วยนางสาวทัศนพร จัยสวัสดิ์ รหัสนิสิต ๖๑๙๑๐๐๖๓ หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ” โดยมี ดร.นพเมธี เชื้อวัชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตตั้งรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕/๒ จำนวน ๒๔ คน ระหว่างวันที่ ๗ - ๑๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตตั้งรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๖๑-๔๗๑๒๑๗๐

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๒๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th



ที่ อว ๘๑๓๗/๗๕๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
๑๖๙ ถ.สิงหนครบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑ ธันวาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย ชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วยนางสาวทัศนธร จุ้ยสวัสดิ์ รหัสนิสิต ๖๑๙๑๐๐๖๓ หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ” โดยมี ดร.นพณีย์ เชื้อวัชรินทร์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตตั้งรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕/๓ จำนวน ๒๔ คน ระหว่างวันที่ ๑๔ - ๑๘ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตตั้งรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๖๑-๔๗๑๒๑๗๐

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๒๗๐ ๐๐๐ ต่อ ๗๐๗, ๗๐๕
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th



ที่ ๑๖๗/๒๕๖๓

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : G-HU 166/2563

โครงการวิจัยเรื่อง : การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่องจลนศาสตร์เคมีของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายทัตธร จัยสวัสดิ์

หน่วยงานที่สังกัด : นิติระดับบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

- | | |
|---|---|
| ๑. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ | ฉบับที่ ๒ วันที่ ๒๗ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๒. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย | ฉบับที่ ๒ วันที่ ๒๗ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๓. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๒ เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๔. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๒ เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๕. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว หรือชุดที่ใช้เก็บข้อมูลจริงจากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๒ เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๓ |
| ๖. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี) | ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. - |

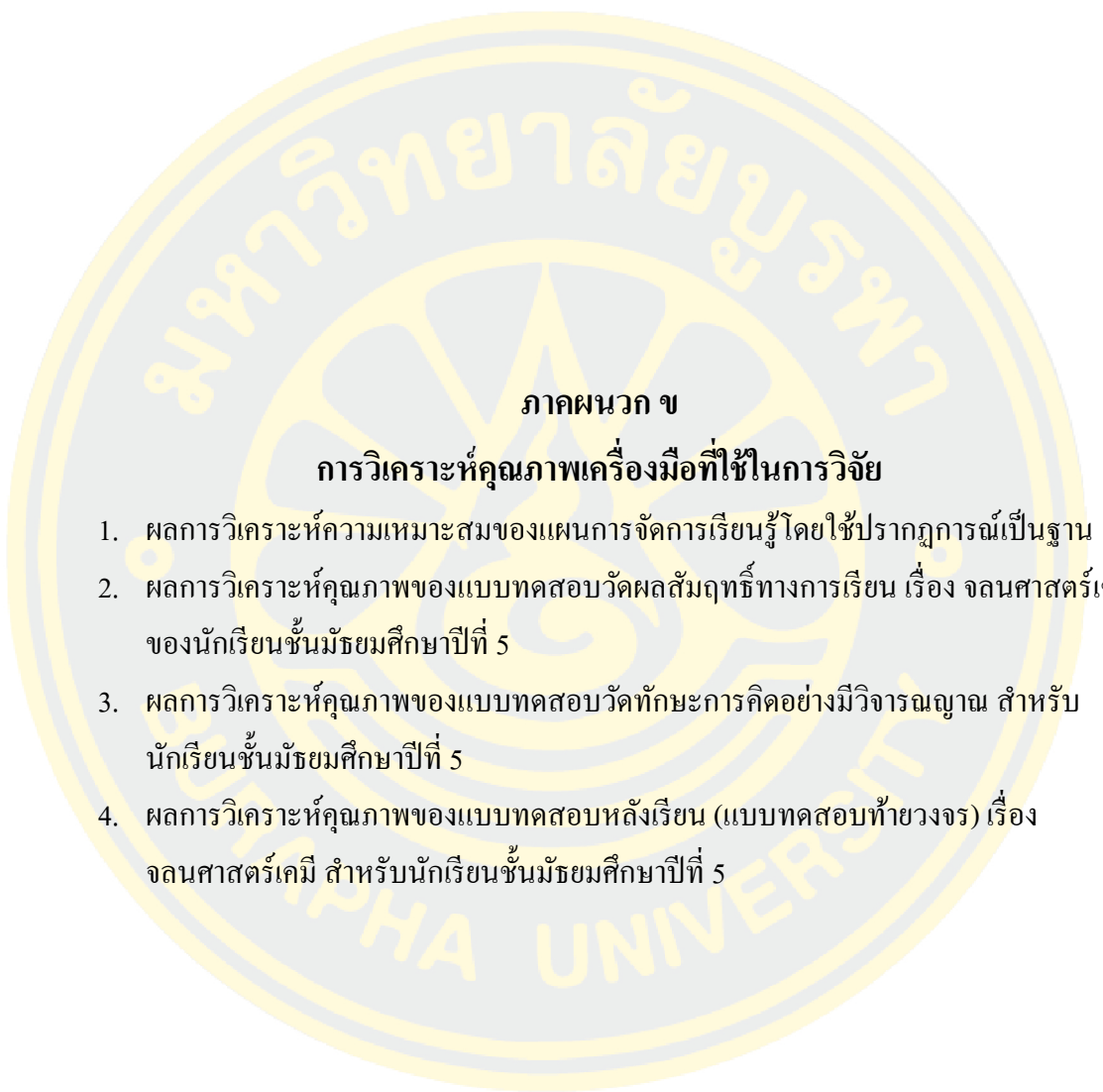
วันที่รับรอง : วันที่ ๑๑ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๓

วันที่หมดอายุ : วันที่ ๑๐ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๔

ลงนาม

(ดร.พิมลพรรณ เลิศล้ำ)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยบูรพา
สำหรับโครงการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา และระดับปริญญาตรี
ชุดที่ ๔ (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน
2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบทำยาวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ประเด็นการประเมิน	ค่าระดับความเหมาะสม					ค่าเฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	จากผู้ทรงคุณวุฒิ							
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1								
เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี								
1. สารสำคัญ	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. สารการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2. ชี้นกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3. ชี้นสรุปผลการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
6. การวัดผลและประเมินผล	5	4	-	-	4	4.33	0.58	มาก
7. สื่อการสอน/แหล่งเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม						4.78	0.24	มากที่สุด

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ค่าระดับความเหมาะสม					ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	จากผู้ทรงคุณวุฒิ							
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2								
เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี								
1. สารสำคัญ	5	4	-	-	4	4.33	0.58	มาก
2. ผลการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. สารการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	-	-	4	4.33	0.58	มาก
5.2. ชี้นกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3. ชี้นสรุปผลการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
6. การวัดผลและประเมินผล	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
7. สื่อการสอน/แหล่งเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม						4.74	0.28	มากที่สุด

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ค่าระดับความเหมาะสม					ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	จากผู้ทรงคุณวุฒิ							
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3								
เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี								
1. สาระสำคัญ	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2. ชี้นกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	-	-	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3. ชี้นสรุปผลการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
6. การวัดผลและประเมินผล	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
7. สื่อการสอน/แหล่งเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม						4.78	0.17	มากที่สุด

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ค่าระดับความเหมาะสม					ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	จากผู้ทรงคุณวุฒิ							
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4								
เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2)								
1. สารสำคัญ	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. สารการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	-	-	4	4.33	0.58	มาก
5.2. ชี้นกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3. ชี้นสรุปผลการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
6. การวัดผลและประเมินผล	5	4	-	-	4	4.33	0.58	มากที่สุด
7. สื่อการสอน/แหล่งเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม						4.74	0.28	มากที่สุด

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ค่าระดับความเหมาะสม					ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
	จากผู้ทรงคุณวุฒิ							
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5								
เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)								
1. สาระสำคัญ	5	4	-	-	4	4.33	0.58	มาก
2. ผลการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1. ชื่อนำเข้าสู่บทเรียน	5	4	-	-	4	4.33	0.58	มาก
5.2. ชนกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3. ชนสรุปผลการเรียนรู้	5	4	-	-	5	4.67	0.58	มากที่สุด
6. การวัดผลและประเมินผล	5	4	-	-	4	4.33	0.58	มากที่สุด
7. สื่อการสอน/แหล่งเรียนรู้	5	5	-	-	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม						4.67	0.33	มากที่สุด

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน
เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ประเด็นการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความเหมาะสม ของแผนการจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับ ความ เหมาะสม
	ค่าเฉลี่ย							
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5			
1. สารสำคัญ	4.67	4.33	4.67	4.67	4.33	4.53	0.18	มาก
2. ผลการเรียนรู้	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
4. สารการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1. ขั้นนำเข้าสู่ บทเรียน	4.67	4.33	4.67	4.33	4.33	4.47	0.18	มาก
5.2. ขั้นกิจกรรม การเรียนรู้	5.00	5.00	4.67	5.00	5.00	4.93	0.15	มากที่สุด
5.3. ขั้นสรุปผล การเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	4.60	0.15	มากที่สุด
6. การวัดผลและ ประเมินผล	4.33	4.67	4.67	4.33	4.33	4.47	0.18	มาก
7. สื่อการสอน/ แหล่งเรียนรู้	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
สรุปผลการประเมิน ความเหมาะสม	4.78	4.74	4.78	4.74	4.67			
	±	±	±	±	±	4.74	0.05	มากที่สุด
	0.24	0.28	0.14	0.28	0.33			

จากตารางที่ 26 แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ฉบับ โดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.74 ± 0.05 และแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.67 – 4.78 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกแผนการจัดการเรียนรู้

เมื่อพิจารณาจำแนกตามประเด็นการประเมิน พบว่าประเด็นการประเมินด้านผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสื่อการสอน/แหล่งเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 ± 0.00 เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่าขั้นกิจกรรมการเรียนรู้เป็นขั้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.93 ± 0.15 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือขั้นสรุปผลการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60 ± 0.15 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และขั้นนำเข้าสู่บทเรียน มีความเหมาะสมน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.47 ± 0.18 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

หมายเหตุ	ผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน ได้ประเมินความเหมาะสมในแต่ละประเด็นการประเมิน โดยกำหนดการประเมินความเหมาะสมเปรียบเทียบกับมาตรฐานในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้		
	5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
	4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
	3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
	2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
	1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด
	-	หมายถึง	ไม่ระบุคะแนน/ไม่ประเมิน/ไม่ลงความเห็น
	การแปลผล กระทำโดยนำค่าเฉลี่ยคะแนนนี้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์โดยอาศัยแนวคิดของพื้นที่ได้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533) ดังนี้		
	4.50 – 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
	3.50 – 4.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
	2.50 – 3.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
	1.50 – 2.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
	1.00 – 1.49	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
 ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 เรื่อง จลนศาสตร์เคมี จำแนกตามหัวข้อการประเมิน

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
หัวข้อการประเมิน : ความสอดคล้อง (Relevance)							
1	4	1	-	4	3	0.75	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
9	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
10	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
11	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
12	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
13	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
14	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
15	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
16	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
17	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
18	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
19	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
20	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
21	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
22	4	1	-	4	3	0.75	ใช้ได้

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
23	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
24	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
25	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
26	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
27	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
28	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
29	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
30	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
31	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
32	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
33	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
34	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
35	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
36	4	4	-	4	3	1.00	ใช้ได้
37	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
38	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
39	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
40	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความสอดคล้อง						0.96	-
หัวข้อการประเมิน : ความชัดเจน (Clarity)							
1	4	1	-	4	3	0.75	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	3	3	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	3	3	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	3	3	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ข้อความที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
9	4	1	-	4	2	0.50	ควรปรับปรุง
10	4	1	-	3	2	0.50	ควรปรับปรุง
11	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
12	4	4	-	4	3	1.00	ใช้ได้
13	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
14	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
15	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
16	4	4	-	4	3	1.00	ใช้ได้
17	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
18	4	4	-	4	3	1.00	ใช้ได้
19	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
20	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
21	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
22	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
23	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
24	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
25	4	4	-	4	3	1.00	ใช้ได้
26	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
27	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
28	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
29	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
30	4	4	-	4	2	0.75	ใช้ได้

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
31	4	4	-	3	3	1.00	ใช้ได้
32	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
33	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
34	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
35	4	4	-	4	2	0.75	ใช้ได้
36	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
37	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
38	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
39	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
40	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความชัดเจน						0.94	-
หัวข้อการประเมิน : ความง่าย (Simplicity)							
1	4	1	-	3	3	0.75	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
9	4	1	-	3	4	0.75	ใช้ได้
10	4	1	-	3	4	0.75	ใช้ได้
11	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
12	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
13	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
14	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
15	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
16	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
17	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
18	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
19	4	4	-	3	1	0.75	ใช้ได้
20	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
21	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
22	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
23	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
24	4	4	-	2	2	0.50	การปรับปรุง
25	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
26	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
27	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
28	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
29	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
30	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
31	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
32	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
33	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
34	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
35	4	4	-	4	2	0.75	ใช้ได้
36	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
37	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
38	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
39	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
40	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความง่าย						0.94	-
หัวข้อการประเมิน : ความกำกวม (Ambiguity)							
1	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
9	4	1	-	4	2	0.50	ควรปรับปรุง
10	4	1	-	3	2	0.50	ควรปรับปรุง
11	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
12	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
13	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
14	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
15	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
16	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
17	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
18	4	4	-	4	3	1.00	ใช้ได้
19	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
20	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
21	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
22	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
23	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
24	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
25	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
26	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
27	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
28	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
29	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
30	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
31	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
32	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
33	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
34	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
35	4	4	-	4	3	1.00	ใช้ได้
36	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
37	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
38	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
39	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
40	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความกำกวม						0.95	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ระบุคะแนน/ไม่ประเมิน/ไม่ลงความเห็น

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

ข้อคำถามที่	ค่าความ-	ค่าอำนาจ	ข้อคำถามที่	ค่าความ-	ค่าอำนาจ
	ยากง่าย	จำแนก		ยากง่าย	จำแนก
	(D)	(B)		(D)	(B)
1	0.92	0.50	21	0.67	0.20
2	0.75	0.90	22	0.79	0.65
3	0.79	0.65	23	0.88	0.15
4	0.75	0.30	24	0.83	0.10
5	0.75	0.60	25	0.79	0.65
6	0.71	0.25	26	0.75	0.60
7	0.63	0.75	27	0.75	0.60
8	0.75	0.00	28	0.88	0.15
9	0.79	0.65	29	0.79	0.95
10	0.75	0.60	30	0.71	-0.05
11	0.54	0.35	31	0.54	-0.25
12	0.63	0.45	32	0.38	0.45
13	0.67	0.20	33	1.00	0.00
14	0.79	0.65	34	0.88	0.15
15	0.79	0.05	35	0.79	0.95
16	0.63	0.45	36	0.67	0.50
17	0.79	0.05	37	0.75	0.90
18	0.75	0.60	38	0.79	0.05
19	0.79	0.05	39	0.83	0.10
20	0.79	0.65	40	0.79	0.65

เมื่อพิจารณาผลการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี กับนักเรียนกลุ่มทดลองใช้ ได้แก่ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ร่วมกับดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.86 เมื่อพิจารณารายข้อแล้ว ผู้วิจัยจึงได้เลือกข้อคำถามจำนวน 20 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 2, 3, 5, 7, 9, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25,

26, 27, 29, 32, 35, 36, 37 และ 40 นำมาพัฒนาปรับปรุงสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณ จำแนกตามหัวข้อการประเมิน

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
หัวข้อการประเมิน : ความสอดคล้อง (Relevance)							
1	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
9	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
10	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
11	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
12	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
13	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
14	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
15	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
16	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
17	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
18	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
19	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
20	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
21	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
22	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
23	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
24	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
25	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
26	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
27	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
28	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
29	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
30	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
31	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
32	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
33	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
34	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
35	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
36	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
37	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
38	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
39	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
40	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความสอดคล้อง						1.00	-

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
หัวข้อการประเมิน : ความชัดเจน (Clarity)							
1	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
2	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
5	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	2	4	4	0.80	ใช้ได้
9	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
10	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
11	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
12	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
13	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
14	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
15	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
16	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
17	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
18	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
19	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
20	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
21	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
22	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
23	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
24	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
25	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
26	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
27	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
28	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
29	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
30	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
31	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
32	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
33	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
34	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
35	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
36	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
37	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
38	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
39	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
40	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความชัดเจน						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความง่าย (Simplicity)							
1	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
2	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
8	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
9	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
10	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
11	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
12	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
13	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
14	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
15	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
16	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
17	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
18	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
19	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
20	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
21	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
22	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
23	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
24	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
25	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
26	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
27	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
28	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
29	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
30	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
31	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
32	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
33	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
34	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
35	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
36	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
37	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
38	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
39	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
40	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความง่าย						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความกำกวม (Ambiguity)							
1	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
2	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	2	4	4	0.80	ใช้ได้
9	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
10	3	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
11	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
12	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
13	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
14	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
15	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
16	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
17	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
18	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
19	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
20	4	4	4	4	4	1.00	ใช้ได้
21	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
22	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
23	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
24	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
25	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
26	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
27	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
28	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
29	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
30	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
31	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
32	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
33	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
34	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
35	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
36	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
37	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
38	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
39	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
40	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความกำกวม						1.00	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ระบุคะแนน/ไม่ประเมิน/ไม่ลงความเห็น

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดทักษะการคิด
อย่างมีวิจารณญาณ

ข้อคำถามที่	ค่าความ-	ค่าอำนาจ	ข้อคำถามที่	ค่าความ-	ค่าอำนาจ
	ยากง่าย	จำแนก		ยากง่าย	จำแนก
	(D)	(B)		(D)	(B)
1	0.71	1.00	21	0.75	0.66
2	0.75	0.45	22	0.67	0.94
3	0.75	0.45	23	0.71	1.00
4	0.71	0.60	24	0.71	0.80
5	0.63	0.08	25	0.83	0.17
6	0.54	0.36	26	0.79	-0.09
7	0.71	0.39	27	0.96	-0.06
8	0.67	0.34	28	0.79	-0.29
9	0.63	0.28	29	0.75	0.66
10	0.67	0.34	30	0.75	0.66
11	0.71	0.80	31	0.92	0.08
12	0.58	0.42	32	0.88	0.03
13	0.54	0.36	33	0.79	-0.29
14	0.50	0.30	34	0.71	-0.41
15	0.83	0.17	35	0.58	0.22
16	0.50	0.10	36	0.67	-0.47
17	0.75	0.86	37	0.71	0.60
18	0.75	0.66	38	0.88	0.43
19	0.67	0.74	39	0.79	0.51
20	0.71	0.80	40	0.71	1.00

เมื่อพิจารณาผลการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์
เคมี กับนักเรียนกลุ่มทดลองใช้ ได้แก่ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ร่วมกับดัชนีความ
เที่ยงตรงของเนื้อหา พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.93 เมื่อพิจารณา
รายชื่อแล้ว ผู้วิจัยจึงได้เลือกบทความจำนวน 5 บทความ รวมจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ

ได้แก่ บทความที่ 1 (ข้อที่ 1 – 4) บทความที่ 5 (ข้อที่ 17 – 20) บทความที่ 6 (ข้อที่ 21 – 24) บทความที่ 8 (ข้อที่ 29 – 32) และบทความที่ 10 (ข้อที่ 37 – 40) นำมาพัฒนาปรับปรุงสำหรับแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี จำแนกตามหัวข้อการประเมิน

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี							
หัวข้อการประเมิน : ความสอดคล้อง (Relevance)							
1	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความสอดคล้อง						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความชัดเจน (Clarity)							
1	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	3	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	2	0.75	ใช้ได้

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความชัดเจน						0.97	-
หัวข้อการประเมิน : ความง่าย (Simplicity)							
1	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	3	3	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความง่าย						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความกำกวม (Ambiguity)							
1	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	3	2	0.75	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความกำกวม						0.91	-
ฉบับที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี							
หัวข้อการประเมิน : ความสอดคล้อง (Relevance)							
1	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความสอดคล้อง						0.97	-
หัวข้อการประเมิน : ความชัดเจน (Clarity)							
1	4	3	-	4	3	1.00	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความชัดเจน						0.97	-
หัวข้อการประเมิน : ความง่าย (Simplicity)							
1	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความง่าย						0.97	-

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
หัวข้อการประเมิน : ความกำกวม (Ambiguity)							
1	4	3	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความกำกวม						0.97	-
ฉบับที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี							
หัวข้อการประเมิน : ความสอดคล้อง (Relevance)							
1	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความสอดคล้อง						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความชัดเจน (Clarity)							
1	4	4	-	4	2	0.75	ใช้ได้
2	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความชัดเจน						0.97	-
หัวข้อการประเมิน : ความง่าย (Simplicity)							
1	4	4	-	3	3	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความง่าย						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความกำกวม (Ambiguity)							
1	4	4	-	3	3	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความกำกวม						1.00	-

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
ฉบับที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2)							
หัวข้อการประเมิน : ความสอดคล้อง (Relevance)							
1	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	-	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความสอดคล้อง						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความชัดเจน (Clarity)							
1	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	-	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความชัดเจน						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความง่าย (Simplicity)							
1	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
6	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	-	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความง่าย						1.00	-
หัวข้อการประเมิน : ความกำกวม (Ambiguity)							
1	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
2	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
3	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	-	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความกำกวม						1.00	-
ฉบับที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)							
หัวข้อการประเมิน : ความสอดคล้อง (Relevance)							
1	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความสอดคล้อง						0.94	-

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
หัวข้อการประเมิน : ความชัดเจน (Clarity)							
1	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความชัดเจน						0.94	-
หัวข้อการประเมิน : ความง่าย (Simplicity)							
1	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความง่าย						0.94	-
หัวข้อการประเมิน : ความกำกวม (Ambiguity)							
1	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
2	4	1	-	4	4	0.75	ใช้ได้
3	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
4	4	4	-	3	4	1.00	ใช้ได้
5	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
6	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ระดับคะแนนความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ					CVI	แปลผล
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
7	4	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
8	-	4	-	4	4	1.00	ใช้ได้
Scale Content Validity Index (S-CVI) ด้านความกำกวม						0.94	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ระบุคะแนน/ไม่ประเมิน/ไม่ลงความเห็น

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบหลังเรียน
(แบบทดสอบทำขวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

ข้อคำถามที่	ค่าความ-	ค่าอำนาจ	ข้อคำถามที่	ค่าความ-	ค่าอำนาจ
	ยากง่าย	จำแนก		ยากง่าย	จำแนก
	(D)	(B)		(D)	(B)
ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมาย			4	0.54	0.50
ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี			5	0.54	0.51
1	0.63	0.47	6	0.67	0.45
2	0.63	0.47	7	0.67	0.45
3	0.46	0.43	8	0.50	0.42
4	0.63	0.47	ฉบับที่ 3 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อ		
5	0.42	0.48	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี		
6	0.46	0.43	1	0.50	0.83
7	0.38	0.28	2	0.58	0.67
8	0.38	0.79	3	0.63	0.42
ฉบับที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับ			4	0.71	0.25
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี			5	0.79	0.08
1	0.67	0.11	6	0.50	0.50
2	0.50	0.59	7	0.67	0.33
3	0.54	0.11	8	0.46	0.58

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ข้อคำถามที่	ค่าความ-	ค่าอำนาจ	ข้อคำถามที่	ค่าความ-	ค่าอำนาจ
	ยากง่าย	จำแนก		ยากง่าย	จำแนก
	(D)	(B)		(D)	(B)
ฉบับที่ 4 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อ			ฉบับที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อ		
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2)			อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)		
1	0.67	0.73	1	0.79	0.75
2	0.83	0.36	2	0.83	0.29
3	0.67	0.73	3	0.75	0.44
4	0.92	0.18	4	0.83	0.04
5	0.88	0.10	5	0.71	0.39
6	0.75	0.55	6	0.79	0.49
7	0.58	0.91	7	0.83	0.55
8	0.75	0.55	8	0.42	0.53

เมื่อพิจารณาผลการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี กับนักเรียนกลุ่มทดลองใช้ ได้แก่ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ร่วมกับดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา ได้ข้อสรุปดังนี้

- 1) แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 1 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.89 ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อคำถามที่ 1, 2, 5 และ 8 ไปใช้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย
- 2) แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.88 ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อคำถามที่ 2, 3, 7 และ 8 ไปใช้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย
- 3) แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 3 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.90 ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อคำถามที่ 1, 2, 6 และ 8 ไปใช้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย
- 4) แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 4 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.85 ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อคำถามที่ 1, 3, 6 และ 7 ไปใช้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย
- 5) แบบทดสอบหลังเรียน ฉบับที่ 5 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์อยู่ที่ 0.80 ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อคำถามที่ 1, 3, 6 และ 8 ไปใช้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย

มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี - แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
3. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
4. ตัวอย่างแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบทำขวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี - ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
5. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์	สาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
รายวิชา จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี	เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)
รหัสวิชา ว 30222	โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย ชลบุรี
ผู้สอน นายพันทธร จุ้ยสวัสดิ์	เวลา 3 คาบ (150 นาที)

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระเคมี สาระที่ 2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระเคมี สาระที่ 3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาตรของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้ และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้

- เขียนกฎอัตรา คำนวณค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาจากกฎอัตรา วิเคราะห์อันดับปฏิกิริยาโดยใช้กฎอัตราอินทิเกรตได้
- ยกตัวอย่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแสดงตัวอย่างการนำความรู้เรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์ได้

สาระสำคัญ

ปฏิกิริยาเคมีในที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการและในชีวิตประจำวันล้วนเกิดขึ้นได้ซ้ำเร็วแตกต่างกันอันเนื่องมาจากปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นอกเหนือจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นและความดันย่อยของสารตั้งต้นในสถานะแก๊สแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีร่วมด้วย เช่น ธรรมชาติของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น และอุณหภูมิของระบบปฏิกิริยา ทั้งนี้ อธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีการชนและทฤษฎีสถานะทรานซิชัน

สาระการเรียนรู้

- ธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สารแต่ละชนิดมีสมบัติและความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกัน เช่น โลหะโซเดียมทำปฏิกิริยากับน้ำเย็นได้เร็วมากและเกิดปฏิกิริยารุนแรง ในขณะที่โลหะแมกนีเซียมทำปฏิกิริยากับน้ำเย็นได้ช้าแต่เกิดปฏิกิริยาได้เร็วในน้ำร้อน เพราะโลหะโซเดียมมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าโลหะแมกนีเซียม

- พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นในสถานะของแข็งที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ในปฏิกิริยาเนื้อผสมที่ของแข็งทำปฏิกิริยากับแก๊สหรือทำปฏิกิริยากับสารละลาย อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่เป็นของแข็ง เพราะปฏิกิริยาชนิดนี้เกิดขึ้นเฉพาะผิวหน้าของแข็ง ซึ่งอาจจะเรียนว่าปฏิกิริยาที่ผิว ตัวอย่างเช่น เมื่อลวดแมกนีเซียมซึ่งเป็นของแข็งทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เกิดสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์และแก๊สไฮโดรเจน ดังสมการ $\text{Mg (s)} + 2 \text{HCl (aq)} \longrightarrow \text{MgCl}_2 \text{ (aq)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$ อัตราการเกิดปฏิกิริยานี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแล้ว ยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของโลหะแมกนีเซียมด้วย และพื้นที่ผิวของโลหะแมกนีเซียมมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยามากกว่าความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

- ความดันของระบบที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมีที่มีสารตั้งต้นอย่างน้อยหนึ่งชนิดอยู่ในสถานะแก๊ส การเปลี่ยนแปลงความดันของแก๊ส โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา กล่าวคือ เมื่อลดปริมาตรของแก๊สลง ความดันย่อยของแก๊สจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้อนุภาคของสารตั้งต้นที่เป็นแก๊ส (โมเลกุลของแก๊ส) อยู่ชิดกันมากขึ้น ความถี่ในการชนกันของอนุภาคสารตั้งต้นจึงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้น

- อุณหภูมิของระบบที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นประมาณ 2 – 3 เท่า ในขณะที่ความถี่ในการชนกันเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 1 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่อัตรา (k) กับอุณหภูมิ (T) ซึ่งเรียกว่าสมการอาร์เรเนียส

- ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมีบางชนิดสามารถทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นได้โดยเติมสารบางชนิดลงไป สารชนิดนั้นเรียกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยามีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยา (เปลี่ยนแปลงกลไกการเกิดปฏิกิริยา) เมื่อสิ้นสุดการ

เกิดปฏิกิริยาแล้ว ตัวเร่งปฏิกิริยาจะได้กลับคืนในปริมาณเท่าเดิม ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยาทำหน้าที่ตรงข้ามกับตัวเร่งปฏิกิริยา กล่าวคือ เมื่อเติมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้ว อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยามีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยา ขัดขวางการชนกันอย่างเหมาะสมของอนุภาคสารตั้งต้น หรือขัดขวางการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (Cognitive domain : K)
 - นำความรู้ที่ได้จากปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปใช้ประโยชน์ได้
2. ด้านทักษะกระบวนการ (Psychomotor domain : P)
 - ทดลองและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
3. ด้านคุณลักษณะ (Affective domain : A)
 - ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง
 - เห็นคุณค่าของการเรียนรู้จากการปฏิบัติทดลองจริง

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ไขปัญหา
4. ความสามารถในการทำงานเป็นทีม
5. ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ภาระงานก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้

1. กลุ่มใหญ่ที่ 1 (กลุ่มที่ 1, 3, 5)

นักเรียนจำเป็นต้องระบุปัญหาและสมมติฐาน พร้อมทั้งวางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่ใช้ในบทปฏิบัติการที่ 5 โดยปัญหาที่ใช้ในการศึกษาจะต้องเกี่ยวข้องกับพื้นที่หน้าตัดของขนมปัง
2. กลุ่มใหญ่ที่ 2 (กลุ่มที่ 2, 4, 6)

นักเรียนจำเป็นต้องระบุปัญหาและสมมติฐาน พร้อมทั้งวางแผนและออกแบบวิธีดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่ใช้ในบทปฏิบัติการที่ 5 โดยปัญหาที่ใช้ในการศึกษาจะต้องเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยขนมปัง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นกิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการเรียนรู้
<p>ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน</p>	<p>○ ครูทบทวนเรื่องความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งนักเรียนได้ศึกษาจากบทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ความเข้มข้นของสารของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของการทดสอบอะซิโตน และบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการทดสอบวิตามินซี มาแล้ว พร้อมทั้งถามนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่านอกจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p>แนวคำตอบ</p> <p>ธรรมชาติของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นในปฏิกิริยาเนื้อผสม ความดันย่อยของสารตั้งต้นในสถานะแก๊ส อุณหภูมิของปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวหน่วงปฏิกิริยา</p>	3	○ กระดานขาวหรือเครื่องฉายภาพ
	<p>○ นักเรียนรับชมวิดีโอ เรื่อง ธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Reaction rate – Nature of reactants) จากนั้น ครูถามคำถามนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาในวิดีโอ เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจตรงกันว่าความแตกต่างกันของสารตั้งต้น (ธรรมชาติของสารตั้งต้น) ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแตกต่างกันไปด้วย</p>	7	○ วิดีทัศน์ เรื่อง ธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชั้นกิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการเรียนรู้
	<p>○ ครูอธิบายนักเรียนว่าอุณหภูมิของระบบปฏิกิริยากับอัตราการเกิดปฏิกิริยามีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิของระบบปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ($T \propto r$) หากพิจารณาจากกฎอัตรา $r = k[A]^m[B]^n$ แล้ว จะพบว่า อุณหภูมิของระบบปฏิกิริยามีสัมพันธ์กับค่าคงที่อัตรา (k) นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน สวันเต เอกุสต์ อาร์เรเนียส ได้เสนอสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งเรียกว่า สมการอาร์เรเนียส ดังสมการต่อไปนี้</p> $k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$ <p>เมื่อ A คือ แฟกเตอร์ความถี่ (ขึ้นกับแต่ละปฏิกิริยา)</p> <p>E_a คือ พลังงานก่อกัมมันต์ (J/mol)</p> <p>R คือ ค่าคงตัวของแก๊ส (8.314 J/mol·K)</p> <p>T คือ อุณหภูมิของระบบปฏิกิริยา (K)</p>	5	○ กระดาน ขาวหรือเครื่อง ฉายภาพ
	<p>○ ครูและนักเรียนร่วมกันทำโจทย์เกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในแบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) ข้อที่ 1.</p>	5	○ กระดาน ขาวหรือเครื่อง ฉายภาพ ○ แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)
	<p>○ ครูถามนักเรียนว่านักเรียนคิดว่าปัจจัยอื่น ๆ ที่นักเรียนคิดว่าน่าจะส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อกระตุ้นและสร้างความสนใจของนักเรียน</p>	5	

ชั้นกิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการเรียนรู้
ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้			
(1) การเลือก ปรากฏการณ์ ที่ใช้ใน การศึกษา	○ นักเรียนศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในบท ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง	3	○ บท ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัด และตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาการ ย่อยขนมปัง
(2) การ กำหนด ปัญหาและ สมมติฐาน	○ ครูถามนักเรียนว่าหลังจากที่นักเรียนได้ศึกษา บทนำของบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการ ย่อยขนมปัง แล้ว นักเรียนคิดว่าบทนำนี้นำเสนอ ปัญหาใด และถ้านักเรียนจะศึกษาปัญหาดังกล่าว นักเรียนมีสมมติฐานการทดลองว่าอย่างไร แนวคำตอบ ปัญหา พื้นที่หน้าตัดของขนมปังและเอนไซม์ อะไมเลสมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา การย่อยขนมปังหรือไม่ สมมติฐาน พื้นที่หน้าตัดของขนมปังมีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง, และ เอนไซม์อะไมเลสมีผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง	2	○ บท ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัด และตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาการ ย่อยขนมปัง ○ กระดาน ขาวและเครื่องฉาย ภาพ

ขั้นกิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการเรียนรู้
(3) การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการ ทดลอง	<p>○ ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการทดลองอย่างน้อยกลุ่มละ 2 วิธี โดยครูกำหนดอุปกรณ์และสารเคมีอย่างจำกัด ดังระบุในบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการทดลองที่นักเรียนในกลุ่มเห็นตรงกันว่าดีที่สุดเพียง 1 วิธี กำหนดเวลากลุ่มละ 1 นาที ในการนำเสนอ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาวิธีการทดลองที่สามารถดำเนินการได้ง่ายและสามารถเก็บผลการทดลองได้ดีที่สุดและครอบคลุมที่สุดเพียงวิธีเดียวเท่านั้น เพื่อใช้กับกลุ่มทดลองทุกกลุ่ม</p> <p>หมายเหตุ : เนื่องจากบทปฏิบัติการนี้สามารถระบุปัญหาที่สามารถศึกษาได้ 2 ประเด็น จึงสามารถแบ่งให้นักเรียนกลุ่มใหญ่ที่ 1 (กลุ่มที่ 1, 3, 5) ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาที่ 1 (พื้นที่หน้าตัดของขนมปังมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง) และกลุ่มใหญ่ที่ 2 (กลุ่มที่ 2, 4, 6) ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาที่ 2 (เอนไซม์อะไมเลสมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง) เพื่อกระชับเวลาในกิจกรรมการเรียนรู้</p>	20	กระดานขาวหรือเครื่องฉายภาพ
(4) การดำเนินการทดลอง	<p>○ นักเรียนดำเนินการทดลองตามวิธีที่ระบุไว้ โดยนักเรียนทุกคนต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันสารเคมี อาทิ แวนตาป้องกันสารเคมี เสื้อคลุม ปฏิบัติการ ถุงมือยาง หน้ากากอนามัย และรองเท้าหุ้มส้น ในขณะที่นักเรียนดำเนินการทดลอง ครูสังเกตวิธีการทดลองของนักเรียน พร้อมทั้งให้</p>	50	<p>○ บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการ</p>

ชั้นกิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการเรียนรู้
	คำแนะนำเทคนิควิธีการทดลองที่เหมาะสม		เกิดปฏิบัติการ ย่อยขนมปัง ○ อุปกรณ์ และสารเคมีดัง ระบุไว้ในบท ปฏิบัติการที่ 5
(5) การ นำเสนอผล การทดลอง	○ นักเรียนนำเสนอสรุปผลการทดลอง โดยแต่ละกลุ่มมีเวลาในการนำเสนอ กลุ่มละ 3 นาที (ครูอาจ สุ่มนักเรียนบางกลุ่มเพื่อนำเสนอผลการทดลอง เพื่อให้เวลาในการนำเสนอต่อกลุ่มมีมากขึ้น)	20	○ บท ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัด และตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิบัติการ ย่อยขนมปัง ○ สื่อ นำเสนอของ นักเรียน


ขั้นกิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการเรียนรู้
ขั้นสรุปผล การเรียนรู้	<p>○ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง ของนักเรียนเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปต่าง ๆ ดังต่อไปนี้</p> <p>- เมื่อพื้นที่หน้าตัดของขนมปังเพิ่มมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยแป้งในขนมปังเพิ่ม มากขึ้นด้วย เมื่อพื้นที่ผิวสัมผัสของสารตั้งต้น (ขนม ปัง) เพิ่มมากขึ้น ความถี่ในการชนกันของสารตั้งต้น เพื่อเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) จึงมาก ขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย</p> <p>- เมื่อเติมเอนไซม์อะไมเลสในปฏิกิริยา การย่อยขนมปัง อัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยแป้ง ในขนมปังเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากตัวเร่ง ปฏิกิริยาร่วมเกิดปฏิกิริยากับสารตั้งต้น ทำให้เกิด กลไกปฏิกิริยาที่แตกต่างไปจากกลไกปฏิกิริยาเดิม และมีพลังงานก่อกัมมันต์น้อยกว่ากลไกปฏิกิริยาเดิม ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนอนุภาคสารตั้งต้นที่สามารถ เกิดปฏิกิริยาได้</p>	15	<p>○ บท ปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัด และตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาการ ย่อยขนมปัง</p> <p>○ เอกสาร ประกอบการสอน รายวิชา จลนศาสตร์เคมี และสมดุลเคมี</p>
	<p>○ ครูแจ้งให้นักเรียนทราบว่ายังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น ตัวทำละลาย ตัวเร่งปฏิกิริยา และมอบหมายให้นักเรียนทำ รายงานเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาและตัวอย่าง การประยุกต์ใช้ประโยชน์ของปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาในชีวิตประจำวัน กำหนดส่งก่อน เริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนถัดไป</p>	5	<p>○ กระดาน ขาวหรือเครื่อง ฉายภาพ</p>
	<p>○ นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)</p>	10	<p>○ แบบ ทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้าย วงจร) เรื่อง ปัจจัย</p>

ชั้นกิจกรรม	กิจกรรมการเรียนรู้	เวลา (นาที)	สื่อการเรียนรู้
			ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)
	<p>○ นักเรียนนำเสนอบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง เพื่อให้ครูตรวจประเมิน</p> <p>○ ครูมอบหมายให้นักเรียนตอบคำถามในแบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3) เป็นการบ้าน แล้วรวบรวมนำเสนอเพื่อตรวจประเมินก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนถัดไป</p>	นอก ชั้น เรียน	<p>○ บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง</p> <p>○ แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)</p>

สื่อการเรียนรู้

- เอกสารประกอบการเรียน รายวิชา จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี
- บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง
- แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)
- แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3)
- วีดิทัศน์ เรื่อง ธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Reaction rate – Nature of reactants)

QR Code สำหรับสื่อการเรียนรู้ออนไลน์

ที่	สื่อการเรียนรู้ออนไลน์	QR Code
1	วิดีโอ เรื่อง ธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Reaction rate – Nature of reactants)	

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องเรียนวิทยาศาสตร์
2. ห้องสมุด
3. อินเทอร์เน็ต

การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การผ่าน
ด้านความรู้	ประเมินจากการสรุป การอภิปราย และการตอบ คำถามในบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง	บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง พื้นที่หน้าตัด และตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาการ ย่อยขนมปัง	นักเรียนสามารถตอบ คำถามท้ายบทปฏิบัติการ ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้น ไป
	ประเมินจากการตอบ แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี (3)	แบบทดสอบหลัง เรียน (แบบทดสอบ ท้ายวงจร เรื่อง ปัจจัย ที่มีผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี (3))	นักเรียนสามารถตอบ แบบทดสอบหลังเรียนได้ ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านทักษะ กระบวนการ	ประเมินจากการตอบ แบบฝึกหัดที่ 5 เรื่อง ปัจจัยที่ มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี (3)	แบบฝึกหัดที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี (3)	นักเรียนสามารถตอบ คำถามในแบบฝึกหัดได้ ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การผ่าน
	ประเมินจากทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนได้คะแนนอยู่ในระดับดี
ด้าน คุณลักษณะ	ประเมินจากการมีส่วนร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน และพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	นักเรียนได้คะแนนอยู่ในระดับดี

บันทึกหลังการจัดกิจกรรม

นักเรียนในแต่ละกลุ่มสนใจดำเนินกิจกรรมการทดลอง เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสรุปปัญหาและสมมติฐานการทดลองแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาและสมมติฐานด้วยวิธีและรูปแบบที่แตกต่างกัน จากนั้นนักเรียนนำเสนอการทดลองที่นักเรียนออกแบบไว้หน้าชั้นเรียนเพื่ออภิปรายและเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดในทดสอบสมมติฐาน เมื่อนักเรียนดำเนินการทดลองแล้ว นักเรียนสามารถนำผลที่ได้จากการทดลองนี้ไปสรุปผลได้ว่าพื้นที่หน้าตัดของขนมปังและเอนไซม์อะไมเลสมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปังนี้ และนักเรียนสามารถนำทฤษฎีการชนมาใช้ในการอภิปรายผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ลงชื่อ



(นายทัศนชากร จุ้ยสวัสดิ์)

ครูผู้สอน

บทปฏิบัติการที่ 5

เรื่อง พื้นที่หน้าตัดและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยขนมปัง

บทที่ 1 จลนศาสตร์เคมี รายวิชา ว 30222 จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี

บทนำ

จากที่นักเรียนได้ศึกษาจากบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียน จะพบว่า อุณหภูมิของระบบปฏิกิริยามีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา บทปฏิบัติการที่ 3 ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของการทดสอบอะซิโตน และบทปฏิบัติการที่ 4 ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการทดสอบวิตามินซี นักเรียนจะพบว่า ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นอกเหนือจากนี้ ยังคงมีปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ดังปรากฏการณ์ที่นักเรียนจะได้ศึกษาต่อไปนี้

พิจารณาปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันต่อไปนี้

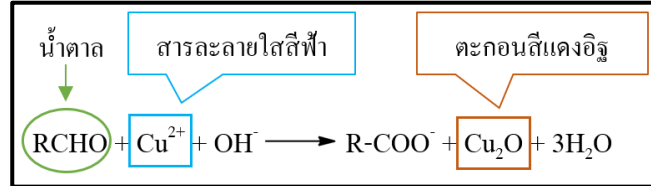
ร่างกายมีความต้องการสารชีวเคมีในแต่ละประเภทในสัดส่วนที่แตกต่างกัน อย่างเช่นว่า ร่างกายมีความต้องการสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตในปริมาณมาก เพื่อนำมาสันดาปเป็นพลังงานและความร้อน แต่ทว่า ร่างกายต้องการเกลือแร่ในปริมาณน้อยกว่ามาก เนื่องจากร่างกายนำเกลือแร่ไปใช้ในกระบวนการเคมีภายในร่างกายอื่น ๆ ที่ไม่ใช้การให้พลังงาน



แป้ง ข้าว ขนมปัง เป็นอาหารที่อุดมไปด้วยสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานต่อร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้เป็นปกติ และยังให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ซึ่งเมื่อได้รับประทานเข้าไปแล้ว อาหารเหล่านี้จะถูกย่อยด้วยการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี โดยการย่อยเชิงกลนั้นจะเป็นการลดขนาดของอาหารให้มีขนาดเล็กกลง โดยการเคี้ยว การบด การตัด หรือการฉีก และการย่อยเชิงเคมีซึ่งอาศัยเอนไซม์หลัก คือ อะไมเลส (amylase) ซึ่งจะทำลายพันธะไกลโคซิดิก (α -glycosidic linkage) ระหว่างโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส



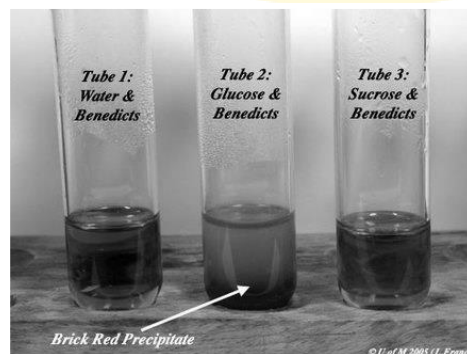
ทั้งนี้ น้ำตาล โมเลกุลเดี่ยว เช่น น้ำตาลกลูโคส สามารถทดสอบด้วยปฏิกิริยาเคมีโดยใช้สารละลายเบนเนดิกต์ ซึ่งมี Cu^{2+} เป็นองค์ประกอบ ดังสมการต่อไปนี้



นักเรียนคิดว่า จากปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาคืออะไร ?

จากปัญหาที่นักเรียนกำหนดไว้ นักเรียนมีสมมติฐานในการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาดังกล่าวอย่างไร ?

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คืออะไร ?



ตัวอย่างผลการทดสอบด้วยสารละลายเบนเนดิกต์

อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารละลายเบนดิกต์ (ใช้สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ในสารละลายเบส แทนได้)
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร
3. สารละลายเอนไซม์อะไมเลส 0.5%_{w/v}
4. เครื่องชั่งดิจิทัล ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
7. หลอดทดลอง
8. ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมจุกกันลม
9. หลอดหยอด
10. ช้อนตักสาร
11. กรรไกร



ตัวแปรในการทดลอง มีอะไรบ้าง ?

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

จากอุปกรณ์และสารเคมีที่กำหนดให้
ขอให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลอง
เพื่อศึกษาปัญหาที่นักเรียนกำหนดไว้

วิธีดำเนินการทดลอง

Blank lined area for experimental procedure notes, featuring a large, faint watermark of the Burapha University logo in the center.

แผนผังแสดงวิธีดำเนินการทดลอง



การเขียนแผนผังการทดลองก่อนดำเนินการทดลอง
จะทำให้นักเรียนเข้าใจวิธีการทดลองมากยิ่งขึ้น





ก่อนที่นักเรียนจะดำเนินการทดลอง
นักเรียนควรออกแบบตารางแสดงการทดลอง
ให้เรียบร้อย แล้วจึงบันทึกผลที่ได้ลงในตาราง

ผลการทดลอง



ผลการทดลอง



ผลการทดลอง





เมื่อนักเรียนได้ผลการทดลองแล้ว
ให้นักเรียนเตรียมนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
หน้าชั้นเรียน เพื่อสรุปผลการทดลองร่วมกันใน

สรุปผลการทดลอง

Lined writing area for student responses, overlaid with a large, faint watermark of the Bhubraha University logo.

จากปฏิบัติการทดลองในครั้งนี้นักเรียนพบปัญหาในปฏิบัติการหรือไม่ หากพบนักเรียน
ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างไร และนักเรียนคิดว่าการแก้ไขปัญหานักเรียน
เหมาะสมแล้วหรือไม่ หากไม่ นักเรียนมีวิธีการอย่างไรเพื่อแก้ไขปัญหานี้อย่างเหมาะสม



จากปฏิบัติการทดลองในครั้งนี้นักเรียนคิดว่ามีประเด็นอื่น ๆ ที่นักเรียนอยากศึกษา
จากปรากฏการณ์ดังกล่าวหรือไม่ หากมี จงระบุประเด็นนั้น ๆ พร้อมวิธีที่นักเรียนคิดว่า
น่าจะเหมาะสมต่อการศึกษาปัญหานั้น ๆ

2. หากอุณหภูมิของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส เป็น 37 องศาเซลเซียส แล้วทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเพิ่มขึ้นสิบเท่า จงคำนวณหาค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา



4. จงอธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงต่อไปนี้ทำให้ค่าคงที่อัตรา (k) อัตราการเกิดปฏิกิริยา (r) พลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) และการเปลี่ยนแปลงความร้อนของปฏิกิริยา (ΔH) มีค่าเพิ่มขึ้น (+) ลดลง (-) หรือเท่าเดิม (0) พร้อมทั้งอธิบายพอสังเขป

	การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ลดลง หรือเท่าเดิม			
	k	r	E_a	ΔH
ลดความดันย่อยของสารตั้งต้นในสถานะแก๊ส				
เหตุผล				
เพิ่มอุณหภูมิของระบบปฏิกิริยา				
เหตุผล				

	การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ลดลง หรือเท่าเดิม			
	k	r	E_a	ΔH
เติมตัวหน่วยปฏิกิริยา				
เหตุผล				

5. ปฏิกิริยาการสลายตัวของโอโซนในชั้นบรรยากาศเป็นไปดังกลไกการเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้

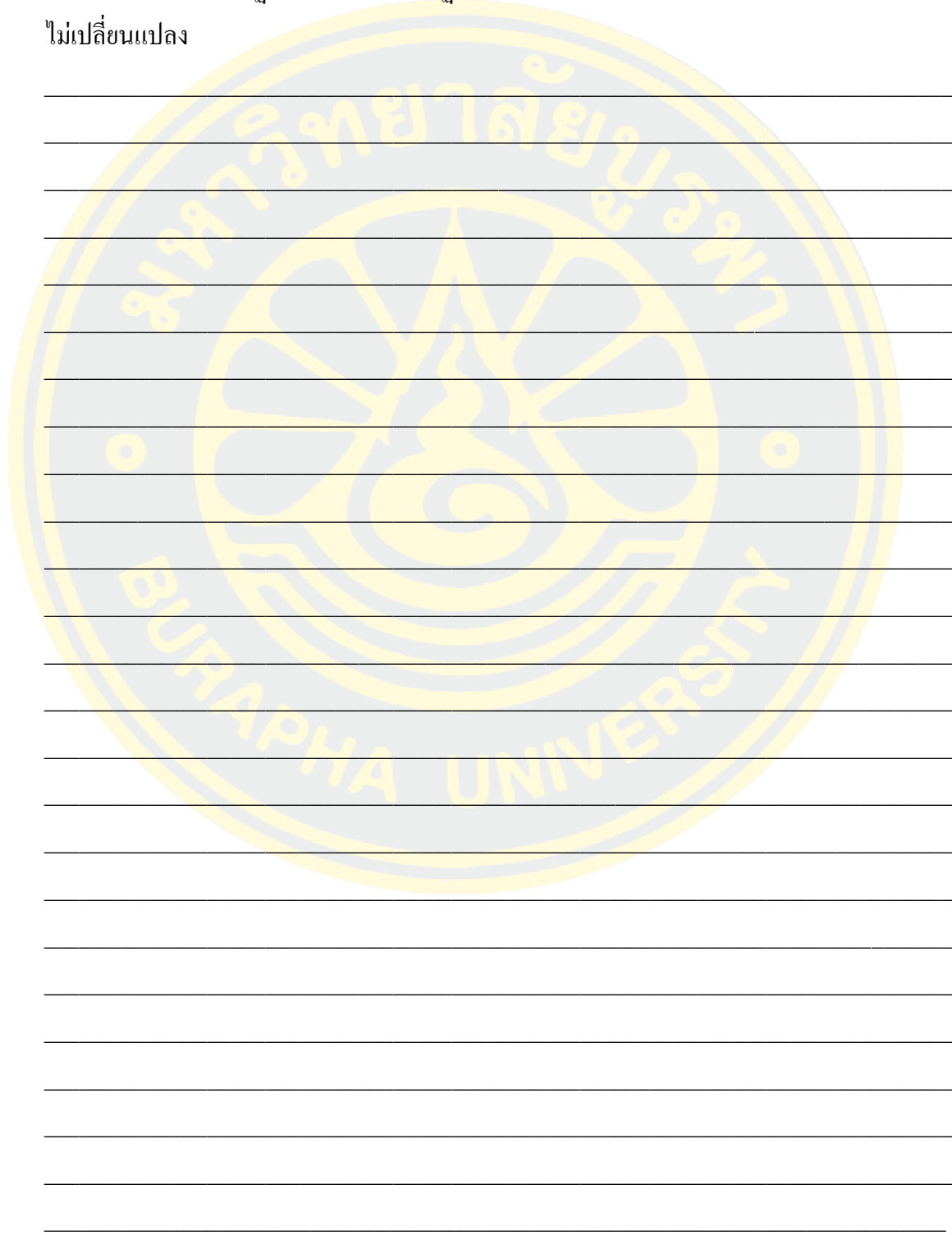


1) จงเขียนสมการปฏิกิริยาสุทธิของกลไกนี้

2) ปฏิกิริยานี้มีสารใดเป็นสารมัธยันตร์

3) ปฏิกิริยานี้มีสารใดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

4) ปฏิบัติการสลายตัวของแก๊สไอโซนในชั้นบรรยากาศมีพลังงานกระตุ้นมีค่า 11.9 กิโลจูล แต่หากขาดตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้พลังงานกระตุ้นเพิ่มสูงขึ้นเป็น 14.0 กิโลจูล ในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จงหาอัตราส่วนระหว่างค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา และค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาที่ขาดตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสมมติให้ค่าแฟกเตอร์ความถี่การชน ไม่เปลี่ยนแปลง



**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สำหรับกลุ่มเป้าหมาย)**

คำชี้แจง

กรุณาศึกษาคำชี้แจงอย่างละเอียดก่อนตอบแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 10 หน้า ข้อคำถามปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
2. เวลาที่ใช้ในการตอบแบบทดสอบฉบับนี้ 60 นาที
3. กรุณาระบุรหัสผู้เข้าร่วมโครงการในแบบทดสอบฉบับนี้และกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
4. ให้นักเรียนตอบคำถามโดยให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้น แล้วจึงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบในช่องที่ตรงกับตัวเลือกที่ต้องการ
5. อนุญาตให้นักเรียนสามารถขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้ได้
6. อนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคำนวณ
7. ห้ามนำแบบทดสอบออกจากห้องสอบ ห้ามคัดลอกส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งฉบับ
8. ห้ามดำเนินการทุจริตใด ๆ ทั้งสิ้น
9. กรุณาส่งแบบทดสอบคืนให้ครบถ้วน

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการ

-

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

คำสั่ง จงเลือกตอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้น โดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในช่องว่างในกระดาษคำตอบ

1. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- (1) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีหน่วยเป็น โมลาร์ต่อวินาที (M/s) เท่านั้น
- (2) ปฏิกิริยาหนึ่ง ๆ มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากันทุกช่วงของปฏิกิริยา
- (3) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ปริมาณสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในหนึ่งหน่วยเวลา

ข้อใดถูกต้อง

- | | |
|----------------|----------------|
| ก. (1) และ (2) | ข. (2) และ (3) |
| ค. (2) | ง. (3) |

2. ปฏิกิริยาระหว่างโลหะสังกะสีกับกรดไฮโดรโบรมิก ได้ซิงก์โบรไมด์และแก๊สไฮโดรเจน เป็นผลิตภัณฑ์ พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- (1) อัตราการเพิ่มขึ้นของแก๊สไฮโดรเจนมีค่าเท่ากับอัตราการลดลงของโลหะสังกะสี
- (2) อัตราการลดลงของกรดไฮโดรโบรมิกมีค่าเป็นสองเท่าของอัตราการเพิ่มขึ้นของโลหะสังกะสี
- (3) อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการลดลงของโลหะสังกะสี

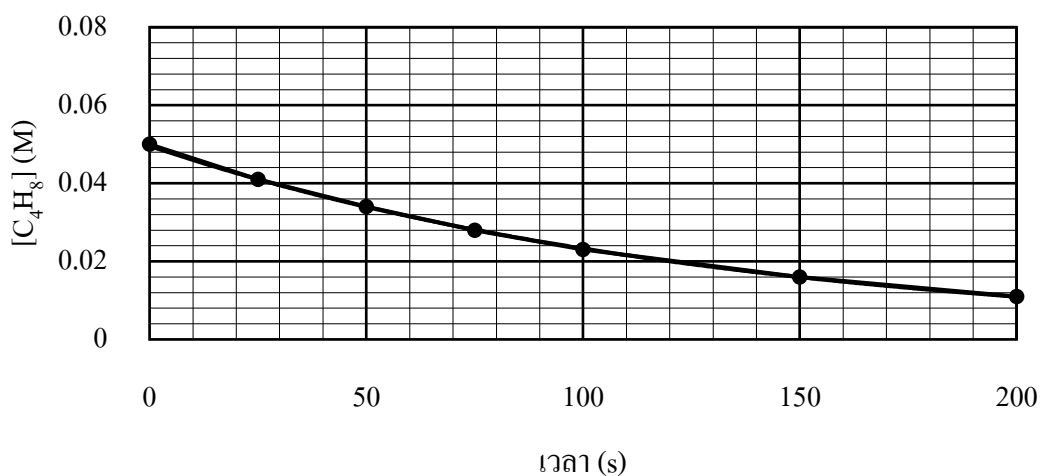
ข้อใดถูกต้อง

- | | |
|--------|----------------|
| ก. (1) | ข. (1) และ (2) |
| ค. (2) | ง. (2) และ (3) |

3. ปฏิกิริยาการสลายตัวของแก๊สบิวทีน (C_4H_{10}) เป็นไปดังสมการ $C_4H_{10}(g) \longrightarrow C_2H_4(g)$ เมื่อติดตามความเข้มข้นของแก๊สบิวทีนระหว่างปฏิกิริยาคำนวณไป ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

เวลา (s)	0	25	50	75	100	150	200
$[C_4H_{10}]$ (M)	0.050	0.041	0.034	0.028	0.023	0.016	0.011

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแก๊สบิวทีนกับเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา เป็นดังนี้



- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย และอัตราเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยา มีค่าเท่ากับเท่าใด ตามลำดับ
- ก. $2.0 \times 10^4 \text{ Ms}^{-1}$ และ $5.2 \times 10^{-4} \text{ Ms}^{-1}$ ข. $2.0 \times 10^{-4} \text{ Ms}^{-1}$ และ $5.2 \times 10^{-4} \text{ Ms}^{-1}$
- ค. $2.0 \times 10^{-4} \text{ Ms}^{-1}$ และ $1.0 \times 10^{-3} \text{ Ms}^{-1}$ ง. $-2.0 \times 10^4 \text{ Ms}^{-1}$ และ $-5.2 \times 10^{-4} \text{ Ms}^{-1}$

4. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- (1) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่การชนของอนุภาคสารตั้งต้น
- (2) ทิศทางการชนกันที่เหมาะสมของอนุภาคสารตั้งต้นทำให้ปฏิกิริยาเป็นผลสำเร็จ
- (3) หากจำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นมีน้อย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีค่าน้อยตามไปด้วย
- (4) หากพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาใด ๆ มีค่ามาก อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีค่าน้อย
- (5) ผลต่างระหว่างพลังงานสารตั้งต้นและพลังงานผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์
- (6) สารตั้งต้นจะต้องสลายพันธะเดิมทั้งหมดก่อนจึงจะสร้างพันธะใหม่เพื่อเกิดเป็นผลิตภัณฑ์

ก. (1) และ (2)

ข. (3) และ (4)

ค. (5) และ (6)

ง. (4) และ (6)

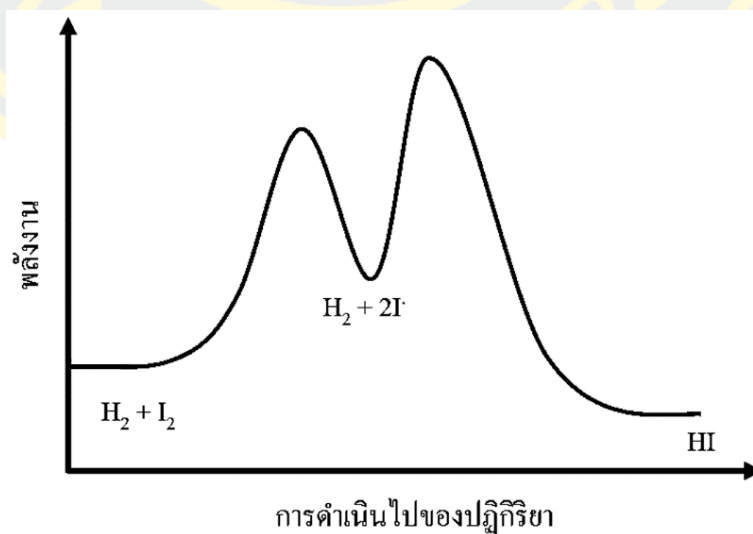
5. ปฏิกิริยาระหว่างของแข็งแคลเซียมคาร์บอเนตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจางที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สภาวะที่ 1 ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง 20 มิลลิลิตร และสภาวะที่ 2 ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลอง ดังนี้

เวลา (วินาที)	มวลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น (กรัม)	
	สภาวะที่ 1	สภาวะที่ 2
0	0.00	0.00
2	0.55	0.27
4	0.71	0.35
6	0.78	0.38
8	0.80	0.40
10	0.80	0.40

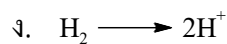
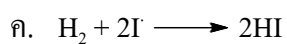
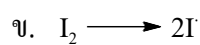
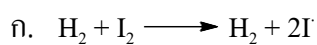
อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสภาวะที่ 1 และสภาวะที่ 2 มีค่าเป็นเท่าใด ตามลำดับ (กำหนดให้มวลอะตอมของคาร์บอนไดออกไซด์ = 48 g/mol)

- ก. 0.08 g/s และ 9.09×10^{-4} mol/s ข. 0.10 g/s และ 1.81×10^{-3} mol/s
 ค. 1.14×10^{-3} mol/s และ 0.04 g/s ง. 2.27×10^{-3} mol/s และ 0.05 g/s

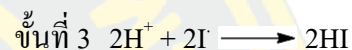
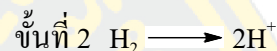
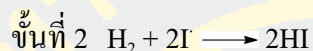
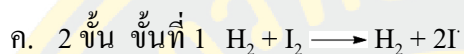
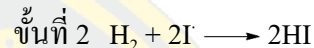
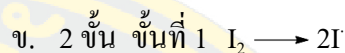
พิจารณาแผนภาพต่อไปนี้เพื่อตอบคำถามข้อ 6 – 7



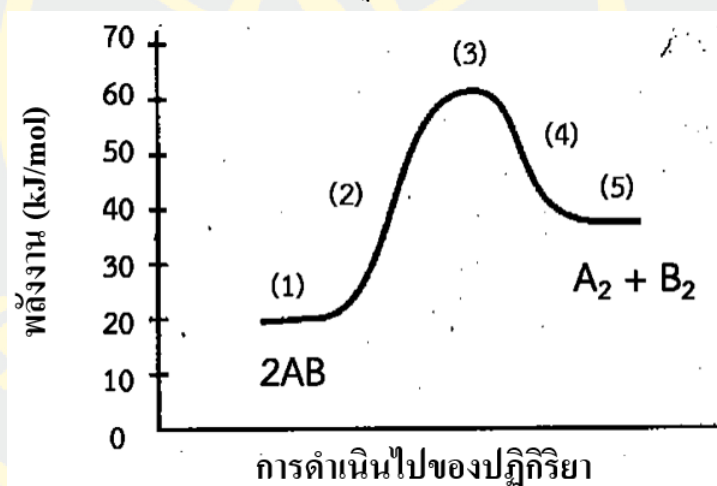
6. ขั้นใดเป็นขั้นกำหนดอัตรา



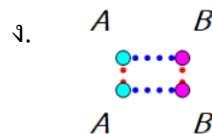
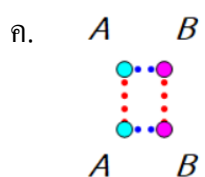
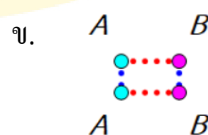
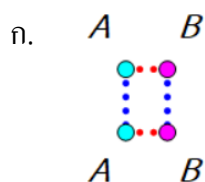
7. กลไกการเกิดปฏิกิริยามีทั้งหมดกี่ขั้น ขั้นใดบ้าง



8. พิจารณาแผนภาพแสดงระดับพลังงานของปฏิกิริยา $2\text{AB} \longrightarrow \text{A}_2 + \text{B}_2$



ตำแหน่งที่ (2) บนแผนภาพ สารเชิงซ้อนควรมีโครงสร้างเป็นอย่างไร (กำหนดให้เส้นสีแดงแทนพันธะเดิม และเส้นสีน้ำเงินแทนพันธะใหม่)



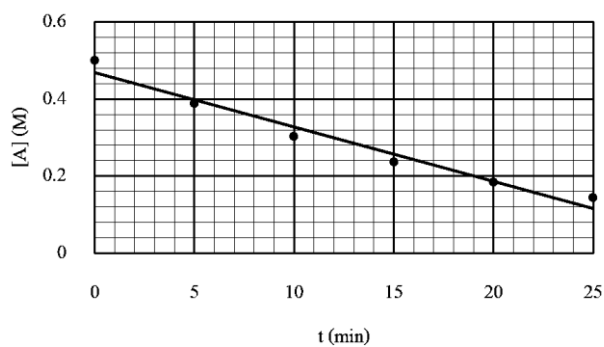
9. ปฏิกิริยาการสลายตัวของแก๊ส A เป็นไปดังสมการ $A \longrightarrow B$ มีผลการทดลอง ดังนี้

t (นาที)	0	5	10	15	20	25
$[A]_t$ (โมลต่อลิตร)	0.500	0.389	0.303	0.236	0.184	0.143

เมื่อนำข้อมูลนี้มาพล็อตกราฟในรูปแบบต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

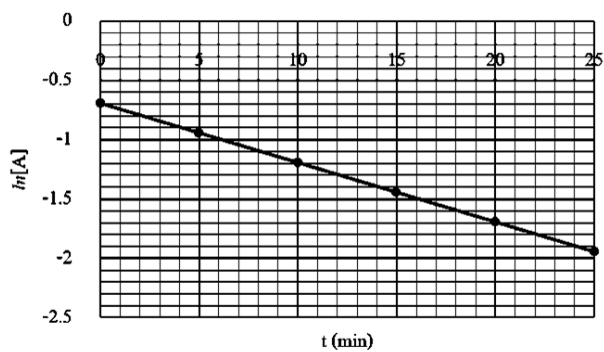
กราฟที่ 1

พล็อตระหว่าง $[A]_t$ กับ t



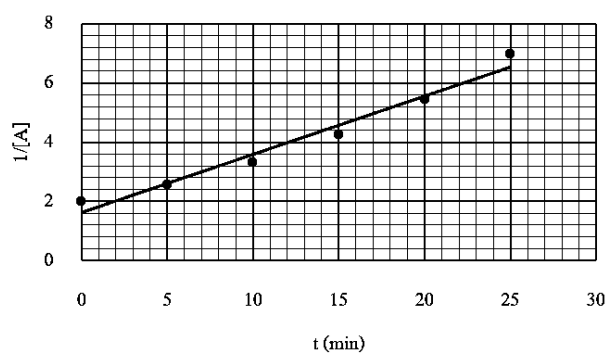
กราฟที่ 2

พล็อตระหว่าง $\ln[A]_t$ กับ t



กราฟที่ 3

พล็อตระหว่าง $1/[A]_t$ กับ t



ครึ่งชีวิตของปฏิกิริยานี้มีค่าเท่าไร

ก. 4.7 นาที

ข. 13.9 นาที

ค. 23.5 นาที

ง. 31.2 นาที

10. ปฏิกิริยาระหว่างสาร A และสาร B ได้สาร C เป็นผลิตภัณฑ์ในสถานะสารละลาย มีสมการปฏิกิริยาเป็น $A(aq) + B(aq) \longrightarrow C(aq)$ เมื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่สภาวะต่าง ๆ ได้ผลดังต่อไปนี้

สภาวะที่	$[A]_i$ (M)	$[B]_i$ (M)	r_i (Ms ⁻¹)
1	1.00	1.00	5.35×10^{-3}
2	2.00	1.00	2.14×10^{-2}
3	3.00	2.00	1.93×10^{-1}
4	4.00	3.00	7.70×10^{-1}

กฎอัตราของปฏิกิริยานี้คือข้อใด

- ก. $r = (5.35 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}) [A][B]$ ข. $r = (5.35 \times 10^{-3} \text{ M}^{-2} \text{ s}^{-1}) [A]^2[B]$
 ค. $r = (5.35 \times 10^{-3} \text{ M}^{-2} \text{ s}^{-1}) [A]^2[B]^2$ ง. $r = (5.35 \times 10^{-3} \text{ M}^{-3} \text{ s}^{-1}) [A]^2[B]^2$
11. ฮีโมโกลบิน (Hb) เป็นโปรตีนในเซลล์เม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนภายในกระแสโลหิตระหว่างถุงลมในปอดกับเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย ฮีโมโกลบินสามารถเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ได้ดีกว่าแก๊สออกซิเจน ได้คาร์บอกซี-ฮีโมโกลบิน (HbCO) เป็นผลิตภัณฑ์ เมื่อทดลองปฏิกิริยาระหว่างแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์กับฮีโมโกลบินเพื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้ผลดังต่อไปนี้

สภาวะที่	$[CO]_i$ (M)	$[Hb]_i$ (M)	r_i (Ms ⁻¹)
1	5.00×10^{-4}	1.34×10^{-3}	3.12×10^{-4}
2	5.00×10^{-4}	2.68×10^{-3}	6.24×10^{-4}
3	1.50×10^{-3}	2.68×10^{-3}	1.87×10^{-3}

ปัจจัยใดต่อไปนี้มีส่งผลให้เกิดภาวะการขาดออกซิเจน (Hypoxia)

- ก. ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในกระแสเลือด
 ข. ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ
 ค. ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศ
 ง. ข้อ ก. และ ข. ถูก

15. การเหม็นหืนของน้ำมันพืชซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างกรดไขมันกับแก๊สออกซิเจนในอากาศ สามารถป้องกันการเหม็นหืนนี้ได้โดยเติมวิตามินอี (Vitamin E) ข้อใดกล่าวถูกต้อง
- วิตามินอีขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน
 - วิตามินอีเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแข่งขันกับกรดไขมัน
 - วิตามินอีลดความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนในน้ำมันพืช
 - ข้อ ก. และ ข. ถูก
16. ปฏิกิริยาหนึ่งมีอันดับหนึ่ง มีครึ่งชีวิต 15 นาที ที่อุณหภูมิ 27 °C และมีครึ่งชีวิต 3 นาที เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ 20 °C พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยานี้มีค่าเท่าไร
- 0.9 kJ/mol
 - 43.8 kJ/mol
 - 1.43 kJ/mol
 - 64.2 kJ/mol
17. ปฏิกิริยาของโลหะสังกะสีในสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางเป็นไปดังสมการ $\text{Zn (s)} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 \text{ (aq)} + \text{H}_2 \text{ (g)} + \Delta H$ หากใส่ผงโลหะสังกะสีในสารละลายกรดซัลฟิวริกเจือจางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (สภาวะที่ 1) และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (สภาวะที่ 2) พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาในสภาวะที่ 1 มีค่าน้อยกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาในสภาวะที่ 2 พิจารณาข้อความต่อไปนี้
- อนุภาคของสารตั้งต้นในสภาวะที่ 2 มีพลังงานจลน์สูงกว่าสภาวะที่ 1
 - พลังงานกระตุ้นในสภาวะที่ 2 เท่ากับสภาวะที่ 1
 - อนุภาคของสารตั้งต้นในสภาวะที่ 2 ชนกันน้อยครั้งกว่าสภาวะที่ 1
 - ปฏิกิริยาในสภาวะที่ 2 เกิดขึ้นเร็วกว่าสภาวะที่ 1
 - แก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นในสภาวะที่ 2 น้อยกว่าสภาวะที่ 1
- ข้อใดถูกต้อง
- (1), (2), (3)
 - (1), (2), (4)
 - (2), (3), (4)
 - (2), (3), (5)

18. ปฏิกริยาในข้อใดต่อไปนี้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุดที่อุณหภูมิเดียวกัน
- โลหะสังกะสี 1 ชิ้น ชิ้นละ 1 กรัม ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M 10 มิลลิลิตร
 - โลหะสังกะสี 2 ชิ้น ชิ้นละ 0.5 กรัม ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M 10 มิลลิลิตร
 - โลหะสังกะสีชิ้นเล็ก ๆ 1 กรัม ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M 10 มิลลิลิตร
 - ผงโลหะสังกะสี หนัก 1 กรัม ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M 10 มิลลิลิตร
19. ยีสต์ (Yeast) ดำรงชีวิตด้วยการเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น น้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) ให้กลายเป็นเอทานอล (CH_3CH_2OH) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยใช้เอนไซม์ชนิดหนึ่ง ซึ่งทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ $38^\circ C$ ปฏิกริยานี้เรียกว่า การหมัก (Fermentation) หากต้องการผลิตเอทานอลในปริมาณมากด้วยการหมักน้ำตาลกลูโคสกับยีสต์ ควรทำอย่างไร
- เพิ่มอุณหภูมิในระบบการหมักให้สูงขึ้น
 - ลดปริมาณยีสต์ที่ใช้
 - ใช้น้ำตาลกลูโคสในปริมาณมาก
 - ถูกทุกข้อ
20. อุตสาหกรรมจะทำงานเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณแรงกระแทกส่งสัญญาณไปยังอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้ได้แก๊สไนโตรเจนในปริมาณมาก ซึ่งทำให้ปริมาตรของอุตสาหกรรมขยายใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ลดแรงกระแทกระหว่างผู้ขับขี่กับพวงมาลัยรถยนต์ โดยใช้สารเคมีร่วมกันหลายชนิด อาทิ โซเดียมเอไซด์ (NaN_3) โพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) และซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) โดยมีขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยา ดังนี้
- ขั้นที่ 1 $NaN_3 (s) \longrightarrow Na (s) + N_2 (g)$
- ขั้นที่ 2 $Na (s) + KNO_3 (s) \longrightarrow K_2O (s) + Na_2O (s) + N_2 (g)$
- ปฏิกิริยาทั้งสองนี้จะให้ของแข็งและความร้อนสูง ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับซิลิกอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือผลึกแก้วซึ่งไม่เป็นอันตราย
- ขั้นที่ 3 $K_2O (s) + Na_2O (s) + SiO_2 (s) \longrightarrow$ ผลึกแก้ว
- หากสารใดต่อไปนี้มีผลสภาพ (ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้) จะก่อให้เกิดอันตรายมากที่สุดเมื่อรถยนต์เกิดอุบัติเหตุ
- โซเดียมเอไซด์
 - โพแทสเซียมไนเตรต
 - ซิลิกอนไดออกไซด์
 - ถูกทั้งข้อ ข. และ ค.

กระดาษคำตอบ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สำหรับกลุ่มเป้าหมาย)

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการ

	-		
--	---	--	--

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

เฉลยคำตอบ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สำหรับกลุ่มเป้าหมาย)

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการ

A

-

0

0

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
1				×
2	×			
3		×		
4			×	
5				×
6			×	
7		×		
8	×			
9		×		
10			×	

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
11				×
12	×			
13			×	
14		×		
15	×			
16				×
17		×		
18				×
19			×	
20	×			

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
(สำหรับกลุ่มเป้าหมาย)

คำชี้แจง

กรุณาศึกษาคำชี้แจงอย่างละเอียดก่อนตอบแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบนี้มีทั้งหมด 11 หน้า ข้อคำถามปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ
2. เวลาที่ใช้ในการตอบแบบทดสอบฉบับนี้ 60 นาที
3. กรุณาระบุรหัสผู้เข้าร่วมโครงการในแบบทดสอบฉบับนี้และกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
4. ให้นักเรียนพิจารณาบทความที่กำหนดให้อย่างละเอียด แล้วจึงตอบคำถามโดยให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้น แล้วจึงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบในช่องที่ตรงกับตัวเลือกที่ต้องการตอบ
5. อนุญาตให้นักเรียนสามารถขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้ได้
6. ไม่อนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคำนวณ
7. ห้ามนำแบบทดสอบออกจากห้องสอบ ห้ามคัดลอกส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทั้งฉบับ
8. ห้ามดำเนินการทุจริตใด ๆ ทั้งสิ้น
9. กรุณาส่งแบบทดสอบคืนให้ครบถ้วน

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการ

-

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำสั่ง จงเลือกตอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้น โดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในช่องว่างในกระดาษคำตอบ

พิจารณาบทความต่อไปนี้เพื่อตอบคำถามข้อ 1 – 4

ผู้ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้รับความนิยมจากประชาชนมากขึ้นในปัจจุบัน เพราะราคาถูกหาได้ง่าย และสะดวกสบาย อีกประการหนึ่งผู้คนที่เห็นว่าน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญเหล่านี้มีคุณภาพเทียบเท่ากับน้ำดื่มในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทที่ผ่านมาตรฐานจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) จากการเก็บตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เทศบาลนคร และเทศบาลเมือง ในปี พ.ศ. 2561 แล้วนำมาวิเคราะห์ พบว่าผ่านเกณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ร้อยละ 68.59 ซึ่งสูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2557 ที่ผ่านเกณฑ์เพียงร้อยละ 40.9

ถึงแม้ว่าคุณภาพของน้ำจากตู้หยอดเหรียญจะมีแนวโน้มดีขึ้น แต่ยังถือว่าไม่เพียงพอที่จะสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย เพราะปัญหาหลักที่ทำให้คุณภาพน้ำจากตู้หยอดเหรียญไม่ผ่านเกณฑ์คือการปนเปื้อนของแบคทีเรีย เนื่องจากไม่มีการดูแลรักษาความสะอาด และการบำรุงรักษาคุณภาพภายในตู้บริการ ไม่ล้างไส้กรอง ไม่เปลี่ยนไส้กรอง เป็นต้น

กรมอนามัยยืนยันว่าสถิติคุณภาพน้ำของปี พ.ศ. 2561 ดีขึ้นแล้ว แต่ยังคงกลับสงสัยในร้อยละความปลอดภัยว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้อยไปหรือไม่ เพราะร้อยละที่เหลืออยู่อีก 31.41 นั้นยังคงเป็นตู้คณน้ำหยอดเหรียญไร้มาตรฐานเช่นเดิม ประชาชนจะมั่นใจได้อย่างไรว่าตนเองจะไม่ใช้คนในร้อยละ 31.41 ที่ต้องนำชีวิตไปเสี่ยงกับโรคต่าง ๆ ที่มาจากตู้คณน้ำหยอดเหรียญ อีกทั้งสังคม ยังเรียกร้องให้ตรวจสอบตู้คณน้ำเหล่านี้อีกด้วย

ที่มา: <https://www.scimath.org/article-science/item/11219-2019-12-19-04-48-27>

1. ปัญหาสำคัญของบทความนี้คือข้อใด
 - ก. ราคาที่ไม่เหมาะสมของน้ำดื่มจากตู้คณน้ำหยอดเหรียญ
 - ข. คุณภาพน้ำดื่มจากตู้คณน้ำหยอดเหรียญ
 - ค. รูปแบบการใช้งานตู้คณน้ำหยอดเหรียญ
 - ง. การดูแลรักษาความสะอาดของตู้คณน้ำหยอดเหรียญ

2. จากข้อความที่ว่า “ประชาชนจะมั่นใจได้อย่างไรว่าตนเองจะไม่ใช่คนในร้อยละ 31.41 ที่ต้องนำชีวิตไปเสี่ยงกับโรคต่าง ๆ ที่มาจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญ” สมมติฐานของประชาชนเหล่านี้คือข้อใด
- การดื่มน้ำจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญทำให้เกิดโรคต่าง ๆ
 - น้ำดื่มจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญปนเปื้อนแบคทีเรีย
 - ตู้กดน้ำดื่มหยอดเหรียญส่วนใหญ่ขาดการบำรุงรักษา
 - คุณภาพของน้ำดื่มจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญอยู่ในระดับต่ำ
3. หากชาวบ้านในหมู่บ้านเพนกวิน ดื่มน้ำจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญในหมู่บ้านเป็นประจำ โดยไม่ผ่านกระบวนการอื่นเพิ่มเติม พบว่าชาวบ้านกลุ่มนี้ตรวจไม่พบโรคที่เกิดจากตู้กดน้ำดื่ม นักเรียนคิดว่าน้ำดื่มจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญในหมู่บ้านเพนกวินปลอดภัยหรือไม่ อย่างไร
- ปลอดภัย เพราะชาวบ้านไว้วางใจคุณภาพของตู้กดน้ำหยอดเหรียญแห่งนี้
 - ไม่ปลอดภัย เพราะชาวบ้านอาจแข็งแรงกว่าคนทั่วไป
 - ปลอดภัย เพราะน้ำดื่มจากตู้กดน้ำแห่งนี้ไม่ก่อให้เกิดโรค
 - ไม่ปลอดภัย เพราะน้ำดื่มอาจปนเปื้อนเชื้อโรคอื่นที่ไม่ก่อให้เกิดโรคในชาวบ้านกลุ่มนี้
4. จากข้อ 3. ในเวลาต่อมา ตู้กดน้ำหยอดเหรียญนั้นเกิดอาการชำรุด บริษัทผู้รับผิดชอบจึงเปลี่ยนตู้กดน้ำหยอดเหรียญเป็นเครื่องรุ่นใหม่ซึ่งยังไม่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากกรมอนามัย ชาวบ้านในหมู่บ้าน เพนกวิน จะปลอดภัยจากการบริโภคน้ำจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญเครื่องใหม่นี้หรือไม่
- ปลอดภัย เพราะตู้กดน้ำหยอดเหรียญเป็นเครื่องรุ่นใหม่
 - ไม่ปลอดภัย เพราะตู้กดน้ำหยอดเหรียญไม่มีประสิทธิภาพเท่าตู้กดน้ำหยอดเหรียญรุ่นเดิม
 - ไม่ปลอดภัย เพราะตู้กดน้ำหยอดเหรียญยังไม่ผ่านการใช้งาน
 - ยังสรุปไม่ได้ เพราะยังไม่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากกรมอนามัย

พิจารณาบทความต่อไปนี้เพื่อตอบคำถามข้อ 5 – 8

เป็นที่แน่นอนว่าการดื่มน้ำเปล่าย่อมดีที่สุดต่อร่างกาย แต่เหตุใดผู้คนยังให้ความสนใจดื่มน้ำแรมมากยิ่งขึ้น เห็นได้อย่างชัดเจนเพราะประโยชน์ของน้ำแรมนั้นมีมากมาย จึงส่งผลให้ผู้ที่รักการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพเลือกดื่มน้ำแรมมากกว่าน้ำเปล่าธรรมดา ทั้งนี้มิได้หมายความว่าน้ำเปล่าธรรมดาไม่ดี ทว่าน้ำแรมมีประโยชน์กว่าเท่านั้น

น้ำแร่ คือน้ำที่ได้จากแหล่งธรรมชาติที่เกิดจากแหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น น้ำพุร้อน ซึ่งมีแร่ธาตุละลายอยู่ในน้ำแล้ว ไม่ได้การนำแร่ธาตุมาเติมน้ำเองในภายหลัง โดยทั่วไป จะมีแร่ธาตุอยู่ 5 ชนิดในน้ำแร่ ได้แก่ แคลเซียม โซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และกำมะถัน มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำ และรสชาติของน้ำแร่ที่แตกต่างกันนั้นก็ขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ธาตุ หากมีรสเค็มเป็นเพราะมีแร่ธาตุโซเดียมมากกว่าแร่ธาตุอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งแร่ธาตุแต่ละชนิด มีประโยชน์ต่อร่างกายแต่ละส่วนในปริมาณที่พอเหมาะและแตกต่างกันไป

น้ำแร่มีประโยชน์อย่างมาก เพราะในน้ำแร่อุดมไปด้วยแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย อาทิ แร่ธาตุแคลเซียมช่วยเสริมฟันและกระดูกให้แข็งแรง ป้องกันโรคกระดูกพรุน แร่ธาตุแมกนีเซียมช่วยปรับสมดุลความดันโลหิตในร่างกาย แร่ธาตุกำมะถันช่วยให้ตับอ่อนทำงานได้ดียิ่งขึ้น และช่วยการขับถ่ายให้เป็นปกติ แร่ธาตุซิลิกาช่วยบำรุงผิวพรรณ ฟันฟูเซลล์ผิวหนังและเส้นผม นอกจากนี้แร่ธาตุในน้ำแร่ยังช่วยขับสารพิษในร่างกาย บรรเทาอาการอักเสบ อาการปวดเมื่อย รวมถึงช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจได้อีกด้วย

ทั้งนี้ แม้ว่าการดื่มน้ำแร่จะมีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่พึงระลึกไว้ว่าธรรมชาติของร่างกายต้องการแร่ธาตุแต่ละชนิดในปริมาณเหมาะสม อีกทั้งในระบบร่างกายของมนุษย์มีพื้นฐานสุขภาพที่แตกต่างกัน จะสามารถตอบสนองต่อการรับแร่ธาตุแต่ละชนิดต่างกัน จึงควรศึกษาให้ดี ดื่มในปริมาณที่พอเหมาะ มิใช่ดื่มตามค่านิยม

ที่มา: <https://www.scimath.org/article-science/item/10628-2019-09-02-01-47-39>

5. พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

นิภาพรดื่มน้ำเปล่าเป็นกิจวัตร เมื่อนิภาพรอ่านบทความข้างต้น จึงเริ่มหันมาดื่มน้ำแร่ โดยดื่มน้ำแร่วันละ 1 ลิตร และน้ำเปล่า 2 ลิตร ต่อวัน ผ่านมา 1 เดือน พบว่าระบบขับถ่ายทำงานดีขึ้น ฟันและกระดูกแข็งแรงมากขึ้น และความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น นิภาพรจึงปรับมาดื่มน้ำแร่เพิ่มขึ้นเป็นวันละ 2 ลิตร และน้ำเปล่า 1 ลิตร ต่อวัน ผ่านมา 3 วัน พบว่านิภาพรมีอาการเลือดเป็นกรด เนื่องจากมีปริมาณคลอไรด์ในกระแสเลือดมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาในการดื่มน้ำแร่ของนิภาพรคือข้อใด

- ก. ปริมาณคลอไรด์ในน้ำแร่ที่นิภาพรเลือกดื่ม
- ข. ชนิดของน้ำแร่ที่นิภาพรเลือกดื่ม
- ค. ปริมาณของน้ำแร่ที่นิภาพรดื่มต่อวัน
- ง. ยี่ห้อของน้ำแร่ที่นิภาพรเลือกดื่ม

6. จากสถานการณ์ในข้อ 5. แพทย์แนะนำให้รักษาปริมาณน้ำแร่ที่ดื่มต่อวัน สมมติฐานเบื้องต้นของแพทย์ท่านนี้คือข้อใด
- เมื่อลดปริมาณน้ำแร่ที่ดื่มต่อวัน ค่า pH ของเลือดเพิ่มขึ้น
 - เมื่อลดปริมาณน้ำแร่ที่ดื่มต่อวัน ปริมาณแร่ธาตุที่นิภาพรได้รับต่อวันน้อยลง
 - เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำเปล่าที่ดื่มต่อวัน ค่า pH ของเลือดลดลง
 - เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำเปล่าที่ดื่มต่อวัน ปริมาณแร่ธาตุที่นิภาพรได้รับต่อวันเพิ่มขึ้น
7. จากบทความข้างต้น ข้อใดถูกต้อง
- ผู้คนส่วนใหญ่หันมาดื่มน้ำแร่ตามกระแสนิยม
 - น้ำแร่จากแต่ละแหล่งมีปริมาณแร่ธาตุแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน
 - น้ำแร่ช่วยให้การทำงานของร่างกายดีขึ้น
 - ถูกทุกข้อ
8. หากน้ำแร่มีราคาเทียบเท่ากับน้ำเปล่า แนวโน้มในการเลือกดื่มน้ำแร่ควรเป็นอย่างไร
- สูงกว่าน้ำเปล่า เพราะมีคุณสมบัติประโยชน์มากกว่าน้ำเปล่า
 - เทียบเท่ากับน้ำเปล่า เพราะสามารถซื้อได้ด้วยกำลังซื้อเท่ากัน
 - เทียบเท่ากับน้ำเปล่า เพราะสามารถหาซื้อได้ง่ายเท่ากัน
 - ต่ำกว่าน้ำเปล่า เพราะแร่ธาตุในน้ำแร่ส่งผลเสียต่อผู้ที่ไม่เคยดื่มน้ำแร่มาก่อน

พิจารณาบทความต่อไปนี้เพื่อตอบคำถามข้อ 9 – 12

การดำเนินชีวิตในแต่ละวันที่เต็มไปด้วยความเร่งรีบเพื่อออกไปดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ อาจทำให้หลายคนไม่รับประทานอาหารเช้า ทว่าอาหารเช้าเป็นอาหารที่สำคัญกว่ามื้ออื่น ๆ หลายคนต่างมองข้ามความสำคัญของอาหารเช้าและอาจทำให้หลงลืมที่จะรับประทานอาหารเช้า อาหารมื้อเช้าเป็นอาหารมื้อสำคัญเนื่องจากหลังจากอาหารเย็นแล้ว ร่างกายจะไม่ได้อาหารอีกเลย จนถึงรุ่งเช้า เมื่อตื่นนอนขึ้นมาร่างกายจึงจำเป็นต้องชดเชย มิเช่นนั้นร่างกายจะอ่อนล้า เกิดอาการหงุดหงิด ปวดศีรษะ ขาดสมาธิในการทำงาน ดังนั้นอาหารเช้าจึงเป็นอาหารมื้อสำคัญที่สุดสำหรับการให้พลังงานเพื่อเริ่มต้นกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะพลังสมองที่เกี่ยวข้องกับความจำ การเรียนรู้ และความกระตือรือร้น

อาหารเช้ามีประโยชน์อย่างมาก มีการวิจัยพบว่าการรับประทานอาหารเช้ามีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ การทำงาน ทำให้ระบบความจำ ทักษะการเรียนรู้ และอารมณ์อยู่ในเกณฑ์ดี

อาหารเช้ายังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานได้ โดยคนที่รับประทานอาหารเช้าจะมีภาวะผิดปกติของอินซูลินซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเบาหวานลดลง 35% – 50% อาหารเช้าช่วยควบคุมโรคอ้วนและน้ำหนักได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการรับประทานอาหารเช้าช่วยลดแนวโน้มการรับประทานอาหารเช้าที่มีพลังงานและไขมันสูงในมือเที่ยงได้ ผลการวิจัยจากสมาคมแพทย์โรคหัวใจในสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2003 ระบุว่า การรับประทานอาหารเช้าอย่างสม่ำเสมอช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเส้นเลือดสมองและโรคหัวใจได้ เพราะในตอนเช้าเลือดมีความเข้มข้นสูง ทำให้เส้นเลือดในสมองหรือหัวใจ เกิดการอุดตันจากเลือดที่ส่งไปเลี้ยงอวัยวะดังกล่าวในตอนเช้าได้ การรับประทานอาหารเช้าทำให้เลือดเจือจางลง ทำให้ระดับความเข้มข้นของเลือดต่ำลง และช่วยลดความเสี่ยงดังกล่าวได้ เป็นต้น

การดูแลสุขภาพที่ทุกคนสามารถทำได้อย่างง่าย ๆ แต่ส่งผลต่อสุขภาพที่ดีอย่างมาก สรรพประโยชน์เหล่านี้เป็นเหตุเหมาะสมให้ทุกคนควรจัดสรรเวลาที่เร่งรีบและมีน้อยนิดนี้ เพื่อรับประทานอาหารเช้าที่สำคัญในทุก ๆ วัน

ที่มา: <https://www.scimath.org/article-science/item/7429-2017-08-10-01-36-25>

9. ผู้เผยแพร่บทความนี้มีเจตนาต้องการแก้ไขปัญหาใด

- ก. การเลือกรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสม
- ข. มารยาทบนโต๊ะอาหารของสังคมไทย
- ค. พฤติกรรมละเลยการรับประทานอาหารเช้า
- ง. การจัดสรรเวลาในการรับประทานอาหารเช้า

10. แดงต้องรับประทานอาหารเช้าทุกวันเป็นปกติ กระทั่งวันหนึ่งแดงต้องไปทำงานยังสถานที่ใหม่ ทำให้แดงต้องไปทำงานเร็วขึ้น แดงต้องจึงงดการรับประทานอาหารเช้าไปช่วงหนึ่ง หลังจากนั้นไม่นาน แดงต้องพบว่าตนเองมีอาการเหนื่อยและไม่มีสมาธิทำงาน แดงต้องจึงกลับมารับประทานอาหารเช้าเช่นเดิม พบว่าแดงสามารถทำงานได้มากขึ้นและอารมณ์ดีเป็นปกติ แดงต้องเลือกกลับมารับประทานอาหารเช้าเพราะมีสมมติฐานในข้อใด

- ก. เมื่อกลับมารับประทานอาหารเช้า ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดกลับมาเป็นปกติ
- ข. เมื่อกลับมารับประทานอาหารเช้า ทำให้ระดับอารมณ์และสมาธิกลับมาเป็นปกติ
- ค. เมื่อกลับมารับประทานอาหารเช้า ทำให้ร่างกายกลับมามีพลังงานเป็นปกติ
- ง. ไม่มีข้อถูก

11. จากบทความข้างต้น ข้อใดสรุปถูกต้องที่สุด

- ก. การรับประทานอาหารเช้าช่วยให้ร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ข. อาหารมื้อเช้าควรเป็นอาหารให้พลังงานสูง เพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมระหว่างวัน
- ค. การละเลยการรับประทานอาหารเช้าส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดต่ำลง
- ง. นักเรียนควรรับประทานอาหารเช้าอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้

12. หากนักเรียนรับประทานอาหารเช้าเป็นประจำ ข้อใดถูกต้อง

- ก. ลดความเสี่ยงเป็นโรคเบาหวาน
- ข. ลดความเสี่ยงเป็นโรคหลอดเลือดอุดตัน
- ค. ลดความเสี่ยงการเป็นโรคอ้วน
- ง. ถูกทุกข้อ

พิจารณาบทความต่อไปนี้เพื่อตอบคำถามข้อ 13 – 16

ผลการทดลองระยะยาวข้ามปีของเขตการศึกษาเชอร์รี่ครีก (Cherry Creek School District) ในสหรัฐอเมริกา พบว่าการปรับเลื่อนเวลาเข้าเรียนในตอนเช้าให้สายออกไปอีกราวหนึ่งชั่วโมงหรือหนึ่งชั่วโมงครึ่ง ส่งผลดีต่อสุขภาพและพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนวัยรุ่นในชั้นมัธยมศึกษาเป็นอย่างมาก

การทดลองนี้เริ่มขึ้นเมื่อช่วงปลายปี ค.ศ. 2017 ในรัฐโคโลราโด โดยโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายทั้งหมดในเขตการศึกษาดังกล่าวได้รับคำสั่งให้เปลี่ยนแปลงเวลาเข้าเรียนจาก 8.00 น. มาเป็น 8.50 น. ในระดับมัธยมต้น ซึ่งสายกว่าเดิม 50 นาที และให้เลื่อนเวลาเข้าเรียนในระดับมัธยมปลาย จาก 7.10 น. มาเป็น 8.20 น. ซึ่งสายกว่าเดิม 70 นาที นักเรียนกว่า 1,500 คนในโรงเรียนเหล่านี้จะต้องตอบแบบสอบถามประเมินตนเอง ทั้งในช่วงก่อนและหลังเข้ารับการทดลองนี้เป็นระยะเวลาหนึ่งปี โดยต้องระบุถึงข้อมูลต่าง ๆ เช่น ช่วงเวลาที่หลับและตื่น จำนวนชั่วโมงการนอน ระดับของความรู้สึกตื่นตัว กระปรี้กระเปร่าระหว่างวัน การมีส่วนร่วมกิจกรรมในชั้นเรียนและพฤติกรรมการทำงาน รวมไปถึงการบ้านที่ได้รับมอบหมาย

หลังการทดลองสิ้นสุดในปี ค.ศ. 2018 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชี้ว่านักเรียนชั้นมัธยมต้นนอนหลับได้เป็นเวลานานมากขึ้น โดยเฉลี่ยคนละ 31 นาทีต่อคืน และนักเรียนชั้นมัธยมปลายสามารถนอนหลับได้เต็มอิ่มขึ้นกว่าเดิมโดยเฉลี่ย 48 นาทีต่อคืน นอกจากนี้ จำนวนนักเรียนที่ระบุว่ารู้สึกง่วงนอนและเหนื่อยล้าเกินกว่าที่จะทำการบ้านให้เสร็จได้ในตอนค่ำยังลดลงเป็นอย่างมาก จากจำนวน 46% มาอยู่ที่ 36% ในชั้นมัธยมต้น และลดจาก 71% มาอยู่ที่ 56% ในชั้นมัธยมปลาย

สำหรับผลคะแนนที่บ่งชี้ความรู้สึกรู้สึกตื่นตัวกระปรี้กระเปร่าระหว่างวัน และการกระตือรือร้น มีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียนเพิ่มสูงขึ้นในหมู่นักเรียนวัยรุ่นทั้งในชั้นมัธยมต้นและมัธยมปลาย ซึ่งหมายถึงปัญหาการงีบหลับในชั้นเรียนลดลงไปด้วย

ดร.ลิซ่า เมลต์เซอร์ ผู้นำทีมวิจัยซึ่งตีพิมพ์ผลการทดลองข้างต้นในวารสาร Sleep กล่าวว่า “ความเปลี่ยนแปลงของวงจรนาฬิกาในร่างกายที่เกิดกับวัยรุ่น ทำให้นักเรียนวัยนี้ไม่สามารถจะเข้านอน ได้แต่หัวค่ำ หรือเข้านอนได้เร็วพอที่จะตื่นแต่เช้าไปโรงเรียนโดยไม่รู้สึกรู้สึกมึนงงหรือเหนื่อยถ้าได้การเลื่อนเวลาเข้าเรียนให้สายขึ้นกว่าเดิมจะเป็นผลดีต่อคุณภาพชีวิตของวัยรุ่นอย่างมาก เพราะการนอนสำคัญต่อการพัฒนาการทางร่างกาย อารมณ์ และการเรียนรู้ของคนหนุ่มสาว”

ที่มา: <https://www.bbc.com/thai/features-48655190>

13. คณะวิจัยทดลองเลื่อนเวลาเข้าชั้นเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเพื่อต้องการแก้ปัญหาใด
 - ก. การร่วมกิจกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน
 - ข. ระดับการตื่นตัวของนักเรียน
 - ค. ระดับผลการเรียนของนักเรียน
 - ง. จำนวนชั่วโมงการนอนของนักเรียน
14. สมมติฐานการศึกษาของคณะวิจัยคือข้อใด
 - ก. การเลื่อนเวลาเรียนส่งผลต่อจำนวนชั่วโมงการนอนของนักเรียน
 - ข. การเลื่อนเวลาเรียนส่งผลต่อเวลาเข้านอนของนักเรียน
 - ค. การเลื่อนเวลาเรียนส่งผลต่อกิจกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน
 - ง. การเลื่อนเวลาเรียนส่งผลต่อระดับผลการเรียนของนักเรียน
15. ข้อสรุปการวิจัยของคณะวิจัยคือข้อใด
 - ก. เมื่อเลื่อนเวลาเรียนให้ช้าลง นักเรียนมีผลการเรียนที่ดีขึ้น
 - ข. เมื่อเลื่อนเวลาเรียนให้ช้าลง นักเรียนกระตือรือร้นต่อกิจกรรมในชั้นเรียนมากขึ้น
 - ค. เมื่อเลื่อนเวลาเรียนให้ช้าลง นักเรียนมีเวลานอนมากขึ้น
 - ง. ถูกทุกข้อ

16. หากโรงเรียนแห่งหนึ่งเลื่อนเวลาเข้าเรียนให้สายขึ้น นักเรียนในโรงเรียนแห่งนี้จะมีพฤติกรรม การเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยหรือไม่ อย่างไร
- ทิศทางต่างกัน เพราะบริบทการศึกษาต่างกัน
 - ทิศทางต่างกัน เพราะหลักสูตรการศึกษาต่างกัน
 - ทิศทางเดียวกัน เพราะเป็นนักเรียนในระดับการศึกษาเดียวกัน
 - ทิศทางเดียวกัน เพราะเป็นนักเรียนในช่วงอายุเดียวกัน

พิจารณาบทความต่อไปนี้เพื่อตอบคำถามข้อ 17 – 20

ช่วงปลายปี พ.ศ. 2562 กระทั่งถึงต้นปี พ.ศ. 2563 เกิดเหตุการณ์ไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (SARS-CoV-2) แพร่ระบาดไปทั่วโลกอย่างรวดเร็วจากเมืองเล็ก ๆ ของประเทศจีน (เมืองอู่ฮั่น) หรือที่ปัจจุบันรู้จักกันในชื่อ COVID-19 (Corona Virus Disease 2019) สถานการณ์การแพร่ระบาด ส่งผลให้มีการคุมเข้มและป้องกันในหลายพื้นที่ แม้กระทั่งในประเทศไทย ส่งผลให้มีการคุมเข้ม และป้องกันในหลายพื้นที่ ส่งผลให้อุปกรณ์และเครื่องมือที่ช่วยป้องกันไวรัสชนิดนี้หายาก ราคาแพง หลายหน่วยงานพยายามหาที่แก้ปัญหาด้วยการแนะนำวิธีการทำเครื่องมือช่วยป้องกัน การแพร่ระบาดของช่วงไวรัสชนิดนี้ เช่น การทำเจลแอลกอฮอล์ล้างมือ หน้ากากปิดปากและจมูก ซึ่งวิธีการก็มีได้ยุ่งยาก แต่วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นสารตั้งต้นอาจจะหายาก แต่เป็นการช่วยป้องกันตนเอง จากเชื้อไวรัสนี้ได้ อุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่พอจะสามารถทำขึ้นมาใช้งานได้โดยไม่ต้องไปซื้อมาก คือ หน้ากากอนามัยซึ่งต้องยอมรับว่าในช่วงนี้หน้ากากอนามัยขาดตลาดและหายากมาก หน่วยงาน ที่เกี่ยวข้องจึงแนะนำวิธีการทำหน้ากากอนามัยจากผ้าเพื่อสามารถนำไปซักและใช้งานได้ ดังนั้น จึงต้องเลือกชนิดของผ้าที่มีคุณภาพมากพอที่สามารถป้องกันเชื้อไวรัสชนิดนี้ได้

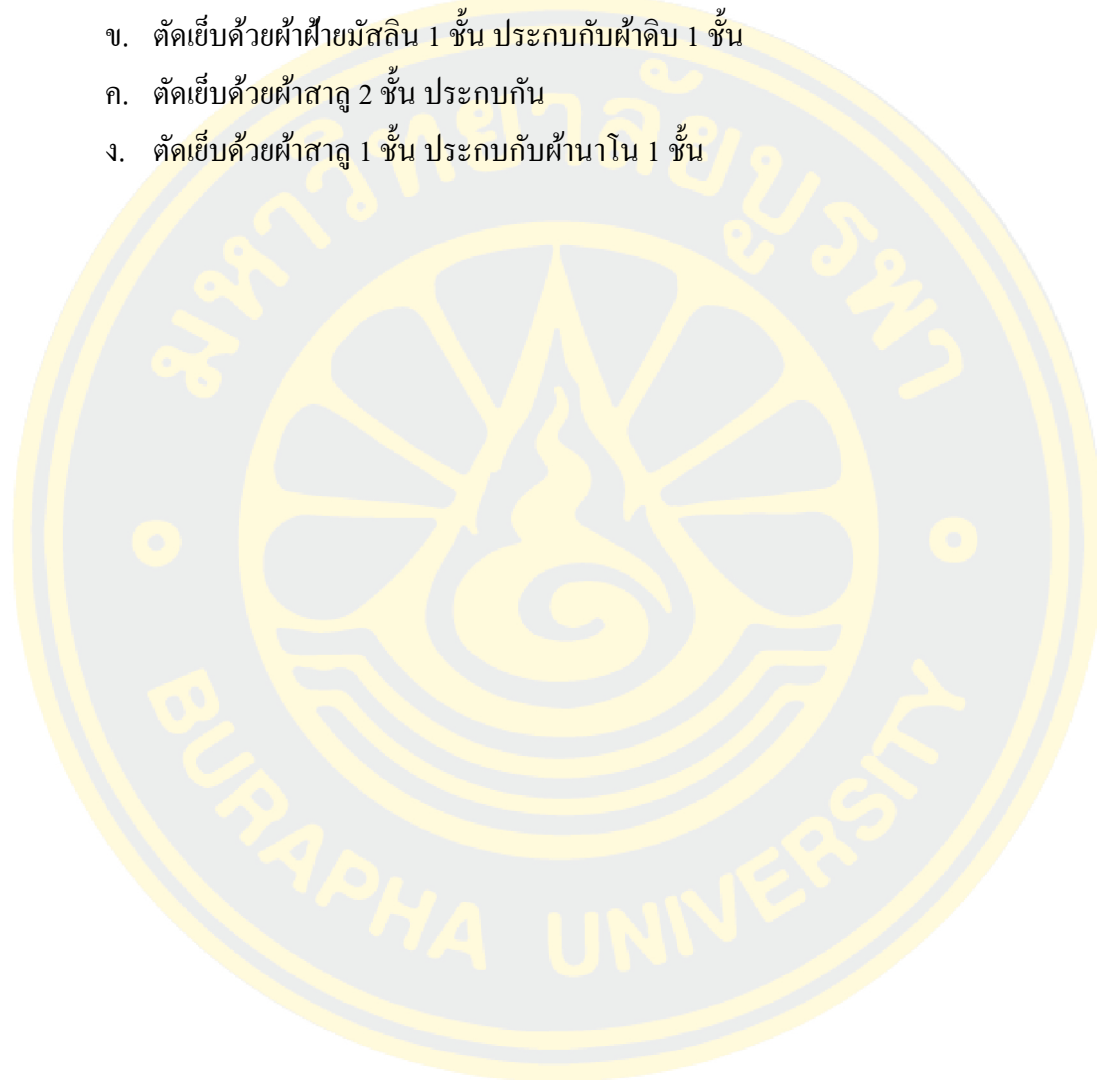
จากการศึกษาวิจัยของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เรื่องคุณภาพ ของของผ้าแต่ละชนิดในคุณสมบัติด้านต่าง ๆ โดยศึกษาผ้า 6 ชนิด ได้แก่ ผ้านาโน ผ้าฝ้ายดิบ ผ้าฝ้ายมัดสี ผ้ายัด และผ้าสาธู การป้องกันอนุภาคขนาดเล็กโดยการทดสอบผ่านการส่องด้วย กล้องจุลทรรศน์ พบว่า ผ้าฝ้ายดิบ ผ้าฝ้ายมัดสี และผ้านาโน เมื่อนำผ้าชนิดเดียวกันมาประกบกัน สองชั้นแล้วส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ เส้นใยผ้าสามารถป้องกันอนุภาคเล็ก ๆ ได้ ใกล้เคียงกับ หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ นอกจากนี้ ผ้าสาธูและผ้าฝ้ายมัดสีสามารถกันน้ำได้ดี ผ้านาโน มาสามารถซักได้ประมาณ 10 ครั้ง และผ้าฝ้ายมัดสีสามารถซักได้มากถึง 100 ครั้ง โดยที่คุณสมบัติ ของผ้ายังคงอยู่ สำหรับผ้าสาธูยังไม่มีการทดสอบคุณภาพหลังการซัก

อย่างไรก็ตามสามารถเลือกหาผ้ามาใช้ทำหน้ากากได้ตามความเหมาะสม แต่แนะนำว่าหน้ากากผ้าหลังใช้งานควรซักทุกวัน ึ่งให้แห้ง และสามารถใส่ติดโดยนำผ้าอีกผืนมาวางบนหน้ากากผ้าเพื่อยืดอายุการใช้งาน และดูแลสุขภาพของตนเองด้วยการกินร้อน ใช้ช้อนกลาง และล้างมือบ่อย ๆ ให้ครบถ้วน

ที่มา: <http://www.nsm.or.th/other-service/1757-online-science/knowledge-inventory/sci-article/science-article-nsm/4294-cloth-mask.html>

17. ปัญหาที่บทความนี้เสนอคือปัญหาในข้อใด
 - ก. วิธีการป้องกันเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่เข้าสู่ร่างกาย
 - ข. วิธีการที่เหมาะสมในการผลิตหน้ากากอนามัย
 - ค. ความทนทานของหน้ากากอนามัยที่ผลิตใช้เอง
 - ง. ชนิดของผ้าที่เหมาะสมในการผลิตหน้ากากอนามัย
18. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ตั้งสมมติฐานที่สำคัญที่สุดของการทดสอบวัสดุที่ใช้ผลิตหน้ากากอนามัยไว้อย่างไร
 - ก. จำนวนชั้นของผ้าที่นำมาผลิตหน้ากากอนามัยมีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อไวรัสฯ
 - ข. ชนิดของผ้าที่นำมาใช้ผลิตหน้ากากอนามัยมีผลต่อประสิทธิภาพในการกรองฝุ่น
 - ค. ชนิดของผ้าที่นำมาใช้ผลิตหน้ากากอนามัยมีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อไวรัสฯ
 - ง. ชนิดของผ้าที่นำมาใช้ผลิตหน้ากากอนามัยมีผลต่อความทนทานในการซักล้าง
19. ผ้าชนิดใดเหมาะสมเพื่อนำไปผลิตหน้ากากอนามัยเพื่อป้องกันเชื้อไวรัสฯ มากที่สุด
 - ก. ผ้าสาธู
 - ข. ฟ้านาโน
 - ค. ผ้ายัด
 - ง. ไม่มีข้อถูก

20. ป่าสำรวย ต้องการตัดเย็บหน้ากากอนามัยเพื่อใช้ส่วนตัวหลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่สามารถป้องกันฝุ่นได้ดี และสามารถซักล้างได้บ่อยครั้ง วิธีการผลิตหน้ากากอนามัยในข้อใดเหมาะสมสำหรับป่าสำรวยมากที่สุด
- ก. ตัดเย็บด้วยผ้าฝ้ายมัสลิน 2 ชั้น ประทับกัน
 - ข. ตัดเย็บด้วยผ้าฝ้ายมัสลิน 1 ชั้น ประทับกับผ้าดิบ 1 ชั้น
 - ค. ตัดเย็บด้วยผ้าสาธู 2 ชั้น ประทับกัน
 - ง. ตัดเย็บด้วยผ้าสาธู 1 ชั้น ประทับกับฟ้านาโน 1 ชั้น



กระดาษคำตอบ
แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
(สำหรับกลุ่มเป้าหมาย)

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการ

	-		
--	---	--	--

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

เฉลยคำตอบ
แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
(สำหรับกลุ่มเป้าหมาย)

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการ

A

-

0

0

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
1		×		
2	×			
3			×	
4				×
5			×	
6		×		
7				×
8	×			
9			×	
10		×		

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
11	×			
12				×
13	×			
14			×	
15		×		
16				×
17				×
18			×	
19		×		
20	×			

ตัวอย่างแบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คำสั่ง จงเลือกตอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้น โดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในช่องว่างในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดคือความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
 - ก. ปริมาณสารตั้งต้นที่เพิ่มขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา
 - ข. ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ลดลงในหนึ่งหน่วยเวลา
 - ค. ปริมาณสารในระบบที่เปลี่ยนแปลงไปในหนึ่งหน่วยเวลา
 - ง. ถูกทุกข้อ

2. ปฏิกิริยาการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า เป็นไปดังสมการ $2\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \longrightarrow 2\text{H}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อคล้องกับปฏิกิริยาดังกล่าว
 - ก. อัตราการสลายตัวของน้ำมีค่าเป็นลบ
 - ข. อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนมีค่าเป็นสองเท่าของอัตราการเกิดแก๊สออกซิเจน
 - ค. อัตราการเกิดแก๊สออกซิเจนมีค่าเป็นสองเท่าของอัตราการสลายตัวของน้ำ
 - ง. อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเท่ากับอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจน

3. ปฏิกิริยาหนึ่งเป็นไปดังสมการ $\text{A} + 3\text{B} \longrightarrow 5\text{C} + 4\text{D}$ เมื่อนำสาร A ปริมาณ 1 mol ทำปฏิกิริยากับสาร B ปริมาณ 3 mol ในสารละลายปริมาตร 1 L เมื่อเวลาผ่านไป 10 s พบว่ามีสาร C เกิดขึ้น 4 mol อัตราการสลายเฉลี่ยของสาร B ในช่วงเวลา 0 ถึง 10 s เป็นเท่าใด
 - ก. 0.20 mol/s
 - ข. 0.24 mol/s
 - ค. 0.40 mol/s
 - ง. 0.67 mol/s

4. โลหะสังกะสี (Zn) ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) จะได้ซิงก์คลอไรด์ (ZnCl₂) และแก๊สไฮโดรเจน (H₂) เมื่อวัดความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในขณะที่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว ได้ผลดังนี้

เวลา (วินาที)	ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (mol/L)
0	1.90
92	1.65
162	1.50
320	1.28
635	1.05

พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- (1) อัตราการลดลงของกรดไฮโดรคลอริกจนถึงที่ตลอดปฏิกิริยา
- (2) อัตราการลดลงของกรดไฮโดรคลอริกเฉลี่ยเท่ากับ 1.65 mM/s
- (3) อัตราการลดลงของกรดไฮโดรคลอริกในช่วงเวลา 92 – 162 วินาที มีค่า 2.14 mM/s

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. (1) และ (2)
- ข. (2) และ (3)
- ค. (3)
- ง. (1), (2) และ (3)

เฉลยคำตอบ แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบทำยวงจร)

ฉบับที่ 1 เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. ค

2. ข

3. ข

4. ค

กระดาษคำตอบ

แบบทดสอบหลังเรียน (แบบทดสอบท้ายวงจร) เรื่อง จลนศาสตร์เคมี
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (กลุ่มเป้าหมาย)

รหัสผู้เข้าร่วมโครงการ

	-		
--	---	--	--

ฉบับที่ 1					ฉบับที่ 2					ฉบับที่ 3				
วันที่สอบ					วันที่สอบ					วันที่สอบ				
/ /					/ /					/ /				
ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.	ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.	ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
1					1					1				
2					2					2				
3					3					3				
4					4					4				

ฉบับที่ 4					ฉบับที่ 5				
วันที่สอบ					วันที่สอบ				
/ /					/ /				
ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.	ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				

คะแนนที่ได้ (4 คะแนน)	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4	ฉบับที่ 5	รวม (20)

แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้

จากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

สังเกตครั้งที่ _____ วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. 2563

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ _____ เรื่อง _____

จำนวน _____ ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ _____ / _____ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

ผู้สอน นายทัศนทร จุฬสวัสดิ์

คำชี้แจง

1. แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ ใช้สำหรับสังเกตการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นเตรียมความพร้อมของนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้ในกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา ครูนำเสนอปรากฏการณ์ให้กับนักเรียนเพื่อใช้ในการศึกษา ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและนักเรียนให้ความสนใจ สามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการศึกษาได้

2) การกำหนดปัญหาและสมมติฐาน นักเรียนระบุปัญหาที่นักเรียนต้องการศึกษาภายใต้คำแนะนำของครู และทำความเข้าใจปัญหาที่ระบุ นำไปสู่การตั้งสมมติฐานในการศึกษา หรือการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

3) การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง นักเรียนพิจารณาปัญหาและสมมติฐานที่นักเรียนได้กำหนดขึ้นเพื่อออกแบบวิธีการทดลองอย่างสร้างสรรค์ภายใต้อุปกรณ์และสารเคมีที่กำหนดให้อย่างจำกัด แล้วพิจารณาเลือกวิธีการทดลองดังกล่าวเพื่อเลือกนำมาใช้ในการศึกษาทดลองกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์จริงอย่างเหมาะสมด้วยเหตุผลที่เชื่อถือได้ทางวิทยาศาสตร์

4) การดำเนินการทดลอง นักเรียนดำเนินการศึกษาและแก้ไขปัญหาคด้วยวิธีการที่นักเรียนระบุไว้ว่าเหมาะสมต่อการศึกษาภายใต้คำแนะนำและการอำนวยความสะดวกของครูผู้สอน แล้วนำผลที่ได้จากการศึกษาทดลองมาประมวลผลร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อสังเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ไปสู่การสรุปและอภิปรายผลการศึกษา

5) การนำเสนอผลการทดลอง นักเรียนนำเสนอข้อสรุป การอภิปราย ปัญหาที่พบ ข้อเสนอแนะ รวมถึงสิ่งอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาหรือปรากฏการณ์นี้เป็นประเด็นสนใจของนักเรียน เพื่อให้ครูประเมินผลที่ได้จากการศึกษาของนักเรียนตามสภาพจริง

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสรุปผลการเรียนรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปประเด็นหรือองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ที่สนใจ โดยอาจเป็นการตอบประเด็นปัญหาที่ครูเตรียมไว้ การเขียนผังความคิด ผังมโนทัศน์ การร่วมอภิปราย หรือวิธีอื่นใดที่เหมาะสม ซึ่งอาจสนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้ และนักเรียนทราบถึงเหตุผลในการสนับสนุนหรือขัดแย้งนั้น ซึ่งผลที่ได้สามารถสร้างความรู้และส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ได้

2. ผู้วิจัยขอความร่วมมือให้ครูประจำรายวิชา ว30222 จลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี หรือครูประจำการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี พิจารณาและประเมินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และระบุนายละเอียดของการสังเกต ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ ในแต่ละขั้นต้องการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

○ ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

	เหตุผลประกอบ
<input type="checkbox"/> ได้	
<input type="checkbox"/> ไม่ได้	
<input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

○ ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

	เหตุผลประกอบ
<input type="checkbox"/> ได้	
<input type="checkbox"/> ไม่ได้	
<input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรคหรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- หากขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรค ท่านมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงปัญหานี้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้

(การเลือกปรากฏการณ์ที่ใช้ในการศึกษา)

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรคหรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- หากขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรค ท่านมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงปัญหานี้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ (การกำหนดปัญหาและสมมติฐาน)

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรคหรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- หากขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรค ท่านมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงปัญหานี้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้

(การวางแผน ออกแบบ และระบุวิธีการทดลอง)

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลศาสตร์เคมี ที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรคหรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- หากขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรค ท่านมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงปัญหานี้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

ขั้นที่ 2 **ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้** (การดำเนินการทดลอง)

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรคหรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- หากขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรค ท่านมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงปัญหานี้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

ขั้นที่ 2 **ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้** (การนำเสนอผลการทดลอง)

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรคหรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- หากขั้นตอนนี้มีปัญหาหรืออุปสรรค ท่านมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงปัญหานี้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุปผลการเรียนรู้

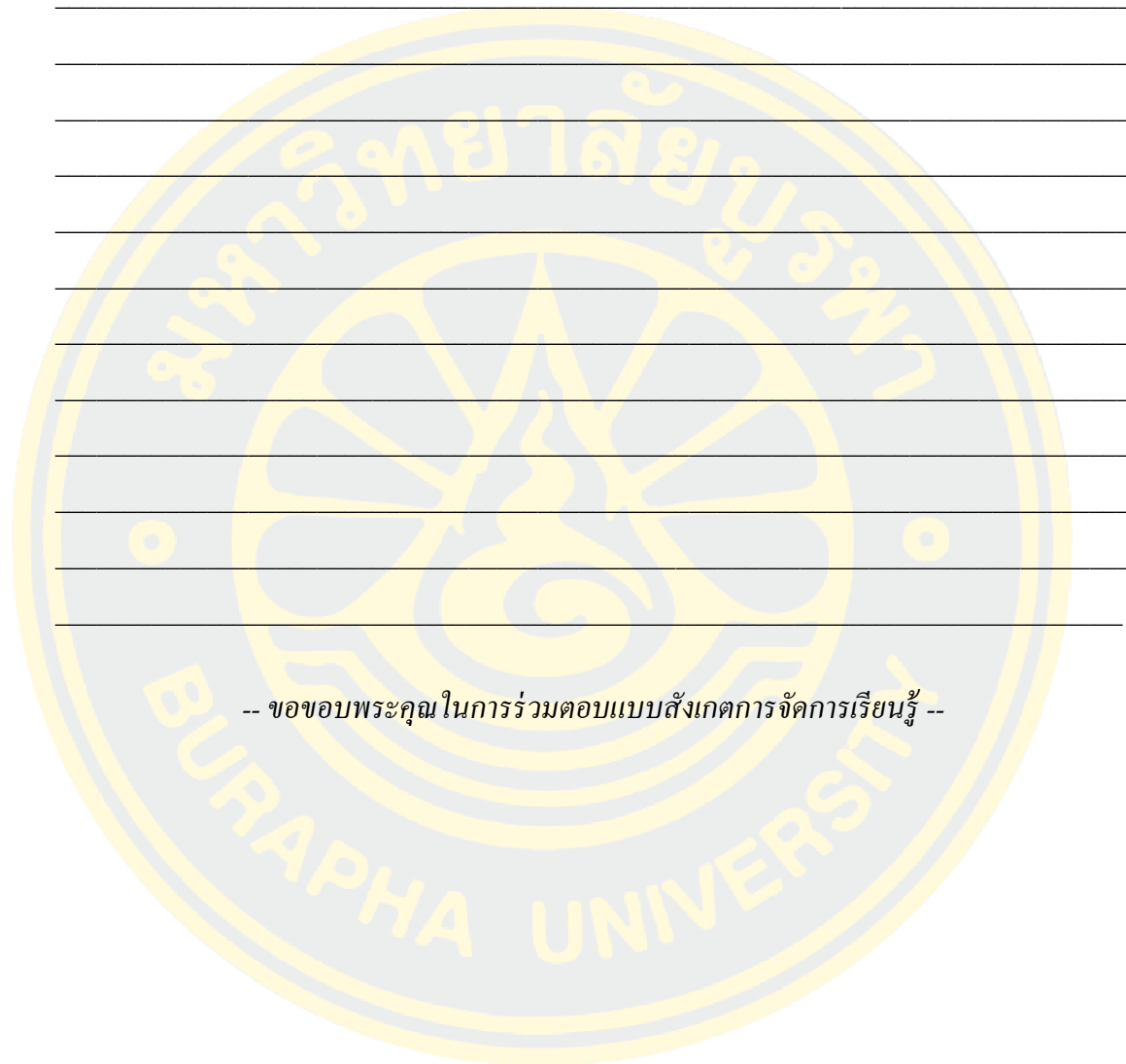
- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง จลนศาสตร์เคมี ที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

- ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

เหตุผลประกอบ	
<input type="checkbox"/> ได้ <input type="checkbox"/> ไม่ได้ <input type="checkbox"/> ไม่แน่ใจ	

○ ท่านมีข้อเสนอแนะต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เรื่อง จลนศาสตร์
เคมี หรือไม่อย่างไร



-- ขอขอบพระคุณในการร่วมตอบแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ --

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ทัณฑธร จุ้ยสวัสดิ์
วัน เดือน ปี เกิด	17 มิถุนายน พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดปราจีนบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	69 ถนนโรงสี ตำบลกบินทร์ อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2561 การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี
	พ.ศ. 2557 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี
	พ.ศ. 2554 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุง จังหวัดปราจีนบุรี
รางวัลหรือทุนการศึกษา	พ.ศ. 2561 ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถ พิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ระดับปริญญาโททางการศึกษา ประเภท Premium สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
	พ.ศ. 2557 โครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา