


การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี  
เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร  
การเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

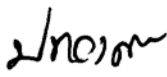
จรรุวรรณ จันทมัตตุการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
พฤศจิกายน 2560  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ จารุวรรณ จันทร์ตุดการ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

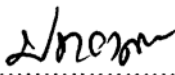
  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศรีสวัสดิ์)

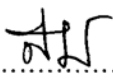
  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญา ทองสอน)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


  
.....ประธาน  
(รองศาสตราจารย์ ดร.อารมภ์ เพชรชื่น)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศรีสวัสดิ์)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญา ทองสอน)

  
.....กรรมการ  
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

  
.....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรินทร์เรืองชัย)

วันที่ 21 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2560

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งกรุณาแนะนำแนวทางในการศึกษาหาความรู้ ให้แนวคิด ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ ระยะเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจมาโดยตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย ผู้วิจัยมีความรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สมศิริ สิงห์หลพ ดร.กิติมา พันธุ์พุกญา ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ อาจารย์ดวงกมล พรพลาณามัย และอาจารย์พิมลพรรณ วงศ์บุรุษ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยได้ให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครูอาจารย์ และขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1, 4/2, 4/3 และ 5/2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนชานาญสามัคคีวิทยา อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ที่ได้ให้ความร่วมมือในการหาคุณภาพเครื่องมือ ดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี จนทำให้การวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อบุญภพ และคุณแม่ประภากร จันทร์มัตตุการ และสมาชิกครอบครัวทุกท่าน ที่ให้กำลังใจ คอยห่วงใย และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ และสาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และมีมิตรภาพที่ดีต่อกันเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวที แต่บุพการี บุรพจารย์ กัลยานิมิต ผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้วิจัย จนประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

จารุวรรณ จันทร์มัตตุการ

58910207: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)/ กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี/ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี/ ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

จากรุวรรณ จันทมัตตการ: การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (A COMPARISON OF LEARNING ACHIEVEMENT AND CHEMISTRY PROBLEM SOLVING SKILLS ON “SOLID LIQUID AND GAS” OF MATTHAYOMSUKSA 4 STUDENTS USING 5E INQUIRY LEARNING CYCLE MODEL WITH POLYA’S PROBLEM SOLVING PROCESS AND CONVENTIONAL) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ค., ปรินญา ทองสอน, ศษ.ค. 190 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชำนาญสุวิทย์วิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 35 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และกลุ่มควบคุม จำนวน 35 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ANCOVA (Analysis of covariance)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊สของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

58910207: MAJOR: SCIENCES TEACHING; M.Ed. (SCIENCES TEACHING)

KEYWORDS: 5E INQUIRY LEARNING CYCLE MODEL/ POLYA'S PROBLEM SOLVING  
PROCESS/ CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENT/ CHEMISTRY  
PROBLEM SOLVING SKILLS/ SOLID LIQUID AND GAS

JARUWAN JANTAMATTUKARN: A COMPARISON OF LEARNING  
ACHIEVEMENT AND CHEMISTRY PROBLEM SOLVING SKILLS ON "SOLID LIQUID  
AND GAS" OF MATTHAYOMSUKSA 4 STUDENTS USING 5E INQUIRY LEARNING  
CYCLE MODEL WITH POLYA'S PROBLEM SOLVING PROCESS AND CONVENTIONAL.  
ADVISORY COMMITTEE: CHADE SIRISAWAS, Ed.D., PARINYA THONGSORN, Ph.D.  
190 P. 2017.

The purpose of this research was to compare Matthayomsuksa 4 students' Chemistry learning achievement and Chemistry problem solving skills on "Solid Liquid and Gas" using 5E inquiry learning cycle model with Polya's problem solving process and conventional teaching. The samples were selected by using multi-stage random sampling. The participants were Matthayomsuksa 4 students who enrolled in Science-Math program of Chamnansamakhiwittaya School in the second semester of the 2016 academic year. The study divided students into 2 groups. The first group included 35 students taught by 5E inquiry learning cycle model with Polya's problem solving process and the second group comprised of 35 students taught by a conventional teaching method. The design of this research was a quasi-experimental design. The data was student's scores collected by using a Chemistry learning achievement test and a Chemistry problem solving skills test. The data was statistically analyzed by using the ANCOVA (Analysis of covariance) test.

The results showed that 1) Chemistry learning achievement on "Solid Liquid and Gas" of students in the experimental first group was significantly higher than those in the control group ( $p < .05$ ). 2) Students' Chemistry problem solving skills on "Solid Liquid and Gas" in the experimental group was significantly higher than those reported in the control group ( $p < .05$ ).

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
สารบัญ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ซ
สารบัญภาพ .....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	6
สมมติฐานการวิจัย .....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	7
ขอบเขตการวิจัย .....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	13
หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา พุทธศักราช 2555 .....	13
ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ .....	23
การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) .....	25
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ .....	37
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา .....	42
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	46
3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	50
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย .....	50
รูปแบบการวิจัย .....	51
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	52
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	52
วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล .....	68

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	68
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	68
4 ผลการวิจัย .....	72
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	72
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	72
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	73
5 สรุปและอภิปรายผล .....	77
สรุปผลการวิจัย .....	77
อภิปรายผล .....	78
ข้อเสนอแนะ .....	82
บรรณานุกรม .....	84
ภาคผนวก .....	90
ภาคผนวก ก .....	91
ภาคผนวก ข .....	93
ภาคผนวก ค .....	135
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....	190

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1	16
2-2	21
2-3	26
2-4	26
2-5	27
2-6	28
2-7	28
2-8	33
2-9	40
3-1	51
3-2	53
3-3	60
3-4	64
4-1	73
4-2	74



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติ ANCOVA .....	75
4-4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติ ANCOVA .....	75
ข-1 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์ .....	94
ข-2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล .....	95
ข-3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎรวมแก๊ส .....	97
ข-4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก .....	98
ข-5 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กฎของอาโวกาโดร .....	100
ข-6 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส .....	101

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-7 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์ .....	103
ข-8 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล .....	104
ข-9 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎรวมแก๊ส .....	106
ข-10 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก .....	107
ข-11 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กฎของอาโวกาโดร .....	109
ข-12 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส .....	110
ข-13 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์ .....	112
ข-14 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล .....	113
ข-15 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎรวมแก๊ส .....	114
ข-16 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก .....	115

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-17 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กฎของอาโวกาโดร .....	116
ข-18 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส .....	117
ข-19 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์ .....	118
ข-20 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล .....	119
ข-21 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎรวมแก๊ส .....	120
ข-22 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก .....	121
ข-23 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กฎของอาโวกาโดร .....	122
ข-24 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส .....	123
ข-25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส....	124
ข-26 ค่าหาความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส .....	127

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส .....	129
ข-28 ค่าหาความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส .....	130
ข-29 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง	131
ข-30 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มควบคุม	132
ข-31 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง .....	133
ข-32 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มควบคุม .....	134

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	9
2-1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) หรือ Inquiry cycle.....	32

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ศตวรรษที่ 21 เป็นศตวรรษแห่งการเปลี่ยนแปลงทางสังคมโลก เป็นโลกแห่งการติดต่อสื่อสารที่รวดเร็วและไร้พรมแดน (สกุล มูลแสดง, 2554, หน้า 53) ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง การที่มนุษย์จะใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อให้เข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้นนั้น มนุษย์จำเป็นต้องมีการพัฒนาทางการศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาประเทศในฐานะที่มีบทบาทโดยตรงต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ การให้การศึกษาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ถูกต้องเหมาะสมนั้น จะทำให้มนุษย์มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการปรับตัวให้ทันกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้รู้จักค้นคว้าหาเหตุผลเพื่อนำใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างรอบคอบ ทำให้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำสิ่งใหม่ที่เป็นประโยชน์เข้ามาใช้ในการพัฒนาประเทศ ซึ่งเป็นการนำหลักความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ได้อย่างเหมาะสม (รัชณี ทุมวงศ์, 2546, หน้า 1) นอกจากนั้นแล้ววิทยาศาสตร์ยังมีส่วนช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนากระบวนการและวิธีการ ไม่ว่าจะเป็นการคิดที่เป็นเหตุเป็นผลการคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ และการคิดวิจารณ์ นอกจากนั้นแล้วยังช่วยพัฒนาให้มนุษย์มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย สามารถอ้างอิงเพื่อตรวจสอบได้ และวิทยาศาสตร์ยังถือว่าเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้นมนุษย์ทุกคนจึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for All) เพื่อจะได้มีความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และสามารถนำความรู้ที่ได้ดังกล่าวไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 92)

แม้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต แต่ความสามารถทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยก็ยังไม่ได้มาตรฐานเท่าที่ควรจะเป็น ซึ่งพิจารณาได้จากรายงานการประเมินการรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for international student assessment หรือ PISA) โดย PISA เป็นการทดสอบที่เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนในวัย 15 ปี ที่จะใช้ความรู้และทักษะเพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน มีโครงสร้างของการประเมินที่ประกอบด้วย

หมวดเนื้อหา (Content) หมวดกระบวนการ (Process) และหมวดความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (Fundamental capabilities) ซึ่งการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมถึงการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแปลความหมายข้อมูล และประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, หน้า 1) ผลการประเมินพบว่า ในปี ค.ศ. 2006, 2009 และ 2012 นักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยทางด้านวิทยาศาสตร์ 429, 425 และ 444 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไทยมีแนวโน้มคะแนนสูงขึ้น แต่ยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของที่ Organization for economic Co-operation and development (OECD) ได้กำหนดไว้ที่ 500 คะแนน และถูกจัดไว้ในกลุ่มสมรรถนะวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับประเทศเอเชียกลุ่มคะแนนสูงที่มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างน้อยมาก (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, หน้า 18-19) จากผลการประเมิน PISA ของนักเรียนไทยที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ต่ำนั้น ทำให้เห็นภาพได้ชัดเจนว่า นักเรียนไทยยังขาดความรู้ ความสามารถ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาในแบบทดสอบ PISA ได้ ซึ่งสิ่งดังกล่าวนี้อาจส่งผลเสียทั้งต่อตนเองและส่วนรวมหรือระดับชาติ ในด้านการแข่งขันทางเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศให้ทัดเทียมกับนานาประเทศ (จินตนา สุจจันท์, 2554, หน้า 18) ประกอบกับผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (Ordinary national educational test: O-NET) ซึ่งเป็นการวัดผลระดับประเทศใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของโรงเรียนในสังกัดต่าง ๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ ซึ่งใช้วัดความรู้และความคิดของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6, ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการทดสอบพบว่า คะแนนของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2555-2557 นักเรียนไทยมีคะแนนในวิชาวิทยาศาสตร์ลดลงและเพิ่มขึ้นสลับกัน แต่อย่างไรก็ตามผลคะแนนทั้งหมดที่กล่าวมานั้นกลับต่ำกว่าร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่าประเทศไทย ยังไม่ประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบ O-NET ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา อำเภอแกลง จังหวัดระยอง จำนวน 3 ปีซ้อนหลัง ผลปรากฏว่า ปีการศึกษา 2555-2557 มีผลคะแนนอยู่ที่ 31.12, 28.2 และ 31.57 ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยควรเท่ากับหรือมากกว่า 50 คะแนน และจากการศึกษาผลคะแนนตามมาตรฐานการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ปีการศึกษา 2557 ในสาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 27.46 ซึ่งถือว่าเป็นค่าคะแนนที่อยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยในสาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับรายวิชาเคมี ซึ่งเป็นอีกสาขาหนึ่งที่มีความสำคัญในวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นเนื้อหาที่ถูกจัดอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 110) โดยรายวิชาเคมีจะเน้นการศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับมหภาค (Macroscopic level) คือ การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของสสารที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า ระดับจุลภาค (Sub-microscopic level) คือ การอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของสสารที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) คือ ระดับที่นักเคมีใช้สัญลักษณ์แทนสิ่งต่าง ๆ (กรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ้ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ, 2558, หน้า 100) หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เป็นหน่วยการเรียนรู้หนึ่งในรายวิชาเคมีที่มีความสำคัญมาก จึงถูกจัดไว้เป็นรายวิชาเพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ที่เน้นการเรียนวิทยาศาสตร์ สำหรับหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มีลักษณะเนื้อหาเป็นนามธรรมและต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ร่วมด้วย โดยลำดับของเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้นี้ เริ่มต้นจากการเรียนในหัวข้อพลังงานกับการเปลี่ยนสถานะ สมบัติของของแข็ง สมบัติของของเหลว สมบัติของแก๊ส และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส ของเหลว และของแข็ง จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่เคยเรียนหน่วยการเรียนรู้นี้ ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายวิชาเคมี และจากประสบการณ์การเป็นครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของผู้วิจัยเองพบว่า หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เป็นหน่วยการเรียนรู้หนึ่งที่ประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอน และนักเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นเนื้อหาวิชาและการจดจำในสิ่งที่ครูสอน เพื่อใช้ในการแข่งขันกับผู้อื่นมากกว่าการพัฒนาทักษะกระบวนการเรียนรู้หรือการพัฒนาที่ตัวนักเรียน และนอกจากนั้นยังพบว่า นักเรียนขาดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มองว่าโจทย์ปัญหามีลักษณะที่ค่อนข้างยาก มีความซับซ้อน และที่สำคัญต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ร่วมด้วย จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ได้ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบหนึ่งที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 ก, หน้า 219) มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ คิดค้น แก้ปัญหา และหาคำตอบจากปัญหาโดยใช้วิธีการหรือกระบวนการที่เป็นระบบเพื่อให้ได้คำตอบที่มีเหตุผล ในกระบวนการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้เรียนต้องสามารถคิดได้หลายระดับ โดยการใช้คำถามเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ และครูมีหน้าที่ในการจัดเตรียมบรรยากาศการเรียนรู้ให้เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าความรู้ได้ด้วยตนเอง กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม (Constructivism) ซึ่งทฤษฎีนี้ได้ให้ความสำคัญกับความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่เพื่อประยุกต์เข้ากับความรู้ใหม่ที่ได้รับ



แล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 ข, หน้า 220) นักฟิสิกส์ชาวสหรัฐอเมริกา คือ คาร์พลัส (Karplus, 1977, p. 174) ได้นำเสนอ วัฏจักรการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ และช่วยลดความเบื่อหน่ายของการเรียนในห้องเรียน และจากงานวิจัย ปี ค.ศ. 1977 ของ Cambell พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงกว่าวิธีแบบดั้งเดิม อีกทั้งยังส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นอีกด้วย (Lawson & Anton, 1995, pp. 423-424) นอกจากนี้ยังพบว่า ผลการวิจัยของ วิชาญเลิศพล (2543, หน้า 121) ซึ่งได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนตามกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ นั้นเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นผู้คิดและได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง ซึ่งเป็นผลดีต่อตัวผู้เรียน และยังส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถที่จะพัฒนากระบวนการคิด การแก้ปัญหา และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในเวลาต่อมาสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้มีการนำเสนอวิธีการสอนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ โดยเสนอการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา โดยมีครูเป็นผู้กำกับ ควบคุม ให้คำปรึกษา ชี้แนะ ช่วยเหลือ และเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

- 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย โดยอาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มในเรื่องที่สนใจ หรืออาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เคยเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ศึกษา และในกรณีที่ไม่มีประเด็นใดที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูเสนอเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา
- 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อผู้เรียนทำความเข้าใจกับประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็จะมีการวางแผนเพื่อกำหนดแนวทางสำหรับการตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป
- 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อผู้เรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป รูปภาพ หรือสร้างตาราง เป็นต้น

ซึ่งการค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลที่ได้ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้ให้กับผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ 4) ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ หากผู้เรียนสามารถใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่า ผู้เรียนเกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น 5) ชั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นชั้นการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ทราบว่า ผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้ไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ หรืออาจการนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า Inquiry cycle ดังนั้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหา หลักการ และทฤษฎี ตลอดจนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อให้ได้ความรู้ที่จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนต่อไป (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 ข, หน้า 219-220)

การสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหา นั้น ผู้สอนจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอ มีการจัดสถานการณ์ที่น่าสนใจและท้าทายให้ออกคิด โดยอาจเริ่มต้นด้วยปัญหาที่เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียนแต่ละคน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 ก, หน้า 15) ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในรายวิชาเคมี นอกจากต้องการให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นแล้วนั้น ยังต้องการให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาด้วย ซึ่งการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มีจุดประสงค์เพื่อช่วยเหลือผู้เรียนในด้านการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียนในบางครั้งยังไม่สามารถทำได้ด้วยตนเอง ผู้สอนจะต้องเป็นผู้คอยช่วยเหลือและชี้แนะผู้เรียนเพื่อให้ค้นพบหนทางในการแก้โจทย์ปัญหา โดยกระบวนการแก้ ปัญหาของโพลยานั้น ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน นั่นคือ 1) ขั้นเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบ กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีความชัดเจน สามารถทำให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ดังที่งานวิจัยของ พนารัตน์ วัตไทยสง (2544, บทคัดย่อ) ซึ่งได้ทำการจัดการเรียนการสอนแบบเสาะหาความรู้ที่เน้นการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนสูงขึ้น นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยของ อรพินท์ ชื่นชอบ (2549, บทคัดย่อ)

ซึ่งได้จัดการเรียนการสอนแบบเสาะหาความรู้ที่โดยเสริมการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนสูงขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยและเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส โดยมีการนำกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มาใช้ร่วมกับขั้นตอนขยายความรู้ของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

### สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ในรายวิชาเคมี โดยใช้การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ ปัญหาของ โพลยา ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี
2. ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
3. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส สูงขึ้น
4. เป็นแนวทางให้กับครูที่สนใจจะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาให้กับนักเรียนของตน
5. เป็นแนวทางสำหรับผู้บริหารสถานศึกษา ที่จะส่งเสริมสนับสนุนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ ปัญหาของ โพลยา เพื่อใช้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น

## ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
  - 1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สหวิทยาเขต ระยอง 2 จำนวน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแกลง อำเภอวังจันทร์ และอำเภอเขาชะเมา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559
  - 1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) โดยเรียงลำดับ ดังนี้
    - ขั้นตอนที่ 1 ทำการสุ่มอำเภอในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สหวิทยาเขต ระยอง 2 มาจำนวน 1 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแกลง ซึ่งประกอบด้วย 5 โรงเรียน คือ โรงเรียนแกลง (วิทยสถาวร) โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา โรงเรียนมกุฎเมืองราชวิทยาลัย โรงเรียนสุนทรภู่พิทยา และโรงเรียนห้วยยางศึกษา ทำการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สหวิทยาเขต ระยอง 2 อำเภอแกลง มาจำนวน 1 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนชานาญสามัคคีวิทยา ทำการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสุ่มกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากห้องเรียนแผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชานาญสามัคคีวิทยา มาจำนวน 2 ห้องเรียน ทำการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ได้แก่

- กลุ่มทดลอง นักเรียนห้อง 1 จำนวน 35 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

- กลุ่มควบคุม นักเรียนห้อง 2 จำนวน 35 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

## 2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับ กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยผู้วิจัยใช้หัวข้อเรื่อง แก๊ส มาทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 กฎของบอยล์

3.2 กฎของชาร์ล

3.3 กฎรวมแก๊ส

3.4 กฎของเกย์-ลูสแซก

3.5 กฎของอโวกาโดร

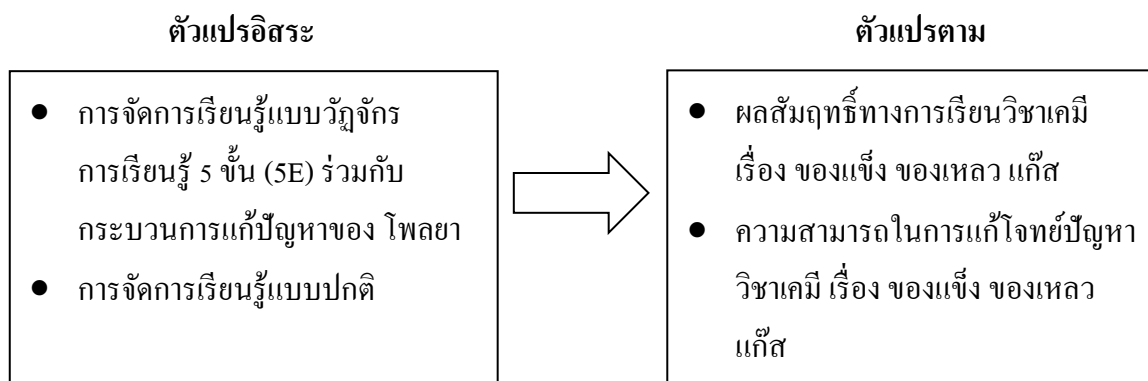
3.6 อัตราการแพร่ของแก๊ส

## 4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลา ในการทดลอง 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับการกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา หมายถึง รูปแบบการสอนตามขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น (5E) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยมีการนำกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบ มาใช้ร่วมกับขั้นขยายความรู้ ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูครูยกตัวอย่าง สื่อ สถานการณ์ หรือปัญหา และใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนระลึกความรู้เดิมที่เป็นพื้นฐานหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่เรียน เพื่อให้นักเรียนสนใจอยากรู้ อยากเห็น ในกิจกรรมและเตรียมความพร้อมที่จะนำเข้าสู่บทเรียนหรือปัญหาใหม่

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ครูกำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ให้กับนักเรียน ได้ทำการคิดวางแผน, สำรวจ, ตรวจสอบ, ตั้งสมมติฐาน และลงมือปฏิบัติ เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูล

1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

1.4 **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม แล้วนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น โดยผ่านกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และอาจมีการให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนโดยครูผู้สอน

1.5 **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นขั้นที่ครูทำการประเมินความรู้นักเรียนด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด

2. **การจัดการเรียนรู้แบบปกติ** หมายถึง รูปแบบการสอนตามขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่ใช้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา ดังนี้

2.1 **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นขั้นที่ครูครูยกตัวอย่าง คือ สถานการณ์หรือปัญหา และใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนระลึกความรู้เดิมที่เป็นพื้นฐานหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่เรียน เพื่อให้นักเรียนสนใจอยากรู้อยากเห็น ในกิจกรรมและเตรียมความพร้อมที่จะนำเข้าสู่บทเรียนหรือปัญหาใหม่

2.2 **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เป็นขั้นที่ครูกำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ให้กับนักเรียนได้ทำการคิดวางแผน, สำรวจ, ตรวจสอบ, ตั้งสมมติฐาน และลงมือปฏิบัติ เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูล

2.3 **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

2.4 **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม แล้วนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น และอาจมีการให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนโดยครูผู้สอน

2.5 **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นขั้นที่ครูทำการประเมินความรู้นักเรียนด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด

3. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง คะแนนความสามารถในการตอบแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยครอบคลุมพฤติกรรม 6 ด้าน ดังนี้

3.1 **ความรู้ความจำ (Knowledge)** หมายถึง ความสามารถในการจดจำที่ได้เรียนรู้อย่างมาแล้ว เป็นเรื่องเกี่ยวกับความรู้ คำศัพท์ คำนิยาม ข้อเท็จจริง หลักการ โครงสร้าง กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3.2 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถที่นำความรู้มาอธิบาย  
ตีความ แปลความ ขยายความ และสรุปใจความสำคัญได้

3.3 การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจ  
ที่มีไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่แตกต่างจากสิ่งที่เคยได้เรียน

3.4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว สิ่งต่าง ๆ  
ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งเหล่านั้น ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร  
อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

3.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อย  
ต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะ โครงสร้าง หรือหน้าที่ใหม่ที่แปลก  
แตกต่างไปจากของเดิม

3.6 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือ  
ลงข้อสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหา และวิธีการต่าง ๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้

4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัด  
ความรู้ความสามารถด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ของผู้เรียนที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ว่าบรรลุผล  
สำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด ซึ่งแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก  
จำนวน 30 ข้อ

5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี หมายถึง การนำความรู้มาใช้ในการคิด  
และระบุวิธีการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ตามกระบวนการแก้ปัญหา  
ของโพลยา ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

5.1 ขั้นเข้าใจปัญหา หมายถึง ขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนฝึกอ่าน โจทย์เพื่อพิจารณาสิ่งที่  
โจทย์กำหนดไว้ว่ามีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง เพียงพอสำหรับการแก้ปัญหานั้นหรือไม่ และสิ่งที่โจทย์  
ต้องการทราบคืออะไร ถ้ายังไม่ชัดเจนในโจทย์อาจวาดรูปและแยกแยะสถานการณ์ หรือเงื่อนไข  
ในโจทย์ออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจโจทย์มากขึ้น

5.2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง ขั้นตอนที่ฝึกให้นักเรียนหาความสัมพันธ์ระหว่าง  
ข้อมูลที่กำหนดและสิ่งที่ต้องการหา เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับลักษณะ  
ของโจทย์ปัญหา

5.3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง ขั้นตอนที่ฝึกให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผน  
ที่วางไว้เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา ด้วยการรู้จักเลือกวิธีการคิดคำนวณ สมบัติ กฎ หรือสูตร  
ที่เหมาะสมมาใช้



5.4 ชั้นตรวจสอบ หมายถึง ขั้นตอนที่ฝึกให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยการพิจารณาและตรวจดูว่าผลลัพธ์ถูกต้องและมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือได้หรือไม่ ซึ่งสามารถใช้วิธีการอีกวิธีการหนึ่งตรวจสอบดูว่าผลลัพธ์ที่ได้ตรงกันหรือไม่ หรืออาจใช้การประมาณค่าของคำตอบอย่างคร่าว ๆ

6. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส แบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ โดยในแบบทดสอบมีการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้กับนักเรียนดำเนินการคิดแก้โจทย์ปัญหา ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา พุทธศักราช 2555
2. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้
3. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา พุทธศักราช 2555

#### ความนำ

ในปีการศึกษา 2553 กระทรวงศึกษาธิการให้ใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และภายในปีการศึกษา 2555 เป็นต้นไป ให้ใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ทุกชั้นเรียน

ให้ใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้มีการกำหนด วิสัยทัศน์ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด โครงสร้างเวลาเรียนของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ในแต่ละชั้นปี ตลอดจนเกณฑ์การวัด ประเมินผลให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และมีความชัดเจนต่อการนำไปปฏิบัติ เพื่อใช้เป็นทิศทางในการจัดทำหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนในแต่ละระดับ โดยเปิดโอกาสให้สถานศึกษาเพิ่มเติมตามความพร้อมและจุดเน้น

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมอบหมายให้สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา จัดทำกรอบหลักสูตรระดับท้องถิ่น และให้สถานศึกษาได้จัดทำหลักสูตรสถานศึกษา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อนำไปใช้เป็นกรอบและทิศทางในการจัด

การเรียนการสอน ให้ผู้เรียนมีคุณภาพด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาต่อระดับสูงและการดำรงชีวิตในสังคมที่เปลี่ยนแปลง รู้จักแสวงหาความรู้ เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตามศักยภาพของผู้เรียน และโรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา ได้จัดทำหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา พุทธศักราช 2553 (ฉบับปรับปรุง 2555) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยได้ปรับเปลี่ยนโครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติมและคำอธิบายรายวิชา

### วิสัยทัศน์

โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา จัดทำหลักสูตร โรงเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ และการประกอบอาชีพ โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพ ดังวิสัยทัศน์ที่ว่า “มุ่งมั่นพัฒนาผู้เรียนเต็มศักยภาพ มีความรู้ คู่คุณธรรม นำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สร้างสุขนิสัยที่ดี มีทักษะทางภาษา ร่วมพัฒนาสิ่งแวดล้อมพร้อมประสานชุมชน”

### สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

#### 1. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะที่สำคัญ 5 ประการดังต่อไปนี้

1.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิดความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

1.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

1.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

1.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

1.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

## 2. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังต่อไปนี้

- 2.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- 2.2 ซื่อสัตย์สุจริต
- 2.3 มีวินัย
- 2.4 ใฝ่เรียนรู้
- 2.5 อยู่อย่างพอเพียง
- 2.6 มุ่งมั่นในการทำงาน
- 2.7 รักความเป็นไทย
- 2.8 มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

### โครงสร้างเวลาเรียน ระดับมัธยมศึกษา

ตารางที่ 2-1 โครงสร้างเวลาเรียน ระดับมัธยมศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้/ กิจกรรม	เวลาเรียน			
	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น			ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
	ม. 1	ม. 2	ม. 3	ม. 4-6
กลุ่มสาระการเรียนรู้				
ภาษาไทย	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	240 (6 นก.)
คณิตศาสตร์	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	240 (6 นก.)
วิทยาศาสตร์	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	240 (6 นก.)
สังคมศึกษา ศาสนา และ วัฒนธรรม	160 (4 นก.)	160 (4 นก.)	160 (4 นก.)	320 (8 นก.)
- ประวัติศาสตร์				
- ศาสนา ศีลธรรม จริยธรรม				
- หน้าที่พลเมือง วัฒนธรรม และการดำรงชีวิตในสังคม				
- ภูมิศาสตร์				
- เศรษฐศาสตร์				
สุขศึกษาและพลศึกษา	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	120 (3 นก.)
ศิลปะ	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	120 (3 นก.)
การทำงานอาชีพและเทคโนโลยี	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	80 (2 นก.)	120 (3 นก.)
ภาษาต่างประเทศ	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	120 (3 นก.)	240 (6 นก.)
รวมเวลาเรียน (พื้นฐาน)	880 (22 นก.)	880 (22 นก.)	880 (22 นก.)	1,640 (41 นก.)
รายวิชาเพิ่มเติม	ปีละไม่เกิน 200 ชั่วโมง			ไม่น้อยกว่า 1,600 ชั่วโมง
กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน				
กิจกรรมแนะแนว	25	25	25	120
กิจกรรมแนะแนว				
- ลูกเสือ ยุวกาชาด	40	40	40	
- ชุมนุม	40	40	40	120

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

กลุ่มสาระการเรียนรู้/ กิจกรรม	เวลาเรียน			
	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น			ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
	ม. 1	ม. 2	ม. 3	ม. 4-6
กิจกรรมเพื่อสังคมและ สาธารณประโยชน์	15	15	15	120
รวมเวลากิจกรรมพัฒนา ผู้เรียน	120	120	120	360
รวมเวลาเรียนทั้งหมด	ไม่น้อยกว่า 1,200 ชั่วโมง/ปี			รวม 3 ปี ไม่น้อยกว่า 3,600 ชั่วโมง/ปี

### เกณฑ์การจบการศึกษา

เกณฑ์การจบการศึกษาของโรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา ได้กำหนดให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แยกตามระดับการศึกษาที่โรงเรียนเปิดสอน ดังต่อไปนี้

#### 1. เกณฑ์การจบระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

- 1.1 ผู้เรียนเรียนรายวิชาพื้นฐานและเพิ่มเติม จำนวน 81 หน่วยกิต โดยเป็นรายวิชาพื้นฐาน 66 หน่วยกิต และรายวิชาเพิ่มเติม จำนวน 15 หน่วยกิต
- 1.2 ผู้เรียนต้องได้หน่วยกิตตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า 77 หน่วยกิต โดยเป็นรายวิชาพื้นฐาน 66 หน่วยกิต และรายวิชาเพิ่มเติมไม่น้อยกว่า 11 หน่วยกิต
- 1.3 ผู้เรียนมีผลการประเมินการอ่าน คิดวิเคราะห์และเขียน ในระดับ “ผ่าน” ขึ้นไป
- 1.4 ผู้เรียนมีผลการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ในระดับ “ผ่าน” ขึ้นไป
- 1.5 ผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนและได้รับการตัดสินผลการเรียน “ผ่าน”

#### ทุกกิจกรรม

#### 2. เกณฑ์การจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

- 2.1 ผู้เรียนเรียนรายวิชาพื้นฐานและเพิ่มเติม จำนวน 81 หน่วยกิต โดยเป็นรายวิชาพื้นฐาน 41 หน่วยกิต และรายวิชาเพิ่มเติม จำนวน 40 หน่วยกิต
- 2.2 ผู้เรียนต้องได้หน่วยกิตตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า 77 หน่วยกิต โดยเป็นรายวิชาพื้นฐาน 41 หน่วยกิต และรายวิชาเพิ่มเติมไม่น้อยกว่า 36 หน่วยกิต
- 2.3 ผู้เรียนมีผลการประเมินการอ่าน คิดวิเคราะห์และเขียน ในระดับ “ผ่าน” ขึ้นไป

- 2.4 ผู้เรียนมีผลการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ในระดับ “ผ่าน” ขึ้นไป  
 2.5 ผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนและได้รับการตัดสินผลการเรียน “ผ่าน”

ทุกกิจกรรม

### โครงสร้างกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

#### 1. รายวิชาพื้นฐาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	331101	ฟิสิกส์พื้นฐาน	เวลา 80 ชั่วโมง	จำนวน 2.0 หน่วยกิต
	331121	เคมีพื้นฐาน	เวลา 60 ชั่วโมง	จำนวน 1.5 หน่วยกิต
	331141	ชีววิทยาพื้นฐาน	เวลา 60 ชั่วโมง	จำนวน 1.5 หน่วยกิต
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	330161	ดาราศาสตร์พื้นฐาน	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต

#### 2. รายวิชาเพิ่มเติม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	331201	ฟิสิกส์ 1	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต
	331221	เคมี 1	เวลา 60 ชั่วโมง	จำนวน 1.5 หน่วยกิต
	331241	ชีววิทยา 1	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	332201	ฟิสิกส์ 2	เวลา 80 ชั่วโมง	จำนวน 2.0 หน่วยกิต
	332202	ฟิสิกส์ 3	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต
	332221	เคมี 2	เวลา 60 ชั่วโมง	จำนวน 1.5 หน่วยกิต
	332222	เคมี 3	เวลา 80 ชั่วโมง	จำนวน 2.0 หน่วยกิต
	332241	ชีววิทยา 2	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต
	332242	ชีววิทยา 3	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	333201	ฟิสิกส์ 4	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต
	333202	ฟิสิกส์ 5	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต
	333221	เคมี 4	เวลา 60 ชั่วโมง	จำนวน 1.5 หน่วยกิต
	333222	เคมี 5	เวลา 60 ชั่วโมง	จำนวน 1.5 หน่วยกิต
	333241	ชีววิทยา 4	เวลา 80 ชั่วโมง	จำนวน 2.0 หน่วยกิต
	333242	ชีววิทยา 5	เวลา 40 ชั่วโมง	จำนวน 1.0 หน่วยกิต

### คำอธิบายรายวิชา

รหัสวิชา ว31221 ชื่อรายวิชา เคมีเพิ่มเติม 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 เวลา 60 ชั่วโมง

จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษา วิเคราะห์ เกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุล จำนวน โมลกับมวลของสาร ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย สมบัติบางประการของสารละลาย การคำนวณเกี่ยวกับสูตรเคมี การคำนวณมวลเป็นร้อยละจากสูตร การคำนวณหาสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุล สมการเคมี การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี มวลของสารในปฏิกิริยาเคมี ปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี กฎของเกย์-ลูสแซก กฎของอาโวกาโดร ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมี สารกำหนดปริมาณ การคำนวณจากสมการเคมีที่เกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งสมการ ผลได้ร้อยละ สมบัติของของแข็ง การจัดเรียงอนุภาคของของแข็ง ชนิดของผลึก การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง สมบัติของของเหลว ความตึงผิว การระเหย ความดันไอกับจุดเดือดของของเหลว สมบัติของแก๊ส ความสัมพันธ์ของปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิของแก๊ส กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมแก๊ส กฎแก๊สสมบูรณ์ การแพร่ของแก๊ส เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส การทำน้ำแข็งแห้ง การสกัดสารโดยใช้ CO<sub>2</sub> ในรูปของไหล การทำไนโตรเจนเหลว

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย

เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิด สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

### ผลการเรียนรู้ รวมทั้งหมด 24 ผลการเรียนรู้

- อธิบายความหมายของมวลอะตอม คำนวณหามวลอะตอมของธาตุ มวลของธาตุ 1 อะตอม และมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ
- อธิบายความหมายของมวลโมเลกุล คำนวณหามวลโมเลกุลของสารหรือมวลสูตร และมวลของสาร 1 โมเลกุล
- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ของสาร ซึ่งได้แก่ จำนวนโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP รวมทั้งใช้ความสัมพันธ์คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่ง
- อธิบายวิธีเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นหรือปริมาตรตามต้องการ และคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ที่กำหนดให้



5. เปรียบเทียบจุดเดือด จุดเยือกแข็ง หรือสารต่อไปนี้
  - 5.1 สารละลายกับตัวทำละลาย
  - 5.2 สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่ความเข้มข้นต่างกัน
  - 5.3 สารละลายที่มีตัวทำละลายต่างชนิดกัน แต่ความเข้มข้นเท่ากัน
6. กำหนดหามวลเป็นร้อยละของธาตุองค์ประกอบจากสูตรที่กำหนดให้
7. กำหนดหาสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุลของสาร
8. เขียนและดุลสมการเคมีเมื่อทราบสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
9. กำหนดหามวลของสารในปฏิกิริยาที่เป็นไปตามกฎทรงมวล
10. กำหนดหาอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมตัวกันเป็นสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่
11. สรุปข้อความของกฎเกย์-ลุสแซก และกฎอาโวกาโดร พร้อมทั้งใช้กฎทั้งสองกำหนดหาปริมาตรของแก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีและสูตรโมเลกุลของแก๊ส
12. กำหนดหาจำนวนโมล มวลของสาร ปริมาตรของแก๊สที่ STP หรือจำนวนอนุภาคของสารจากสมการเคมี
13. ระบุสารกำหนดปริมาณ และใช้กำหนดหาปริมาณของสารอื่นในปฏิกิริยาเคมี
14. กำหนดหาผลได้ร้อยละของสารจากการทดลองที่กำหนดให้
15. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล นำเสนอข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลอง เกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย การหาจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลายอัตราส่วนจำนวน โมลของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน และอัตราส่วนโดยปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยา
16. อธิบายสมบัติบางประการของของแข็ง
17. อธิบายเหตุผลที่ทำให้ธาตุบางชนิดปรากฏเป็นรูปต่าง ๆ
18. อธิบายสมบัติของของเหลวเกี่ยวกับความตึงผิว การระเหย และการเกิดความดันไอ
19. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอ กับจุดเดือดของเหลว
20. ใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊ส
21. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊ส
22. ใช้กฎต่าง ๆ ของแก๊ส กำหนดหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส
23. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่ของแก๊สกับมวล โมเลกุล รวมทั้งสามารถเปรียบเทียบอัตราการแพร่และอัตราการแพร่ผ่านของแก๊ส

24. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และสรุปผลการทดลอง เพื่อศึกษารูปผลึกกำมะถัน การเปรียบเทียบความดันไอของของเหลว ผลของความดันหรืออุณหภูมิ ต่อปริมาตรของแก๊ส และการแพร่ของแก๊ส

ตารางที่ 2-2 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1. พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะ	1. สรุปข้อความของกฎเกย์-ลุสแซก และกฎของอาโวกาโดร พร้อมทั้งใช้กฎทั้งสองคำนวณหาปริมาตรของแก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีและสูตร โมเลกุลของแก๊ส
2. สมบัติของของแข็ง	2. อธิบายสมบัติบางประการของของแข็ง
3. สมบัติของของเหลว	3. อธิบายเหตุผลที่ทำให้ธาตุบางชนิดปรากฏเป็นรูปต่าง ๆ
4. สมบัติของแก๊ส	4. อธิบายสมบัติของของเหลวเกี่ยวกับความตึงผิว การระเหย และการเกิดความดันไอ
5. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแก๊สของเหลว และของแข็ง	5. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอกับจุดเดือดของของเหลว
	6. ใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายสมบัติบางประการของแก๊ส
	7. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของแก๊ส
	8. ใช้กฎต่าง ๆ ของแก๊ส คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส
	9. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่ของแก๊สกับมวล โมเลกุล รวมทั้งสามารถเปรียบเทียบอัตราการแพร่และอัตราการแพร่ผ่านของแก๊ส
	10. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล แปลความข้อมูล และสรุปผล การทดลอง เพื่อศึกษารูปผลึกกำมะถัน เปรียบเทียบความดันไอของของเหลว ผลของความดันหรืออุณหภูมิต่อปริมาตรของแก๊ส และการแพร่ของแก๊ส

### สรุปสาระสำคัญ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มีดังนี้

อนุภาคของของแข็งอยู่ใกล้ชิดกันมาก แรงยึดเหนี่ยวของของแข็งจึงมีค่ามากทำให้ของแข็งมีรูปร่างแน่นอน ปริมาตรแน่นอน และจุดเดือดชัดเจนคงที่ ผลึกในของแข็งมี 5 แบบ คือ ผลึกโมเลกุล ผลึกโคเวเลนต์ร่างตาข่าย ผลึกโลหะ ผลึกไอออนิก และของแข็งอสัณฐาน

อนุภาคของของเหลวอยู่ห่างกันและไม่เป็นระเบียบ แรงยึดเหนี่ยวของของเหลวจึงมีค่าน้อยทำให้ของเหลวมีรูปร่างไม่แน่นอน ปริมาตรแน่นอน และอนุภาคเคลื่อนที่ได้ง่ายจึงสามารถแพร่ได้ ผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุลของของเหลวมีทิศลงเรียกว่าแรงดึงดูด งานที่ใช้ในการทำให้โมเลกุลของของเหลว 1 หน่วย หลุดออกจากผิวของเหลว เรียกว่า ความตึงผิว ถ้าแรงยึดติดของของเหลวมีค่ามากกว่าแรงเชื่อมแน่นภาชนะจะเปียกและผิวของของเหลวจะเว้าลง ถ้าโมเลกุลของของเหลวที่อยู่ผิวหน้ามีพลังงานจลน์มากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โมเลกุลที่ผิวหน้าจะหลุดออก เรียกว่า การระเหย ของเหลวที่อยู่ในภาชนะปิด ถ้าอัตราการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นไอกับอัตราการเปลี่ยนจากไอลงมาเป็นของเหลวมีค่าคงที่ แรงกระทำต่อภาชนะของไอ เรียกว่า ความดันไอของของเหลว อุณหภูมิขณะที่ของเหลวมีความดันไอเท่ากับความดันบรรยากาศ เรียกว่า จุดเดือดของของเหลว

อนุภาคของแก๊สอยู่ห่างกันมากและไม่เป็นระเบียบ ทำให้แก๊สมีรูปร่างไม่แน่นอน ปริมาตรเป็นไปตามภาชนะบรรจุ และอนุภาคเคลื่อนที่ได้ง่ายด้วยอัตราเร็วคงที่และไม่เป็นระเบียบ จึงสามารถแพร่ได้ พลังงานจลน์ของระบบคงที่และแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เรียกแก๊สที่มีสมบัติตามทฤษฎีจลน์ว่า แก๊สอุดมคติ เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะผกผันกับความดัน เมื่อมวลและความดันของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สที่มีปริมาตรเท่ากัน จะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวน โมลของแก๊ส และอัตราการแพร่ของแก๊สจะแปรผกผันกับรากที่สองของมวลโมเลกุล

จากการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 2 รหัสวิชา ว31221 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา ดังกล่าว ผู้วิจัยใช้หัวข้อเรื่อง แก๊ส ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มาทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล และนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหารายวิชาเคมี ตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ของสถานศึกษา

## ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

### ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Jean Piaget)

เพียเจต์ (Jean Piaget) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการทางด้านความคิดของเด็กว่า เด็กมีกระบวนการหรือขั้นตอนอย่างไร โดยเน้นความสำคัญของการเข้าใจธรรมชาติและพัฒนาการของเด็กมากกว่าการกระตุ้นเด็กให้มีพัฒนาการเร็วขึ้น เพียเจต์สรุปว่า พัฒนาการของเด็กสามารถอธิบายได้ด้วยลำดับพัฒนาทางชีววิทยาที่คงที่ แสดงให้เห็นได้จากการปฏิสัมพันธ์ของเด็กกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งลำดับขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาแบ่งออกเป็น 4 ระยะ (กรมวิชาการ, 2546, หน้า 217-218) คือ

1. ระยะใช้ประสาทสัมผัส (Sensory-organs stage) เป็นขั้นการพัฒนาของเด็กแรกเกิด-2 ปี เด็กในวัยนี้จะเรียนรู้โดยใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ เช่น การหยิบ จับ สัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว ซึ่งการพัฒนาเหล่านี้จัดเป็นพัฒนาการที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาขั้นต่อไป

2. ระยะควบคุมอวัยวะต่าง ๆ (Preoperational stage) ขั้นนี้จะเริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี เด็กในวัยนี้เริ่มมีการพัฒนาการอย่างเป็นระบบมากขึ้น มีการพัฒนาของสมองเพื่อใช้ควบคุมการพัฒนาลักษณะนิสัย เช่น การขับถ่าย และมีการใช้อวัยวะต่าง ๆ ให้มีความสัมพันธ์กันภายใต้การควบคุมของสมองและเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรม เช่น การจีจกรยาน เป็นต้น

3. ระยะที่คิดอย่างเป็นรูปธรรม (Concrete-operational stage) ขั้นนี้จะอยู่ในช่วงอายุ 7-11 ปี เด็กวัยนี้จะมีพัฒนาการทางสมองมากขึ้นอย่างรวดเร็ว สามารถเรียนรู้และจำแนกสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ แต่ยังไม่สามารถจินตนาการเรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้

4. ระยะที่คิดอย่างเป็นนามธรรม (Formal-operational stage) ขั้นนี้จะอยู่ในช่วงสุดท้ายของเด็กอายุประมาณ 11-15 ปี ก่อนจะเป็นผู้ใหญ่ เด็กในวัยนี้สามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและคิดในสิ่งที่ซับซ้อนอย่างเป็นนามธรรมได้มากขึ้น

กระบวนการทางสติปัญญามีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. การดูดซึมหรือการซึมซับ (Assimilation) คือ กระบวนการทางสมองในการรับเรื่องราว หรือข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาเก็บสะสมไว้เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

2. การปรับและจัดระบบ (Accommodation) คือ กระบวนการทางสมองในการปรับข้อมูลใหม่ที่รับมาให้เข้ากับข้อมูลเดิม เพื่อให้เป็นระบบ สามารถเข้าใจได้ง่าย และเกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญาใหม่

3. การเกิดความสมดุล (Equilibration) คือ กระบวนการที่เกิดจากขั้นการปรับและจัดระบบ หากปรับและจัดระบบอย่างกลมกลืนก็จะเกิดสภาพที่มีความสมดุล แต่หากปรับและจัดระบบอย่างไม่กลมกลืนก็จะเกิดสภาพไม่สมดุล ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาในตัวบุคคล

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ข้างต้น จะเห็นได้ว่า มนุษย์มีพัฒนาการทางสติปัญญาตามช่วงอายุ ดังนั้นผู้เรียนจึงควรได้รับการส่งเสริมให้เกิดพัฒนาการคิดอย่างสูงสุด และเด็กในระดับมัธยมตอนปลายซึ่งมีช่วงอายุของการคิดด้วยนามธรรม กล่าวคือ สามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล และคิดในสิ่งที่ซับซ้อนได้ ซึ่งความสามารถเหล่านี้จะนำไปสู่ การคิดเพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่พบในชีวิตประจำได้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเน้นการจัดกิจกรรมหรือประสบการณ์ที่ฝึกและพัฒนาการการคิด โดยจะจัดให้สอดคล้องกับระดับพัฒนาทางสติปัญญาของเพียเจต์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

### **ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ (Bruner)**

บรูเนอร์ (Bruner) เชื่อว่าการรับรู้ของมนุษย์ขึ้นอยู่กับความสนใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการค้นพบ นอกจากนั้นบรูเนอร์ยังได้เสนอหลักการสำคัญในการจัดการศึกษาว่า ควรคำนึงถึงทฤษฎีพัฒนาการในการกำหนดเนื้อหาความรู้กับวิธีการสอน และแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ มีดังต่อไปนี้ (ภพ เลหาห์ ไพบูลย์, 2542, หน้า 74-77)

1. การเรียนรู้ คือ กระบวนการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลของการปฏิสัมพันธ์ นอกจากจะเกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนแล้ว ยังจะเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสิ่งแวดล้อมด้วย
2. ผู้เรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่
3. พัฒนาการทางเชาว์ปัญญา สามารถมองเห็นได้ชัดเจนเมื่อผู้เรียนรับสิ่งเร้าที่ให้เลือกได้หลาย ๆ อย่างพร้อมกัน

จากการศึกษาเอกสารทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความเข้าใจในพฤติกรรมของผู้เรียนที่อยู่ในวัยระดับมัธยมตอนปลายมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยจะใช้ความรู้ความเข้าใจนี้เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมเหมาะสมต่อระดับพัฒนาการของผู้เรียน และแนวทางของทฤษฎีการเรียนรู้ดังกล่าว ครูจะเป็นผู้จัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

### **ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism**

วีณา ประชากุล และประสาธ เนืองเฉลิม (2554) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism ไว้ว่า การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างความเข้าใจในความรู้จากประสบการณ์โดยกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถควบคุมได้ด้วย

ตนเองของแต่ละบุคคล การเรียนรู้เป็นทั้ง Personal และ Social process ที่บุคคลต้องเรียนรู้เพื่อปรับ ความรู้ความเข้าใจโดยใช้ประสบการณ์และความรู้ที่มีอยู่เชื่อมโยงเข้ากับประสบการณ์และความรู้ ใหม่ออย่างมีความหมาย ทำให้เกิดการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา

ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism หรือทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เชื่อว่า การเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนั้น มาจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับ สิ่งแวดล้อมแล้วเกิดการปรับโครงสร้างทางสติปัญญาเพื่อให้ประสบการณ์และความรู้ที่มีอยู่ เชื่อมโยงเข้ากับประสบการณ์และความรู้ใหม่ออย่างมีความหมาย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเน้นให้ ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ภายใต้การจัดประสบการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถ ในการแก้โจทย์ปัญหา

## การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)

### ประวัติความเป็นมาของวัฏจักรการเรียนรู้

นักศึกษากลุ่ม BSCS (Biological sciences curriculum study) ได้กล่าวถึงประวัติ ความเป็นมาของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ไว้ว่า มีแนวความคิดพื้นฐานมาจาก

#### 1. แนวความคิดพื้นฐานของ โจฮันน์ฟรีดริช เฮอบาร์ท (Johann Friedrich Herbart)

โจฮันน์ฟรีดริช เฮอบาร์ท เป็นนักปรัชญาชาวเยอรมันที่มีอิทธิพลต่อการศึกษาในประเทศ อเมริกาในช่วงศตวรรษที่ 20 โดยเฮอบาร์ทสนใจที่จะสร้างและพัฒนาโครงสร้างทางความคิด ที่จะพัฒนาคุณลักษณะเฉพาะของนักเรียนแต่ละคน และเฮอบาร์ทได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเรียน การสอนที่น่าสนใจไว้ 2 ข้อ คือ

1.1 การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพต้องประกอบด้วย ความสนใจเรียนของ นักเรียน และการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถใช้ธรรมชาติเข้ามา เป็นประโยชน์ได้ง่าย โดยครูอาจนำวัตถุชิ้นหนึ่งเข้ามาเพื่อช่วยให้นักเรียน ได้แสดงความคิดเห็นต่อ สิ่งนั้น

1.2 รูปแบบการเรียนการสอนจะเป็นแบบการสร้างมโนทัศน์ ซึ่งสิ่งที่สำคัญ คือ การเชื่อมโยงความรู้ นี้เป็นจุดที่น่าสนใจของการเรียนการสอน

อาจกล่าวสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของเฮอบาร์ท เริ่มต้นจากความรู้ เดิมและประสบการณ์เดิมของนักเรียน และต่อด้วยความรู้ใหม่ที่นักเรียน ได้รับมาเชื่อมโยงให้ นักเรียนเกิดมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอด การสอนที่ดีจะช่วยให้ นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์ ต่าง ๆ ครูผู้สอนจะแนะนำคำถามและแนะนำวิธีการแบบอ้อม ๆ และขั้นต่อมาครูจะอธิบายสิ่งที่

เกี่ยวข้องกับ สิ่งที่เรากำลังจะเรียน โดยไม่คาดหวังว่านักเรียนจะค้นพบสิ่งใดในตอนสุดท้าย และครู จะให้นักเรียนอธิบายความเข้าใจผ่านสถานการณ์ใหม่ ๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของเฮอบาร์ท

ขั้น	สาระสำคัญ
ขั้นเตรียม (Preparation)	ครูทบทวนประสบการณ์เดิมให้นักเรียน
ขั้นนำเสนอ (Presentation)	ครูแนะนำประสบการณ์ใหม่และเชื่อมโยงกับ ประสบการณ์เก่า
ขั้นทั่วไป (Generalization)	ครูอธิบายแนวคิดและพัฒนามโนทัศน์ให้นักเรียน
ขั้นประยุกต์ (Application)	ครูให้นักเรียนแสดงถึงประสบการณ์ใหม่ที่ ได้รับ และแนวคิด ที่จะนำไปประยุกต์ใช้

## 2. แนวความคิดพื้นฐานของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey)

จอห์น ดิวอี้ ได้คิดรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชื่อมต่อกันระหว่างแนวคิดของดิวอี้ และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้

ขั้น	สาระสำคัญ
ขั้นสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจ (Sensing perplexing situations)	ครูนำเสนอประสบการณ์ที่นักเรียนจะรู้สึกว่าเป็นปัญหา
ขั้นชี้แจงปัญหา (Clarifying the problem)	ครูจะช่วยให้นักเรียนระบุและกำหนดปัญหา
ขั้นการกำหนดสมมติฐานเบื้องต้น (Formulating a tentative hypothesis)	ครูให้โอกาสนักเรียนสร้างสมมติฐานและความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และประสบการณ์เดิม
ขั้นทดสอบสมมติฐาน (Testing the hypothesis)	ครูให้นักเรียนมีการทดลองที่หลากหลายประเภท เพื่อทดสอบสมมติฐาน

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ขั้น	สาระสำคัญ
ขั้นการตรวจสอบสมมติฐาน (Revising rigorous tests)	ครูแสดงการทดสอบว่ามีทั้งการยอมรับสมมติฐานและการปฏิเสธสมมติฐาน
ขั้นการแก้ปัญหา (Acting on the solution)	ครูถามนักเรียนและให้นักเรียนอธิบายความคิดใหม่ที่ได้สรุปและแสดงให้เห็นว่าสามารถทำได้จริง

3. แนวความคิดพื้นฐานของฮิส, โอบรัน และฮอฟแมน (Heiss, Obourn & Hoffman) ค.ศ. 1950 ฮิส, โอบรัน และฮอฟแมน (Heiss, Obourn & Hoffman) ได้ปรับปรุงรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของควีอี และเรียกชื่อว่า วัฏจักรการเรียนรู้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 วัฏจักรการเรียนรู้ของฮิส, โอบรัน และฮอฟแมน

ขั้น	สาระสำคัญ
สำรวจบทเรียน (Exploring the unit)	นักเรียนสังเกต อธิบายให้เหตุผลเพื่อตั้งคำถาม เสนอสมมติฐาน เพื่อตอบคำถาม และวางแผนการทดลอง
ประสบการณ์ที่ได้รับ (Experience getting)	นักเรียนทดสอบสมมติฐาน เก็บรวบรวมและแปลผลข้อมูล และสร้างข้อสรุป
การจัดความรู้อย่างเป็นระบบ (Organization of learning)	นักเรียนจัดเตรียมข้อมูล ผลลัพธ์ และข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง
การประยุกต์ใช้ความรู้ (Application of learning)	นักเรียนนำข้อมูล ความคิดรวบยอดและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. แนวความคิดพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้ แอทกิน-คาร์ปัลส (The Atkin-Karplus learning cycle) ปลายปี ค.ศ. 1950 และต้นปี ค.ศ. 1960 เป็นยุคของการปฏิรูปหลักสูตร รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากซึ่งวัฏจักรการเรียนรู้ แอทกิน-คาร์ปัลส เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ถูกจัดให้เป็นกลยุทธ์ขั้นพื้นฐานเพื่อพัฒนาบทเรียน โดยการศึกษาวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา (Elementary science study: ESS) ซึ่งได้รับการยอมรับ



อย่างกว้างขวางจากการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science curriculum improvement study: SCIS) ซึ่งวัฏจักรการเรียนรู้ แอทคินคาร์ปัลส ถูกแบ่งออกเป็นสามขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 วัฏจักรการเรียนรู้ของแอทคิน-คาร์ปัลส หรือรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (SCIS)

ขั้น	สาระสำคัญ
ขั้นสำรวจ (Exploration)	นักเรียนมีประสบการณ์ครั้งแรกกับปรากฏการณ์
ขั้นประดิษฐ์ (Invention)	นักเรียนได้รับการแนะนำให้รู้จักกับคำศัพท์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับแนวความคิดที่มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา
ขั้นค้นพบ (Discover)	นักเรียนนำแนวคิดและคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องไปใช้แต่เป็นสถานการณ์ใหม่

กลางปี ค.ศ. 1980 BSCS ได้นำวัฏจักรการเรียนรู้ของแอทคิน-คาร์ปัลสหรือรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (SCIS) เป็นแนวคิดพื้นฐานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเพิ่มขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (SCIS) และเรียกชื่อใหม่เป็น รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5E ของ BSCS ซึ่งสามารถเปรียบเทียบขั้นตอนของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ SCIS และรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5E ของ BSCS สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 การเปรียบเทียบขั้นตอนของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ SCIS และรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5E ของ BSCS

รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ SCIS	รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5E ของ BSCS
	Engagement (ขั้นตอนใหม่)
ขั้นสำรวจ (Exploration)	Exploration (ปรับปรุงจาก SCIS)
ขั้นประดิษฐ์ (Invention)	Explanation (ปรับปรุงจาก SCIS)
ขั้นค้นพบ (Discover)	Elaboration (ปรับปรุงจาก SCIS)
	Evaluation (ขั้นตอนใหม่)

จากการศึกษาประวัติความเป็นมาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงพัฒนาการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ จากรูปแบบในอดีตจนกระทั่งมาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ในปัจจุบัน

### ความหมายของวัฏจักรการเรียนรู้

ลอว์สัน (Lawson, 1995 อ้างถึงใน รุจภา ประถมวงษ์, 2551, หน้า 16-17) กล่าวว่า วัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) เป็นรูปแบบของกระบวนการเรียนรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาและคิดค้นขึ้นมา เพื่อให้ผู้เรียนใช้เป็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry approach) โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการค้นพบความรู้หรือประสบการณ์อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยวัฏจักรการเรียนรู้มีพื้นฐานมาจากแนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) ซึ่งเป็นแนวทฤษฎีที่ไม่เน้นการสอนแบบบรรยายจากครู แต่ครูจะต้องเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

กรมวิชาการ (2546 อ้างถึงใน รุจภา ประถมวงษ์, 2551, หน้า 16-17) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ไว้ว่า หมายถึง การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้อธิบายเหตุการณ์ ซึ่งจะนำไปสู่ข้อโต้แย้ง ก่อให้เกิดประเด็นคำถามหรือปัญหาที่ต้องสำรวจตรวจสอบ ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกัน ไปเรื่อย ๆ

ทิสนา แคมมณี (2556, หน้า 141) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ไว้ว่า หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนจะมีหน้าที่เพียงแต่ช่วยในการอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน

จากความหมายที่นักการศึกษาได้ให้ไว้ดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนการได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ยังเป็นการส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาอย่างมีระบบ และมีการเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

### ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษา ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ไว้ดังนี้

Bybee, Taylor, Gardner, Scotter, Powell, Westbrook and Landes (2006, pp. 8-10)

กล่าวถึงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูจะยก ปัญหา สถานการณ์หรือ เหตุการณ์ที่นักเรียนสนใจ ซึ่งกิจกรรมที่ครูยกมานั้น ต้องมีการเชื่อมโยงกับความรู้เก่าของนักเรียน หรือเป็นกิจกรรมที่นักเรียนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องสำรวจกิจกรรมจากขั้นแรก โดยในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะมีการถกเถียงกันเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ ในระหว่าง การทำกิจกรรมร่วมกัน และนักเรียนต้องสร้างความสัมพันธ์ สังเกตรูปแบบ ระบุตัวแปร และตั้ง คำถาม เพื่อค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ข้างต้น

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องอธิบายแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ซึ่งในกระบวนการอธิบาย นักเรียนและครูจะต้องมีการใช้คำศัพท์ที่รับรู้ร่วมกัน โดยประการแรก ครูให้นักเรียนอธิบายโดยใช้ภาษาพูดของตนเอง ประการที่สองครูจะอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นทางการ และในขั้นตอนนี้ควรใช้เวลานำเสนอแนวคิดกระบวนการหรือทักษะสั้น ๆ เพื่อความชัดเจนและตรงไปตรงมา

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ หรือคำศัพท์ที่ได้จากขั้น การอธิบายไปใช้ในเหตุการณ์หรือประสบการณ์อื่น หรือนำไปใช้อธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกันหรือ คล้ายคลึงกันกับสถานการณ์เดิม

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่ครูทำการประเมินผลเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ของนักเรียนแต่ละคน โดยการประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนของรูปแบบ 5E ซึ่งครู สามารถดำเนินการประเมินผลอย่างเป็นทางการได้หลังจากขั้นตอนการขยายความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550, หน้า 26-35) กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรืออาจเป็นเรื่อง จากเหตุการณ์สำคัญที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงจากความรู้เดิม

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาแล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือก

ที่เป็นไปได้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ โดยเลือกวิธีการตรวจสอบที่เหมาะสม

3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้อธิบาย แปรผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

5. ชั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ความรู้ในเรื่องอื่น ๆ

ชาติรี ฝ่ายคำตา (2551, หน้า 39-42) กล่าวถึงขั้นตอนรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมของขั้นนี้ควรเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมที่ได้เรียนแล้วเข้ากับกิจกรรมที่จะเรียนต่อไป

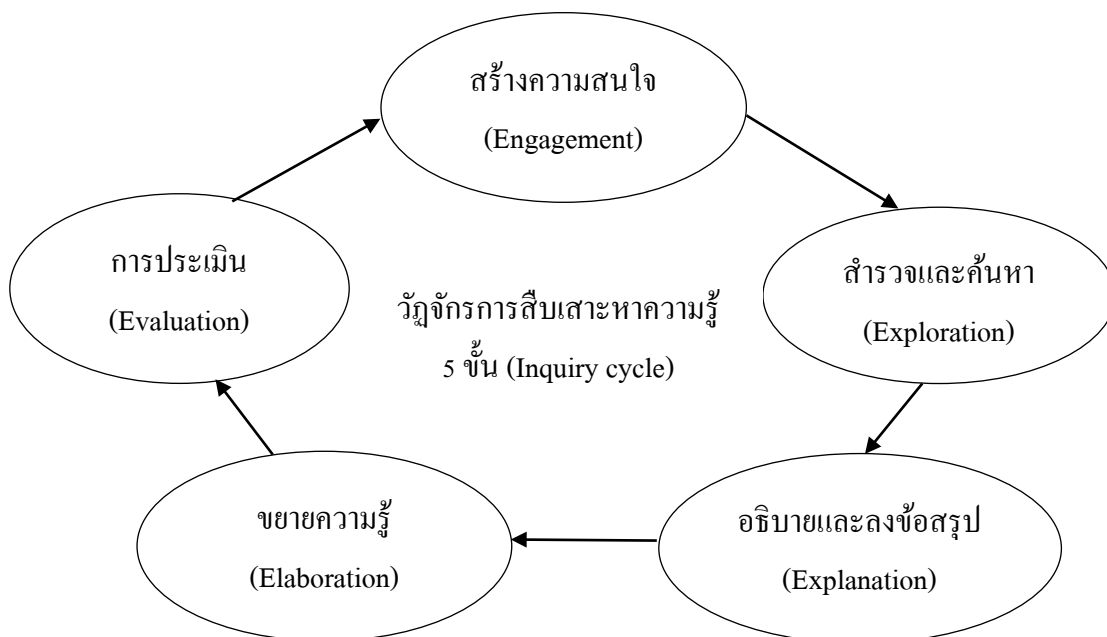
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจแล้ว นักเรียนจะใช้เวลาในการสำรวจและค้นหาแนวคิดของตนเอง

3. ชั้นอธิบาย (Explanation) กระบวนการอธิบายจะทำให้ให้นักเรียนและครูได้ใช้คำศัพท์ที่มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์หรือการจัดกิจกรรม การเรียนรู้

4. ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) เมื่อนักเรียนได้อธิบายสิ่งที่ตนเองเรียนรู้แล้ว นักเรียนควรได้มีโอกาสในการประยุกต์หรือขยายแนวคิด กระบวนการ ทักษะของตนเอง ชั้นขยายความรู้นี้จึงเป็นขั้นที่ช่วยให้นักเรียนได้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น

5. ชั้นประเมิน (Evaluation) การประเมินอย่างไม่เป็นทางการจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาในทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับการประเมินอย่างเป็นทางการ ครูสามารถทำได้หลังจากชั้นขยายความรู้ ครูควรที่จะวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยอาจจะให้ทำแบบทดสอบเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และควรให้นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินความเข้าใจของตนเองด้วย

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) หรือ Inquiry cycle สามารถเขียนสรุปเป็นภาพประกอบ ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้นตอน (5E) หรือ Inquiry cycle

จากการศึกษาค้นคว้าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ข้างต้นสรุปได้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ประกอบด้วย 5 ชั้น คือ

1. ชั้นสร้าง ความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือกิจกรรม ประกอบด้วย การซักถาม การใช้สื่อต่าง ๆ และการทบทวนความรู้เดิม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสร้างคำถาม และกำหนดประเด็นที่จะศึกษา
2. ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นการวางแผนและกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูล
3. ชั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นการนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ
4. ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม นำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น
5. ชั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด

### บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) หรือ Inquiry cycle

บายบี และคณะ (Bybee et al., 2006, pp. 33-34) ได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียนในการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ตามแนวคิดของบายบี และคณะ

ขั้นตอนการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สร้างความสนใจ</li> <li>- สร้างความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>- ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด</li> <li>- ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้หรือแนวคิด หรือเนื้อหา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถามคำถาม เช่น ทำไม สิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้</li> <li>- แสดงความสนใจ</li> </ul>
ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิดหรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง</li> <li>- ให้นักเรียนแสดงหลักฐานประกอบการให้เหตุผล และอธิบายให้กระจ่าง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน</li> <li>- ฟังคำอธิบายของคนอื่น</li> <li>- อย่างคิดวิเคราะห์</li> <li>- ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย</li> <li>- ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย</li> </ul>
ขั้นอธิบาย และลง ข้อสรุป (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความ และชี้บอกส่วนต่าง ๆ ในแผนภาพ</li> <li>- ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิดหรือความคิดรวบยอด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว</li> <li>- ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบรรลุทุก/สังเกตในการอธิบาย</li> </ul>

ตารางที่ 2-8 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
<p>ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความและอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว</li> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่</li> <li>- ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมายและอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม</li> <li>- ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง</li> <li>- ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ</li> <li>- บันทึกการสังเกตและอธิบาย</li> <li>- ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ</li> </ul>
<p>ขั้นประเมิน (Evaluation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สังเกตนักเรียนในการนำแนวคิดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้</li> <li>- ประเมินความรู้และทักษะนักเรียน</li> <li>- หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกต หลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดและทักษะ</li> <li>- ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง</li> <li>- ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป</li> </ul>

### ข้อดี-ข้อจำกัดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E)

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 60-61) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

#### ข้อดี

1. เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา คือ ฉลาดขึ้น เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์และนักจัดระเบียบ
2. การค้นพบด้วยตัวเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนรู้แบบท่องจำ
3. ฝึกให้นักเรียนรู้วิธีค้นหาความรู้ แก้ไขปัญหาด้วยตนเอง
4. ช่วยให้จดจำความรู้ได้นานและสามารถถ่ายโอนความรู้ได้
5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน จะทำให้การเรียนรู้มีความหมายเป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา
6. ช่วยพัฒนาอึดทน โนทนทนแก่ผู้เรียน
7. ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะทำการสิ่งใด ๆ จะสำเร็จด้วยตัวเองสามารถคิดและแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค
8. สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

#### ข้อจำกัด

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง บางครั้งอาจได้เนื้อหาไม่ครบตามที่กำหนดไว้
2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัยและติดตาม จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน
3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาดำ หรือไม่มีการกระตุ้นมากพอจะไม่สามารถเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบนี้ได้
4. เป็นการลงทุนสูงซึ่งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน
5. ถ้านักเรียนไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้องอาจทำให้นักเรียนหลีกเลี่ยงการทำงานซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการเรียนรู้
6. ครูต้องใช้เวลาวางแผนมาก ถ้าครูมีภาระมากอาจเกิดปัญหาด้วยอารมณ์ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศในห้องเรียน
7. ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาและสติปัญญาอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบนี้



สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2553, หน้า 142) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

#### ข้อดี

1. ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีค้นหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเอง
2. ความรู้ที่ได้มีคุณค่า มีความหมายสำหรับผู้เรียน เป็นประโยชน์และจดจำได้นาน สามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. เป็นวิธีการที่ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ มีความอิสระ มีชีวิตชีวาและทำให้สนุกสนานกับการเรียนรู้

#### ข้อจำกัด

1. ใช้เวลามากในการเรียนรู้แต่ละครั้ง บางครั้งอาจได้สาระการเรียนรู้ไม่ครบถ้วนตามที่กำหนดไว้
2. ถ้าแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ง่ายหรือยากเกินไป ไม่เข้าใจหรือไม่น่าสนใจจะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน
3. เป็นวิธีการที่มีการลงทุนสูง ซึ่งบางครั้งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน
4. ผู้สอนต้องใช้เวลาในการวางแผนมาก

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนการได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ยังเป็นการส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาอย่างมีระบบ และมีการเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ภายใต้สภาพแวดล้อม ที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้น คือ

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูคุยกับตัวอย่าง สื่อ สถานการณ์ หรือปัญหา และใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนระลึกความรู้เดิมที่เป็นพื้นฐานหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่เรียน เพื่อให้นักเรียนสนใจอยากรู้ อยากเห็น ในกิจกรรมและเตรียมความพร้อมที่จะนำเข้าสู่บทเรียนหรือปัญหาใหม่
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ครูกำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ให้กับนักเรียนได้ทำการคิดวางแผน, สำรวจ, ตรวจสอบ, ตั้งสมมติฐาน และลงมือปฏิบัติ เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูล

3. **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นชั้นที่ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ
4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นชั้นที่ครูให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม แล้วนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น และอาจมีการให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียน โดยครูผู้สอน
5. **ชั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นชั้นที่ครูทำการประเมินความรู้ที่นักเรียนด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด

## ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

### ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

รัตนาวรรณ ธนาบุรุษย์ (2547, หน้า 33) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลที่พัฒนาขึ้น อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือการฝึกอบรม ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถทางสมอง ความรู้ ทักษะ ความรู้ลึกและค่านิยม

สุภพงศ์ คล้ายคลึง (2548, หน้า 27) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลสำเร็จที่เกิดจากพฤติกรรมหรือการกระทำกิจกรรมของแต่ละบุคคลที่ต้องอาศัยองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา และองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญาซึ่งสามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านต่าง ๆ

ละออบ ปิ่นทอง (2549, หน้า 59) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลที่พัฒนาขึ้นอันเนื่องเป็นผลมาจากการเรียนการสอนการฝึกและประสบการณ์ที่ได้รับความรู้ ความสามารถ ทักษะ ความรู้ลึก และค่านิยม

จากข้างต้นสามารถสรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ว่า หมายถึง ความรู้ ความสามารถของผู้เรียนที่เกิดจากการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถหรือมีพฤติกรรมที่พัฒนาขึ้น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ซึ่งสามารถวัดได้โดยอาศัยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### พฤติกรรมที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พฤติกรรมที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้มีนักการศึกษากล่าวไว้ ดังนี้

ธงชัย ชิวปรีชา, ณรงค์ศิลป์ ฐูปพนม และปรีชาญ เดชศรี (2536, หน้า 238-255) กล่าวว่า การที่จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้นั้นต้องมีการกำหนดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เพื่อจะ

ได้เป็นแนวทางและเกณฑ์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทยนั้น ได้มีการกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แนวคิดของคลอปเฟอร์ (Klopfer) จำแนกได้ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ความจำ
  - 1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง
  - 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์
  - 1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์
  - 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง
  - 1.5 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม
  - 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภทและเกณฑ์
  - 1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการทางวิทยาศาสตร์
  - 1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์
  - 1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ
2. ความเข้าใจ
  - 2.1 ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่
  - 2.2 ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่ง ไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้
  - 3.1 การสังเกตและการวัด
  - 3.2 การมองเห็นปัญหา และวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา
  - 3.3 การแปลความหมายข้อมูล
  - 3.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับแบบจำลองทฤษฎี
  - 3.5 การใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง
4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
  - 4.1 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน
  - 4.2 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 31-35) ได้สรุปพฤติกรรมทางการศึกษาของบลูมและคณะ (Bloom's Taxonomy) ไว้ว่า พฤติกรรมทางการศึกษาสามารถจำแนกได้เป็น 3 ด้าน คือ พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain) และพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) ซึ่งมีรายละเอียดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ดังนี้

พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นสมรรถภาพทางด้านสมองหรือสติปัญญาของบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 6 ระดับ เรียงตามลำดับขั้นตอนการเกิดพฤติกรรมจากขั้นต่ำสุดถึงขั้นสูงสุด ดังนี้

1. ความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถทางสมองในการทรงไว้หรือรักษาไว้ซึ่งเรื่องราวต่าง ๆ ที่บุคคลได้รับรู้ไว้ในสมองได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเรื่อง สามารถถ่ายทอดเรื่องราวเดิมออกมาเป็นภาษาของตนเองได้ โดยที่ยังมีความหมายเหมือนเดิม
3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำหลักวิชาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่เคยพบเห็นมาก่อน
4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว สิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งเหล่านั้น ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร
5. การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะ โครงสร้าง หรือหน้าที่ใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากของเดิม

6. การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือลงข้อสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหา และวิธีการต่าง ๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้

บุปผชาติ ทัพทิกรณ์ (2551, หน้า 17-20) ได้สรุปว่า เมื่อปี ค.ศ. 1950s บลุม นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ได้จำแนกประเภทความรู้ความคิด (Cognitive domain) หรือด้านพุทธิพิสัย ออกเป็น 6 ระดับ และมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการเรียนการสอน ทั้งการกำหนดจุดประสงค์ การจัดกิจกรรม และการประเมินผลการเรียนรู้ ให้มุ่งเน้นการคิด ซึ่งการคิดมีระดับแตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่ระดับการคิดพื้นฐานไปสู่การคิดขั้นสูง และในปี ค.ศ. 2001s มีนักการศึกษา 2 ท่าน คือ Anderson และ Krathwohl ได้ปรับปรุงการจำแนกการคิดดังกล่าวเพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ในทัศนะใหม่ (Bloom's revised taxonomy) โดยมีการปรับเปลี่ยนชื่อและโครงสร้างจากเดิมที่ใช้ชื่อในรูปของคำนาม เปลี่ยนมาเป็นคำกริยานอกจากเปลี่ยนชื่อแล้ว ยังมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างสลับกันระหว่างการสร้างและการประเมินผล ดังตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2-9 เปรียบเทียบระดับแนวคิด Bloom's taxonomy และ Bloom's revised taxonomy

Bloom's taxonomy		Bloom's revised taxonomy	
1. ความรู้ความจำ	(Knowledge)	1. จำได้	(Remembering)
2. ความเข้าใจ	(Comprehension)	2. เข้าใจ	(Understanding)
3. การนำไปใช้	(Application)	3. นำไปใช้	(Applying)
4. การวิเคราะห์	(Analysis)	4. วิเคราะห์	(Analyzing)
5. การสังเคราะห์	(Synthesis)	5. ประเมินค่า	(Evaluating)
6. การประเมินค่า	(Evaluation)	6. สร้างสรรค์	(Creating)

จากพฤติกรรมที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดผลความรู้ และความสามารถของนักเรียนอันเกิดจากการจัดการเรียนรู้ สามารถสังเกตและวัดได้ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องนั้น ๆ โดยวัดพฤติกรรมด้านสติปัญญาของบุคคลตามแนวคิดของบลูมและคณะ (Bloom's Taxonomy) ได้ 6 ระดับ คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

#### ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 96) กล่าวว่า โดยทั่วไปแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน เฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กัน โดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and pencil test) ซึ่งสามารถแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบอัตนัย (Subjective or essay test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้วให้ผู้ตอบเขียน โดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัยหรือแบบให้ตอบสั้น ๆ (Objective test or short answer) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้ตอบเขียนคำตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ และความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้ แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดี จนมีคุณภาพมาตรฐาน กล่าวคือ มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบ วิธีการให้คะแนน และการแปลความหมายของคะแนน

ถ้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2546, หน้า 185) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง ซึ่งสามารถแบ่งเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน เป็นการทดสอบว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยแค่ไหน มีข้อบกพร่องในส่วนใด เพื่อที่จะได้ซ่อมเสริม หรือวัดดูความพร้อมก่อนที่จะสอนเรื่องใหม่

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้ง จนกระทั่งมีคุณภาพดีพอ จึงสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) ของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผล เพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ ก็ได้ แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือที่บอกถึงวิธีการและยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วย

ทั้งแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน มีวิธีสร้างข้อคำถามที่เหมือนกัน คือ เป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมที่ได้สอนนักเรียนไปแล้ว สำหรับพฤติกรรมที่สามารถตั้งคำถามวัดได้นั้น มักนิยมใช้ตามหลักของบลูมและคณะ (Bloom's taxonomy) โดยสามารถสรุปได้ว่า การวัดผลด้านสติปัญญาควรวัดพฤติกรรมออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

- วัดด้านความรู้ความจำ (Knowledge)
- วัดด้านความเข้าใจ (Comprehension)
- วัดด้านการนำไปใช้ (Application)
- วัดด้านการวิเคราะห์ (Analysis)
- วัดด้านการสังเคราะห์ (Synthesis)
- วัดด้านการประเมินค่า (Evaluation)

จากประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นักการศึกษาได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วในอดีต หรือสภาพปัจจุบันว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด ซึ่งมีทั้งแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เพื่อใช้วัด

เฉพาะกลุ่มที่ครูสอน และแบบทดสอบมาตรฐาน เพื่อใช้วัดผู้เรียนทั่วไปสร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละสาขาวิชา มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างจริงจังมีคุณภาพมาตรฐาน

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดความรู้ความสามารถด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ของ ผู้เรียนที่ได้เรียนรู้อย่างดีแล้ว ว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใดซึ่งแบบทดสอบ มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หมายถึง คะแนนความสามารถในการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยครอบคลุมพฤติกรรม 6 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการจดจำที่ได้เรียนรู้อย่างดีแล้ว เป็นเรื่องเกี่ยวกับความรู้ คำศัพท์ คำนิยาม ข้อเท็จจริง หลักการ โครงสร้าง กฎและทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์
2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถที่นำความรู้มาอธิบาย ตีความ แปลความ ขยายความ และสรุปใจความสำคัญได้
3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจที่มี ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่แตกต่างจากสิ่งที่เคยได้เรียน
4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว สิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งเหล่านั้น ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร
5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะ โครงสร้าง หรือหน้าที่ใหม่ที่แปลกแตกต่าง ไปจากของเดิม
6. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือลง ข้อสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหา และวิธีการต่าง ๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้

## ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

### ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหา

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, หน้า 332) กล่าวว่า การมองเห็นปัญหาและการหาทางที่จะ แก้ปัญหาประกอบด้วยความสามารถย่อย ๆ คือ การยอมรับและมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐานและการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบสมมติฐาน

กรมวิชาการ (2546, หน้า 272) กล่าวว่า การแก้ปัญหา เป็นการหาคำตอบที่ยังไม่รู้วิธีการมาก่อนทั้งเนื้อหาในวิทยาศาสตร์โดยตรง และปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยใช้เทคนิค วิธีการ หรือกลยุทธ์ต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551, หน้า 7) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/ กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

สันนิสา สมัยอยู่ (2554, หน้า 36) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง กระบวนการที่บุคคลใช้หาความรู้ ความเข้าใจ ประสบการณ์เดิม และทักษะพื้นฐานต่าง ๆ ที่มีอยู่ไปสังเคราะห์หรือประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ทั้งปัญหาธรรมดาและแปลกใหม่ การแก้ปัญหาก็รวมถึงกระบวนการทั้งหมดไม่ใช่แค่ผลลัพธ์สุดท้าย

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหาไว้ว่า การแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง กระบวนการในการใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ หรือประยุกต์ใช้ความรู้เหล่านี้ เพื่อหาคำตอบของปัญหา รวมไปถึงขั้นตอนหรือกระบวนการ และกลยุทธ์ในการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหานั้น

#### **กระบวนการและขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา**

โพลยา (Polya, 1985 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550, หน้า 8) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาคือต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหา และตัดสินใจว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหา ซึ่งได้แก่ ข้อมูลและเงื่อนไข ตัวไม่รู้ค่า ในการทำความเข้าใจปัญหานักเรียนต้องพิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาอย่างถี่ถ้วน พิจารณาเข้าไปข้างหน้า พิจารณาหลากหลายมุมมอง หรืออาจใช้วิธีต่าง ๆ ช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การเขียนภาพ การเขียนแผนภูมิหรือการเขียนสาระของปัญหาคด้วยถ้อยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา และเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของ



แผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ ถ้าแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนต้องค้นหาแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผล และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ใช้แล้ว พิจารณามีคำตอบหรือมีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาลักษณะอื่นอีกหรือไม่

ครูลิกและรุคินิก (Kruлик & Rudnick, 1996 อ้างถึงใน ชญาภา ใจโปร่ง, 2554, หน้า 12) กล่าวว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นการอ่านและคิด เป็นขั้นวิเคราะห์ปัญหา ตรวจสอบและประเมินผล ข้อเท็จจริง การเชื่อมโยงทุกส่วนของปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการสำรวจและวางแผน เป็นขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นและตัดข้อมูลที่ unnecessary จัดข้อมูลให้อยู่ในรูปตาราง เขียนภาพ สร้างแบบจำลองหรืออื่น ๆ เพื่อวางแผนหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นเลือกวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่คนส่วนใหญ่เห็นว่ามีความยากกว่าทุกขั้นตอน วิธีการเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นทิศทางที่ผู้แก้ปัญหาใช้หาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นหาคำตอบ เป็นขั้นใช้ทักษะคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหานั้น ๆ เพื่อหาคำตอบ โดยใช้การประมาณค่าหรือใช้เครื่องคำนวณแล้วแต่ความเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นการสะท้อนกลับและขยายผล เป็นการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้ตรงตามเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ และคำตอบที่ได้ถูกต้องหรือไม่ และควรจะขยายผลไปสู่กรณีทั่วไปหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ภายใต้สถานการณ์

การแก้ปัญหอาจทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ความรู้และประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหานั้น กรมวิชาการ (2546, หน้า 222-223) ได้เสนอแนะขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าใจปัญหา ผู้แก้ปัญหจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาที่พบในประเด็นต่าง ๆ คือ ปัญหาถามว่าอย่างไร มีข้อมูลใดบ้าง มีเงื่อนไขหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมหรือไม่ การวิเคราะห์ปัญหาอย่างนี้จะช่วยให้ขั้นตอนนี้ดำเนินไปอย่างราบรื่น การจะประเมินว่านักเรียนเข้าใจปัญหามากน้อยเพียงใด ทำได้โดยการกำหนดให้นักเรียนเขียนแสดงถึงประเด็นต่าง ๆ หรือแผนภาพที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นนี้นักเรียนจะใช้ข้อมูลจากปัญหาที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้วในขั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น และนำมาใช้ประกอบการวางแผนแก้ปัญหา ในกรณีที่ปัญหาต้องตรวจสอบหรือหาคำตอบจากการทดลอง ขั้นตอนนี้จะเป็นการวางแผน

การทดลอง ซึ่งประกอบด้วย การตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีทดลอง หรือตรวจสอบ และอาจรวมทั้งแนวทางในการประเมินผลการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล ขั้นตอนนี้จะเป็นการลงมือแก้ปัญหาและประเมินว่าวิธีการแก้ปัญหาและผลที่ได้ถูกต้อง หรือ ได้ผลเป็นอย่างไร ถ้าการแก้ปัญหาทำได้ถูกต้อง ก็จะมีการประเมินต่อไปว่าวิธีการนั้นน่าจะยอมรับไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ หรือไม่ แต่ถ้าพบว่าการแก้ปัญหานั้นไม่ประสบความสำเร็จก็ต้องย้อนกลับไปเลือกวิธีการแก้ปัญหาอื่น ๆ ที่ได้กำหนดไว้แล้วในขั้นที่ 2 แล้วถ้ายังไม่ประสบความสำเร็จ นักเรียนจะต้องย้อนกลับไปทำความเข้าใจปัญหาใหม่ว่ามีข้อบกพร่องประการใด เช่น ข้อมูลกำหนดให้เพียงพอหรือไม่ เพื่อจะได้เริ่มต้นการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบการแก้ปัญหา เป็นการประเมินภาพรวมของการแก้ปัญหา ทั้งในด้านวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา และการตัดสินใจ รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาใด ๆ ต้องตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมด้วย

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้มีการเสริมการแก้โจทย์ปัญหา โดยนำขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยามาใช้ ตามขั้นตอนทั้ง 4 ขั้น คือ 1) ขั้นเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา 4) ขั้นตรวจสอบ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ชัดเจนทำให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้โจทย์ปัญหาอย่างมีระบบ

#### แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า มีการใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในงานวิจัย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

พนารัตน์ วัดไทยสง (2544, หน้า 42) วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์ในรูปโจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาโจทย์ตามเทคนิคของโพลยา ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบ

จิราภรณ์ เป็่งวงศ์ (2545, หน้า 40) วัดความสามารถในการแก้ปัญหามathematics โดยสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามathematics แบบเลือกตอบชนิด 4ตัวเลือก แบบทดสอบมีลักษณะเป็นสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามย่อย ซึ่งครอบคลุมขั้นตอน

การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 5 ชั้น คือ ชั้นค้นพบความจริง ชั้นค้นพบปัญหา ชั้นค้นพบความคิด ชั้นค้นพบคำตอบ และชั้นค้นพบการยอมรับ

สถาปนา เกษมศิลป์ (2546, หน้า 75) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการตอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นตามขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของคิวอี้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นเตรียมการ ขั้นวิเคราะห์ปัญหา ขั้นการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา ขั้นตรวจสอบ และขั้น ในการนำไปประยุกต์ใช้ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ แบบทดสอบแบบอัตนัย เพื่อใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของ โพลยา ลักษณะแบบทดสอบมีการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้กับนักเรียนดำเนินการคิดแก้โจทย์ ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหของโพลยา 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผน แก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบ

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### งานวิจัยภายในประเทศ

พนารัตน์ วัดไทยสง (2544, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหตามเทคนิคของโพลยา การวิจัยแบ่งกลุ่มออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มทดลอง ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาโจทย์ตามเทคนิคของโพลยา ส่วนกลุ่มควบคุม ได้รับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อรพินท์ ชื่นชอบ (2549, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมการแก้ปัญหตามเทคนิคของโพลยา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริม การแก้ปัญหตามเทคนิคของ โพลยา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .012 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เยาวลักษณ์ ชื่นอารมณ์ (2549, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จิตรา แก้วชัย (2553, หน้า 129-130) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การศึกษาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาหรือละ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยเน้นขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทำแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ ปัญหา เรื่อง โจทย์ปัญหาหรือละ ได้คะแนนเฉลี่ย 67.54 จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.42 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.44 และมีนักเรียนร้อยละ 100 ได้คะแนนวัดทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป

ประภัสสร แก้วพิลาธมย์ (2554, หน้า 76) ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การศึกษาทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 73.66 โดยมีนักเรียนร้อยละ 76.00 ได้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ ร้อยละ 71.40 และมีนักเรียนร้อยละ 72.00 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป

อชิระ อุดมาน (2554, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ซึ่งผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5E มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนและคะแนนการคิดวิเคราะห์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

#### งานวิจัยต่างประเทศ

พัทธ์ (Putt, 1979, p. 5382-A) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ 2 วิธี ที่มีต่อพฤติกรรมการแก้ปัญหของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ นักเรียนเกรด 5 จำนวน 2 ห้อง ผู้วิจัยสอนห้องที่หนึ่ง โดยสอนตามรูปแบบซึ่งมีพื้นฐานมาจากกระบวนการเรียนรู้ของกาเย่ และการจัดการเรียนรู้แก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหของโพลยา ซึ่งจะใช้วิธีสอนแบบฮิวริสติกในการสอนนักเรียนกลุ่มนี้ ส่วนห้องที่สองจะสอนโดยการสร้างประสบการณ์เกี่ยวกับการแก้ปัญห

ให้นักเรียนและไม่ใช้วิธีสอนแบบฮิวริสติก ส่วนกลุ่มควบคุมสอนโดยการใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ปกติ ผลการทดลองพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม สิ่งที่พัฒนาขึ้นซึ่งเห็นได้ชัดในการแก้ปัญหาของนักเรียนในกลุ่มทดลองก็คือ วิธีสอนวิธีแรกจะทำให้เห็นความแตกต่างในด้านทักษะคิดที่มีต่อการแก้ปัญหาของนักเรียน ส่วนในด้านทักษะคิดที่มีต่อการแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่า มีความแตกต่างกันไม่มากนักระหว่างนักเรียนในกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมและมีความแตกต่างกันน้อยมากระหว่างนักเรียนในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม

เบริกส์ (Burks, 1994, p. 4019-A) ได้ทำการวิจัยเรื่องการเขียนในการจัดการเรียนรู้ กระบวนการดำเนินการและข้อชี้แนะกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนเกรด 8 กลุ่มตัวอย่าง คือ ครู 5 คน นักเรียน 371 คน ใช้เวลาการทดลอง 7 สัปดาห์ โดยมีกระบวนการประกอบด้วยการเข้าถึง (Enter) การวางแผน การปะทะ และการทบทวน ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาสี่ขั้นตอนของ โพลยา ยุทธวิธีที่ใช้ประกอบด้วย การค้นหาแบบรูป การเขียนแผนภาพ การแจกแจงรายการ/ การสร้างตาราง การเดา และการตรวจสอบ และการแก้ปัญหาที่ง่ายกว่า ผลการวิจัยพบว่า การใช้ยุทธวิธีและกระบวนการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนที่มีความสามารถต่ำจะมีพัฒนาการที่ดีกว่านักเรียนที่มีความสามารถสูง ส่วนด้านเจตคติต่อการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนเกือบทั้งหมดมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ยังไม่ดีนัก กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงทางลบน้อยกว่ากลุ่มควบคุม แต่ทั้งหมดมีความเห็นร่วมกันว่า กิจกรรมการเรียนทำให้นักเรียนได้สื่อสารและพัฒนาความคิดด้านกระบวนการและยุทธวิธีมากขึ้นและนำเสนอปัญหาอย่างเป็นระบบ

อิบบราฮิม (Ebrahim, 2004) ได้ทำการศึกษาผลการสอนแบบปกติกับการสอนโดยวัฏจักรการเรียนรู้ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 111 คน จาก 4 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 56 คน เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 ชั้น และกลุ่มควบคุม 55 คน เรียนแบบปกติ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ การสอนใช้ครูเพศหญิงสอน นักเรียนชายทั้ง 2 กลุ่ม และครูเพศหญิงอีก 1 คน สอนนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม การเก็บข้อมูลใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ การทดลองใช้การทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยวัฏจักรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีการสอนแบบปกติ

วอลฟ และฟราเซอร์ (Wolf & Fraser, 2007 อ้างถึงใน ประภัสสร บุญทวีกุลสวัสดิ์, 2553, หน้า 47) ได้ทำการศึกษายรรายศาสตร์การจัดการเรียนรู้ เจตคติ และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนระดับ

ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้การจัดกิจกรรมการทดลองรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ในวิชาฟิสิกส์ โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ทำกรทดลองแบบเน้นรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ กับที่ทดลองแบบไม่เน้นรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า การทดลองแบบเน้นรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน มีเจตคติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าแบบไม่เน้นรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ อย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) และกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของ โพลยา เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนได้ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดกระบวนการคิด การค้นคว้าหาความรู้ มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสนใจและสนุกกับการเรียนรู้

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กิจกรรมหรือสถานการณ์ที่หลากหลาย เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันและความสนใจของผู้เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของ โพลยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และการสร้างแบบทดสอบการประเมินผล เกณฑ์การให้คะแนน

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

##### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สหวิทยาเขตระยอง 2 จำนวน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแกลง อำเภอวังจันทร์ และอำเภอเขาชะเมา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

##### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) โดยเรียงลำดับ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการสุ่มอำเภอในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สหวิทยาเขต ระยอง 2 มาจำนวน 1 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแกลง ซึ่งประกอบด้วย 5 โรงเรียน คือ โรงเรียนแกลง (วิทยสถาวร) โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา โรงเรียนมกุฎเมืองราชวิทยาลัย โรงเรียนสุนทรภู่พิทยา และโรงเรียนห้วยยางศึกษา ทำการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 สหวิทยาเขต ระยอง 2 อำเภอแกลง มาจำนวน 1 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนชานาญสามัคคีวิทยา ทำการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสุ่มกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากห้องเรียนแผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชานาญสามัคคีวิทยา มาจำนวน 2 ห้องเรียน ทำการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ได้แก่

- กลุ่มทดลอง นักเรียนห้อง 1 จำนวน 35 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

- กลุ่มควบคุม นักเรียนห้อง 2 จำนวน 35 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยดำเนินการวิจัยแบบ Randomized control group pretest-posttest design (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2546, หน้า 380) ซึ่งมีรูปแบบการวิจัย ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบ Randomized control group pretest-posttest design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
RE	T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>
RC	T <sub>1</sub>	-	T <sub>2</sub>

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

RE	แทน	กลุ่มทดลอง
RC	แทน	กลุ่มควบคุม
T <sub>1</sub>	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
T <sub>2</sub>	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
X	แทน	การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา
-	แทน	การจัดการเรียนรู้แบบปกติ



## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

## การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้: ตามการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษา โดยกำหนดเนื้อหาในสาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส และใช้หัวข้อเรื่อง แก๊ส ซึ่งมีเนื้อหา 6 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก (%)
1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และ ปริมาตรของแก๊ส	1. กฎของบอยล์	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊สได้	1.5	10
2. ใช้กฎต่าง ๆ ของ แก๊ส คำนวณหา ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และ จำนวนโมล หรือ มวลของแก๊ส	2. กฎของชาร์ล	2. ใช้กฎของบอยล์ คำนวณหา ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊สได้	1.5	10
	3. กฎรวมแก๊ส	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊สได้	2	20
3. สรุปข้อความของกฎ เกย์-ลูสแซก และ กฎอาโวกาโดร พร้อมทั้งใช้กฎ ทั้งสองคำนวณหา ปริมาตรของแก๊ส ที่เกี่ยวข้องใน	4. กฎของ เกย์-ลูสแซก	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊สได้	1.5	10
		2. สรุปข้อความของกฎเกย์-ลูสแซก ได้		

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก (%)
ปฏิกิริยาเคมีและ สูตรโมเลกุลของ แก๊ส		3. ใช้กฎของเกย์-ลูสแซกคำนวณหา ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊สได้		
4. อธิบายความ สัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของ แก๊ส	5. กฎของอาโว กาโดร	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊สได้ 2. สรุปข้อความของกฎอาโวกาโดร ได้ 3. ใช้กฎของอาโวกาโดรคำนวณหา ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊สได้	2.5	20
5. อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่างการแพร่ ของแก๊สกับมวล โมเลกุล รวมทั้ง สามารถเปรียบเทียบ อัตราการแพร่ของ แก๊ส	6. การแพร่ ของแก๊ส	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง การแพร่ของแก๊สกับมวลโมเลกุล ได้ 2. สามารถคำนวณอัตราการแพร่ของ แก๊สได้ 3. สามารถเปรียบเทียบอัตราการแพร่ ของแก๊สได้	3	30

1.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดย  
ให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 6 แผน ซึ่งโครงสร้างของ  
แผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.3.1 สาระสำคัญ

1.3.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.3.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

1.3.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1.3.4.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.3.4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)

1.3.4.3 ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explain)

1.3.4.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบ

1.3.4.5 ขั้นประเมินผล (Evaluate)

1.3.5 สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

1.3.6 การวัดและประเมินผล

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณา ตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง และนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล และเพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence: IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถามโดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรื่องสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การประเมินความสอดคล้อง (IOC) ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมและค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง

คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน

1.00 และค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543,

หน้า 117) ถือว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น และมีความสอดคล้อง ทั้งนี้

ผู้วิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5

ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยา ทั้ง 6 แผน อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด และมี

ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

1.6 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่

1.6.1 คำถามในกิจกรรมการเรียนรู้ต้องปรับอย่างหลากหลายตามประสบการณ์เดิมของนักเรียน และไม่ควรเป็นคำถามที่ชี้นำคำตอบ

1.6.2 แบบฝึกหัดในใบงานไม่ควรมีมากเกินไป เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง

1.6.3 ในขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยา 4 ขั้นตอน ครูต้องยกตัวอย่าง โจทย์ปัญหาพร้อมทั้งแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาให้นักเรียนดู เพื่อให้ นักเรียนเห็นแนวทางและเข้าใจวิธีการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 3 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้อง ความเหมาะสม และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง ได้แก่

1.7.1 แบบรายงานผลการทดลองในใบกิจกรรม มีเนื้อหาให้นักเรียนเขียนน้อยเกินไป ควรมีการเพิ่มพื้นที่ให้นักเรียนเขียนเพิ่มมากขึ้น

1.7.2 เนื้อหาในใบความรู้มีมากเกินไป ควรกระชับเนื้อหาในใบความรู้ให้น่าอ่าน

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 1 โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้: ตามการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษา โดยกำหนดเนื้อหาในสาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส และใช้หัวข้อเรื่อง แก๊ส ซึ่งมีเนื้อหา 6 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-2

2.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 6 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

2.3.1 สาระสำคัญ

2.3.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.3.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)

2.3.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.3.4.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

2.3.4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)

2.3.4.3 ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explain)

2.3.4.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaborate)

2.3.4.5 ขั้นประเมินผล (Evaluate)

### 2.3.5 สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

### 2.3.6 การวัดและประเมินผล

2.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณา ตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง และนำไปแก้ไขปรับปรุง

2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) และด้านการวัด ประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล และเพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence: IOC) ของแผน การจัดการเรียนรู้แต่ละแผนกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบ ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ ได้ไค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การประเมินความสอดคล้อง (IOC) ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำ คำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมและค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 และค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ถือว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น และมีความสอดคล้อง ทั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทั้ง 6 แผน อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด และมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

2.6 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่

2.6.1 คำถามในกิจกรรมการเรียนรู้ต้องปรับอย่างหลากหลายตามประสบการณ์เดิมของนักเรียน และไม่ควรเป็นคำถามที่ชี้นำคำตอบ

2.6.2 แบบฝึกหัดในใบงานไม่ควรมีมากจนเกินไป เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง

2.6.3 ในชั้นขยายความรู้ (Elaborate) ครูต้องยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาพร้อมทั้งแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาให้นักเรียนดู เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา

2.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 2 โรงเรียนชำนาญสุสามัคคีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3.2 ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สารระการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือ และคู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเน้นมาตรฐานการเรียนรู้ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ช่วงชั้นที่ 4

3.3 วิเคราะห์หลักสูตรในแต่ละจุดประสงค์ เพื่อกำหนดเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ดังตารางที่ 3-3



ตารางที่ 3-3 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

สาระ การเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมที่ต้องการวัด						รวม
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
1. กฎของบอยล์	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊สได้	1	-	-	-	-	-	1
	2. ใช้กฎของบอยล์ คำนวณหา ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และ จำนวนโมลหรือมวลของแก๊สได้	-	-	2	-	-	-	2
2. กฎของชาร์ล	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊สได้	1	-	-	-	-	-	1
	2. ใช้กฎของชาร์ล คำนวณหา ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และ จำนวนโมลหรือมวลของแก๊สได้	-	-	2	-	-	-	2
3. กฎรวมแก๊ส	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊สได้	1	1	-	-	-	1	3
	2. ใช้กฎรวมแก๊ส คำนวณหา ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และ จำนวนโมลหรือมวลของแก๊สได้	-	-	6	-	-	-	6

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระ การเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมที่ต้องการวัด						รวม
		ความรู้ความ เข้าใจ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า	
4. กฎของเกย์- ลูสแซก	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และ ปริมาตรของแก๊สได้	1	-	-	-	-	-	1
	2. สรุปข้อความของกฎเกย์- ลูสแซกได้	-	1	-	-	-	-	1
	3. ใช้กฎของเกย์-ลูสแซก คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมล หรือมวลของแก๊สได้	-	-	1	-	-	-	1
5. กฎของอาโว กาโดร	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ของแก๊สได้	1	-	-	-	1	-	2
	2. สรุปข้อความของกฎ อาโวกาโดรได้	-	1	-	-	-	-	1
	3. ใช้กฎของอาโวกาโดรคำนวณหา ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊สได้	-	-	3	-	-	-	3
6. การแพร่ของ แก๊ส	1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการ แพร่ของแก๊สกับมวลโมเลกุลได้	1	1	-	1	-	-	3
	2. สามารถคำนวณอัตราการแพร่ ของแก๊สได้	-	-	3	-	-	-	3
	3. สามารถเปรียบเทียบอัตรา การแพร่ของแก๊สได้	-	-	1	-	1	1	3
รวม		6	4	15	1	2	2	30

3.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 30 ข้อ โดยให้ครอบคลุม เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ตามตารางวิเคราะห์ มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน โดยผลรวมของคะแนนทุกข้อเป็นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนแต่ละคน เช่น

0. ลูกบอลลูนบรรจุก๊าซฮีเลียม (He) จำนวน  $5.41 \text{ dm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $24^\circ\text{C}$  ความดัน  $1.015 \text{ atm}$  ถ้าทำให้ก๊าซในลูกบอลลูนร้อนขึ้นถึง  $35^\circ\text{C}$  จะมีปริมาตร  $5.54 \text{ dm}^3$  ก๊าซฮีเลียม ในลูกบอลลูนจะมีความดันเท่าไร

(ก.)  $1.028 \text{ atm}$

ข.  $2.126 \text{ atm}$

ค.  $5.384 \text{ atm}$

ง.  $6.214 \text{ atm}$

3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่สร้างเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ แล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญ ด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) และด้านการวัดประเมินผล เพื่อตรวจสอบ ความเหมาะสมของภาษา ความเที่ยงตรง ด้านเนื้อหาว่าข้อสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

3.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือก แบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (พงรรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการ ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส มีค่าดัชนีความ สอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

3.7 ดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่

3.7.1 แก้ไขข้อคำถามให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เช่น

โจทย์เดิม “แก๊สที่มีปริมาตรเป็นศูนย์ เกี่ยวข้องกับข้อใด”

แก้ไขเป็น “แก๊สที่อุณหภูมิใดมีปริมาตรเป็นศูนย์”

3.7.2 แก้ไขข้อคำถามให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เช่น

โจทย์เดิม “ข้อใดสรุปผิด”

แก้ไขเป็น “ข้อใดสรุป ผิด”

3.7.3 แก้ไขรูปภาพให้มีขนาดใหญ่และชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.7.4 แก้ไขตัวเลือกให้มีการเรียงลำดับค่าจากมากไปน้อยหรือจากน้อยไปมาก เช่น

ตัวเลือกเดิม “ก. 2.4 cm. ข. 1.2 cm. ค. 4.1 cm. ง. 3.2 cm.”

แก้ไขเป็น “ก. 1.2 cm. ข. 2.4 cm. ค. 3.2 cm. ง. 4.1 cm.”

3.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มาแล้วที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 2

3.9 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มาตรวจสอบให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย ( $P$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209-211) โดยใช้การแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ ด้วยเทคนิค 50% (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 294) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย ( $P$ ) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209-211) ซึ่งผู้วิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ผ่านเกณฑ์จำนวน 52 ข้อ และคัดมาใช้จริง จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.39-0.78 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.56 ซึ่งครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้และมีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้

3.10 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2540, หน้า 183-184) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 0.84

3.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

4.2 วิเคราะห์และกำหนดสาระการเรียนรู้จากเนื้อหาองค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี  
เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

สาระการเรียนรู้	จำนวนข้อ
1. กฎของบอยล์	1
2. กฎของชาร์ล	1
3. กฎรวมแก๊ส	1
4. กฎของเกย์-ลูสแซก	1
5. กฎของอาโวกาโดร	1
6. การแพร่ของแก๊ส	1
รวม	6

4.3 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เป็นแบบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 6 ข้อ โดยแบบทดสอบ มีลักษณะให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้แก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ตามขั้นตอน การแก้ปัญหของ โพลยา ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผน แก้ปัญหา 3) ขั้นตอนการแก้ ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบ โดยให้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้และ เนื้อหาค่าประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามตารางวิเคราะห์ มีเกณฑ์การให้ คะแนน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

2 คะแนน เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบ ถูกต้องครบถ้วน

1 คะแนน เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้ถูกต้องครบถ้วน แต่สิ่งที่ต้องการทราบไม่ ถูกต้องครบถ้วน หรือเขียนสิ่งที่ต้องการทราบถูกต้องครบถ้วน แต่เขียนสิ่งที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง ครบถ้วน

0 คะแนน เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

2 คะแนน เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์

1 คะแนน เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์

0 คะแนน เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน

### ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

2 คะแนน เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่คำตอบผิดหรือไม่แสดงวิธีการแก้ปัญหา ได้เฉพาะคำตอบ

0 คะแนน เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบไม่ถูกต้อง

### ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

2 คะแนน เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้สมบูรณ์ชัดเจน

1 คะแนน เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้แต่ไม่สมบูรณ์

0 คะแนน เมื่อไม่เขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบ

ถ้าในแต่ละข้อตอบถูกต้องสมบูรณ์ทั้ง 4 ขั้นตอน จะได้คะแนนเต็ม 8 คะแนน และผลรวมของคะแนนทุกข้อเป็นคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน เช่น

0. บรรจุแก๊สชนิดหนึ่งปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ในกระบอกฉีดความดัน  $1 \text{ atm}$  ถ้าบีบปลายกระบอกฉีดเข้าไว้แล้วกดก้านหลอดฉีดจนปริมาตรของแก๊สเหลือ  $5 \text{ cm}^3$  ดังนั้นความดันในกระบอกฉีดจะเป็นเท่าใด

#### ขั้นที่ 1: ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา

1) สิ่งที่กำหนดให้

##### แนวคำตอบ

- แก๊สมีปริมาตร ( $V_1$ )  $10 \text{ cm}^3$

- แก๊สมีความดัน ( $P_1$ )  $1 \text{ atm}$

- หลังจากกดก้านหลอดฉีดจนปริมาตรแก๊สเหลือ ( $V_2$ )  $5 \text{ cm}^3$

2) สิ่งที่ต้องการทราบ

##### แนวคำตอบ

- ความดันหลังจากกดก้านหลอดฉีด ( $P_2$ )

#### ขั้นที่ 2: วางแผนแก้โจทย์ปัญหา

1) วิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

##### แนวคำตอบ

- ใช้กฎของบอยล์  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

โดยที่  $P_1$  คือ ความดันในตอนแรก

$P_2$  คือ ความดันในตอนหลัง

$V_1$  คือ ปริมาตรในตอนแรก

$V_2$  คือ ปริมาตรในตอนหลัง

ขั้นที่ 3 คำเนิการแก้โจทย์ปัญหา

1) นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 2

แนวคำตอบ

- แทนค่าตัวเลขลงในสูตรตามกฎของบอยล์

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$(1 \text{ atm})(10 \text{ cm}^3) = P_2 (5 \text{ cm}^3)$$

$$P_2 = 2 \text{ atm} \quad \text{ตอบ}$$

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

1) ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

แนวคำตอบ

- แทนค่าตัวเลขจากโจทย์กำหนด และจากคำตอบที่หาได้ในขั้นที่ 3

ลงในสูตรตามกฎของบอยล์ เพื่อดูความเท่ากันของสมการทั้ง 2 ข้าง ดังนี้

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$(1 \text{ atm})(10 \text{ cm}^3) = (2 \text{ atm})(5 \text{ cm}^3)$$

$$10 = 10$$

- จากการแทนค่าตัวเลขข้างต้นแสดงให้เห็นว่า สมการทั้ง 2 ข้าง มีค่า

เท่ากัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า คำตอบที่หาได้ในขั้นที่ 3 มีความถูกต้อง

4.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่สร้างเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ แล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของสถานการณ์ การใช้คำถาม ภาษา ความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาว่า แบบทดสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

4.5 พิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มี ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง แต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มี

คุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

4.6 ดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่

4.6.1 แก้ไขข้อคำถามให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เช่น

โจทย์เดิม “แก๊สฮีเลียม  $20 \text{ dm}^3$  ความดัน 2 บรรยากาศ”

แก้ไขเป็น “แก๊สฮีเลียมมีปริมาตร  $20 \text{ dm}^3$  ที่ความดัน 2 บรรยากาศ”

4.6.2 เพิ่มพื้นที่ในการเขียนตอบในแต่ละขั้นให้มากยิ่งขึ้น

4.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 34 คน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 3

4.8 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก (D) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209-211) โดยวิธีของ D.R Whitney และ D.L Sabers แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย ( $P_E$ ) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 199-200) ทั้งนี้พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ผ่านเกณฑ์จำนวน 12 ข้อ คัดมาใช้จริงจำนวน 6 ข้อ โดยมีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.49-0.76 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.24-0.44 ซึ่งครอบคลุมทุกสาระการเรียนรู้และมีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้

4.9 คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วนำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา ( $\alpha$  Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเท่ากับ 0.75

4.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป



## วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้
2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
3. ดำเนินสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ใช้เวลาสอน 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง
4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างและนักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส (ฉบับเดิม)
4. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

## การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติการทดสอบความแปรปรวนร่วม (Analysis of covariance = ANCOVA) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 1)
2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติการทดสอบความแปรปรวนร่วม (Analysis of covariance = ANCOVA) (ทดสอบสมมติฐาน ข้อ 2)

## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. สถิติพื้นฐาน

- 1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ( $\bar{X}$ ) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
$\sum X$ แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
$N$ แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 307) คือ

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

เมื่อ	$S$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	$N$	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

## 2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 262-263)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาวิชา
	$N$	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 292-295) ดังนี้

### 2.2.1 ค่าความยากง่าย แบบอิงกลุ่ม

$$P = \frac{R}{n}$$

เมื่อ	$P$	แทน	ค่าความยาก
	$R$	แทน	จำนวนผู้ตอบถูก
	$n$	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบ

### 2.2.2 ค่าอำนาจจำแนก แบบอิงกลุ่ม โดยเทคนิคร้อยละ 50

$$r = \frac{2(f_H - f_L)}{n}$$

เมื่อ $r$	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
$f_H$	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
$f_L$	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
$n$	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

2.3 หาค่าความยากง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ตามวิธีของ D.R Whitney และ D.L Sabers โดยใช้สูตร (ส่วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 199-200) ดังนี้

#### 2.3.1 ค่าความยากง่าย

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ $P_E$	แทน	ดัชนีค่าความยาก
$S_U$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
$N$	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

#### 2.3.2 ค่าอำนาจจำแนก

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ $D$	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
$S_U$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
$N$	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.4 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส โดยใช้สูตร KR-20 ตามวิธีของคูเดอร์และริชาร์ดสัน (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 281) ดังนี้

$$r_{KR-20} = \left( \frac{k}{k-1} \right) \left( 1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right)$$

เมื่อ $r_{KR-20}$	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
$k$	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
$p$	แทน	อัตราส่วนของผู้ตอบถูกแต่ละข้อ
$q$	แทน	อัตราส่วนของผู้ตอบผิดแต่ละข้อ (1-p)
$S^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

2.5 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบาค (Cronbach) (สม โภช อนุเกศ, 2553, หน้า 108)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ $\alpha$	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
$n$	แทน	จำนวนข้อ
$S_i^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ
$S_t^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

### 3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ใช้สถิติ ANCOVA (Analysis of covariance) วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เพื่อควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน ในการทดสอบสมมติฐานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป (Statistical package for social science: SPSS)

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ Randomized control group pretest-posttest design ได้ผลการวิจัยดังนี้

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

$n$	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา
$\bar{X}$	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
$S$	แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$F$	แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน $F$ - Distribution
$p$	แทน ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
$SS$	แทน ผลรวมของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง (Sum of squares)
$MS$	แทน ค่าเฉลี่ยของผลรวมของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง
$df$	แทน ระดับชั้นแห่งความอิสระ
*	แทน นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

#### การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ประเด็น คือ

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ได้ผลดังตารางที่ 4-1 และ 4-2

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

กลุ่ม	N	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
ทดลอง	35	7.29	1.27	20.74	5.36
ควบคุม	35	6.69	1.91	17.17	5.31

จากตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 7.29 ( $\bar{X} = 7.29, S = 1.27$ ) และ 20.74 ( $\bar{X} = 20.74, S = 5.36$ ) ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 6.69 ( $\bar{X} = 6.69, S = 1.91$ ) และ 17.17 ( $\bar{X} = 17.17, S = 5.31$ ) ตามลำดับ

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติ ANCOVA

Source	SS	df	MS	F	p
ตัวแปรร่วม (คะแนนสอบก่อนเรียน)	459.229	1	459.229	24.411	.000
วิธีสอน	115.112	1	115.112	6.119*	.016
รวม	27099.000	70			

\*  $p < .05$

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $F = 6.119, p = .016$ ) โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.74 ( $\bar{X} = 20.74, S = 5.36$ ) สูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.17 ( $\bar{X} = 17.17, S = 5.31$ ) จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ข้อที่ 1

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติได้ผลดังตารางที่ 4-3 และ 4-4

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (คะแนนเต็ม 48 คะแนน)

กลุ่ม	N	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
ทดลอง	35	9.89	2.22	38.43	7.88
ควบคุม	35	7.54	2.45	30.89	6.26

จากตารางที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 9.89 ( $\bar{X} = 9.89, S = 2.22$ ) และ 38.43 ( $\bar{X} = 38.43, S = 7.88$ ) ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 7.54 ( $\bar{X} = 7.54, S = 2.45$ ) และ 30.89 ( $\bar{X} = 30.89, S = 6.26$ ) ตามลำดับ

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติ ANCOVA

Source	SS	df	MS	F	p
ตัวแปรร่วม (คะแนนสอบก่อนเรียน)	2780.513	1	2780.513	278.550	.000
วิธีสอน	363.368	1	363.368	36.402*	.000
รวม	80489.000	70			

\*  $p < .05$



จากตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ ปัญหาของ โพลยา สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $F = 36.402, p = .000$ ) โดยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.43 ( $\bar{X} = 38.43, S = 7.88$ ) สูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.89 ( $\bar{X} = 30.89, S = 6.26$ ) จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ ปัญหาของ โพลยา ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ข้อที่ 2

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวน 70 คน ได้แก่ กลุ่มทดลอง นักเรียนห้อง 1 จำนวน 35 คน และกลุ่มควบคุม นักเรียนห้อง 2 จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส สำหรับกลุ่มทดลอง แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส สำหรับกลุ่มควบคุม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ Randomized control group pretest-posttest design เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ANCOVA

### สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## อภิปรายผล

จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สามารถสรุปผลการวิจัยและมีประเด็นอภิปราย ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยานั้น เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ได้แสดงความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากประสบการณ์ตรง ได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นของตนเองและมีส่วนร่วมในการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และได้ช่วยกันคิดและช่วยกันแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ร่วมกัน โดยในขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) ยังได้มีการเสริมกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเป็นขั้นตอน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สามารถนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาอื่นได้อย่างเป็นระบบ และนอกจากนั้นอาจเป็นเพราะก่อนเรียนนักเรียนยังไม่มี ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการและขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา จึงไม่สามารถหาคำตอบได้อย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ อีกทั้งยังไม่มีตรวจสอบคำตอบว่าถูกต้องและมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ แต่เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ซึ่งมีขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูยกตัวอย่าง สื่อ สถานการณ์ หรือปัญหา และใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนระลึกความรู้เดิมที่เป็นพื้นฐานหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่เรียน เพื่อให้นักเรียนสนใจอยากรู้ อยากเห็นในกิจกรรมและเตรียมความพร้อม ที่จะนำเข้าสู่บทเรียนหรือปัญหาใหม่ ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ครูกำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ ให้นักเรียนได้ทำการคิดวางแผน, สำรวจ, ตรวจสอบ, ตั้งสมมติฐาน และลงมือปฏิบัติ เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูล ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์

แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม แล้วนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์อื่น โดยผ่านกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา 4) ขั้นตรวจสอบ นอกจากนั้นอาจมีการให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนโดยครูผู้สอน และขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นที่ครูทำการประเมินความรู้นักเรียนด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด จากการดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าว จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส สูงขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ ทิศนา แจมมณี (2556, หน้า 141) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการสืบเสาะแบบ วัฏจักรการเรียนรู้ เป็นการดำเนินการสอนโดยผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำความรู้มาประมวลหาคำตอบด้วยตนเอง โดยสอดคล้องกับ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ทฤษฎีนี้เน้นให้ความสำคัญกับวิธีการและกระบวนการของผู้เรียนในการสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตัวของผู้เรียนเอง ด้วยการใช้อยู่ที่ได้รับมาร่วมกับข้อมูลที่มีอยู่แล้ว (วัฒนาพร ระวังทุกข์, 2542, หน้า 5-6) ซึ่งผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ebrahim (2004) ได้ทำการศึกษาผลการสอนแบบปกติกับการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียน โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียน โดยการสอนปกติ งานวิจัยของ ยาวลักษณ์ ชื่นอารมณี (2549) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอน โดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 งานวิจัยของ พนารัตน์ วัตไทยสง (2544) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ผลการศึกษาพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และงานวิจัยของ ประภัสสร แก้วพิลากรมย์ (2554, หน้า 76) ได้ทำการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาเฉลี่ยร้อยละ 73.66

โดยร้อยละ 76.00 ได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 70 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 71.40 โดยร้อยละ 72.00 ได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 70

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดีกว่าการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองซึ่งจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เท่ากับ 20.74 ( $\bar{X} = 20.74, S = 5.36$ ) และกลุ่มควบคุมซึ่งจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เท่ากับ 17.17 ( $\bar{X} = 17.17, S = 5.31$ )

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยานั้น ในขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) ได้มีการเสริมกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล และได้ฝึกการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบด้วยตนเอง โดยในแต่ละขั้นนักเรียนจะได้เขียนวิธีการคิดหรือเขียนคำตอบซึ่งเป็นการช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น สามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับ โจทย์ปัญหาอื่นได้ และเมื่อนักเรียนได้ฝึกคิดแก้โจทย์ปัญหาในรูปแบบที่หลากหลายซึ่งเป็นการทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญมากขึ้น กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เริ่มจากขั้นที่ 1 การเข้าใจปัญหา ขั้นนี้นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจกับ โจทย์ปัญหาที่กำหนดมาให้ โดยสามารถบอกได้ว่า โจทย์ปัญหานั้นกำหนดเงื่อนไขอะไรมาให้บ้าง ต้องการให้หาสิ่งใด ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นนี้นักเรียนจะใช้ข้อมูลจาก โจทย์ปัญหาที่ได้ในขั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ โจทย์ปัญหานั้น และนำมาใช้ประกอบการวางแผนแก้ โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้จะเป็นการลงมือแก้ โจทย์ปัญหาจนได้คำตอบ และ ขั้นที่ 4 ตรวจสอบการแก้ปัญหา ขั้นนี้นักเรียนจะได้ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าถูกต้องและมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส สูงขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของโพลยา (Polya, 1985 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550, หน้า 8) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบแก้ปัญหาตามรูปแบบและขั้นตอนของโพลยา มีจุดประสงค์เพื่อช่วยเหลือนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากในบางครั้งการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนก็ไม่สามารถทำได้ด้วยตนเอง ครูจะต้องคอย

ช่วยเหลือชี้แนะให้นักเรียนค้นพบหนทางในการแก้โจทย์ปัญหาเอง และยังคงคล้องกับแนวคิดของ กรมวิชาการ (2546, หน้า 272) ที่กล่าวว่า การแก้ ปัญหาเป็นการหาคำตอบที่ยังไม่รู้วิธีการมาก่อน ทั้งที่เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์โดยตรงและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยการใช้เทคนิค วิธีการ หรือกลยุทธ์ต่าง ๆ การมองปัญหา เพื่อหาทางแก้ปัญหานั้น ต้องประกอบด้วยความสามารถย่อย ๆ คือ การยอมรับและมองเห็นปัญหา การตั้ง สมมติฐาน การเลือกวิธีการ และการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบสมมติฐาน (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542, หน้า 332) ซึ่งผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Putt (1979, p. 5382-A) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ของกาเย่ร่วมกับขั้นตอนการแก้ปัญหของ โพลยา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ของกาเย่ร่วมกับขั้นตอนการแก้ปัญหของ โพลยา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนและการแก้ปัญหสูงกว่านักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติ งานวิจัยของ จิตรา แก้วชัย (2553, หน้า 129-130) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาย่อยละของนักเรียนชั้นประถม ศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยเน้นขั้นตอนการแก้ปัญหของ โพลยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 67.54 จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.42 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.44 และนักเรียนร้อยละ 100 มีคะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาย่อยละ 70 ขึ้น ไป และงานวิจัยของ อรพินท์ ชื่นชอบ (2549) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความ สามารถในการแก้ปัญหทางฟิสิกส์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหตามเทคนิคของ โพลยา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .012 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ ปัญหาสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหของ โพลยา สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดีกว่าการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองซึ่งจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหของ โพลยา มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียน เท่ากับ 38.43 ( $\bar{X} = 38.43, S = 7.88$ ) และกลุ่มควบคุมซึ่งจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียน เท่ากับ 30.89 ( $\bar{X} = 30.89, S = 6.26$ )

## ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ก่อนที่ครูผู้สอนจะจัดการเรียนการสอน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส นักเรียนควรได้รับการฝึกเกี่ยวกับทักษะการคำนวณ เช่น การบวก การลบ การคูณ และการหาร ให้มีความคล่องแคล่วและชำนาญเสียก่อน เพราะหากนักเรียนคำนวณผิดพลาดจะส่งผลให้คะแนนในการทำโจทย์ปัญหาลดน้อยลงไปด้วย

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ครูผู้สอนต้องเน้นให้นักเรียนคิดตามลำดับขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เพื่อฝึกให้นักเรียนคิดอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งในท้ายที่สุดนักเรียนจะเกิดทักษะการทำงานอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล ซึ่งทักษะดังกล่าวสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ ไม่เฉพาะแต่ในการเรียนเท่านั้น ดังนั้นครูผู้สอนจึงไม่ควรรีบร้อนที่จะบอกคำตอบหรือเฉลยอย่างรวดเร็ว เพราะจะทำให้ นักเรียนไม่สนใจที่จะคิดตามขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

1.3 การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ในบางเนื้อหาและบางแผนการจัดการเรียนรู้ต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมาก ดังนั้นครูผู้สอนควรมีการกำหนดเวลาให้ชัดเจนและแจ้งให้นักเรียนรักษาเวลาตามที่กำหนด เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินไปตามแผนที่กำหนดไว้

1.4 ครูผู้สอนควรมีการช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนอ่อน โดยอาจจะใช้วิธีการสอนเพิ่มเติมนอกชั่วโมงเรียน หรือให้ฝึกทำใบงานอื่นเพิ่มเติม

### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ในตัวแปรอื่นๆ เช่น ความคงทนในการเรียนรู้ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยานั้น เป็นการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง

ทำให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์หรือ โจทย์ปัญหาอื่นได้อย่างเป็นระบบ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาว่า ภายหลังจากสิ้นสุดการเรียนไปแล้วระยะหนึ่ง นักเรียนจะมีความคงทนในการเรียนรู้มากน้อยเพียงใดจากการจัดการเรียนรู้

2.2 ควรศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา และการจัดการเรียนรู้แบบ STAD เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้พบว่า ในการทำกิจกรรมกลุ่ม นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน มีความกระตือรือร้น และกล้าแสดงความคิดเห็นในการอภิปราย ได้แย้งหาข้อเท็จจริง เพื่อลงข้อสรุปในประเด็นต่าง ๆ ซึ่งสิ่งที่พบเหล่านี้อาจจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมีของนักเรียน



## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์  
คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*.  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556).  
*ผลการประเมิน PISA 2012*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- จิตรา แก้วชัย. (2553). *การศึกษาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาย่อยละ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา  
ปีที่ 6 ที่ใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยเน้นขั้นตอน  
การแก้ปัญหของโพลยา*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและ  
การสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จินตนา สุขจรรย์. (2554). *การศึกษาตลอดชีวิตและการพัฒนาชุมชน*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- จิราภรณ์ เป็วงค์. (2545). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรม  
การแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา  
วิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชญากา ใจโปร่ง. (2554). *กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา  
ที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญาโทการศึกษามหาบัณฑิต,  
สาขาวิชาคณิตศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2551). *การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้*.  
*วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 11(1), 33-45.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2546). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 9)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย  
ศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ:  
โอเดียนสโตร์.
- ทศนา เขมมณี. (2556). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*.  
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ชงชัย ชิวปรีชา, ณรงค์ศิลป์ รูปพนม และปรีชา เดชศรี. (2536). การวัดผลและประเมินผลการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8-15. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. (2551). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: โครงการเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- ประภัทสร บุญทวีกุลสวัสดิ์. (2553). การพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง การรับรู้และตอบสนอง โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบ 5ES. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประภัทสร แก้วพิลาธมย์. (2554). การศึกษาทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยา เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พนารัตน์ วัดไทยสง. (2544). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาโจทย์ตามเทคนิคของ โพลยา. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิจัยการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิค การสอน 1. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.
- พิชิต ฤทธิจรรยา. (2545). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์รี่มีสท์.
- พิชิต ฤทธิจรรยา. (2555). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ออฟเคอร์รี่มีสท์.
- ไพศาล วรคำ. (2555). การวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

- ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558, มกราคม-มิถุนายน). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4. วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1(1), 97-124.
- เขवालักษณ์ ชื่นอารมย์. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวัฏจักรการเรียนรู้ 5E. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- รัชณี ทุมวงศ์. (2546). การสร้างชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ตะพานน้ำ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- รัตนาวรรณ ธนานุรักษ์. (2547). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จิตวิทยาศาสตร์และ พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญด้วย วัฏจักรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- รุจภา ประถมวงษ์. (2551). การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) กับการจัดการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น (7E). วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชา การวิจัยการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2531). หลักการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2546). *ระเบียบวิธีทางสถิติบางประการเพื่อการวิจัยประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ละออ ปิ่นทอง. (2549). *การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่องหลักธรรมทางพระพุทธศาสนาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียน โดยใช้วิธีสอนตามรูปแบบการสอนแบบกลุ่มร่วมมือกิจกรรม STAD กับวิธีสอนตามปกติ*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2542). *แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: แอลทีเพลส.
- วิชาญ เลิศลพ. (2543). *การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ โดยวิธีจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้กับ สสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้กับ สสวท.* วิทยานิพนธ์การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- วิณา ประชากุล และประสาท เนื่องเฉลิม. (2554). *รูปแบบการเรียนการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศุภพงษ์ คล้ายคลึง. (2548). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะการทดลองโดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์*. สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สกุล มูลแสง. (2554). *สัมมนาการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546 ก). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546 ข). *การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550 ก). *การเรียนการวิทยาศาสตร์ แบบสืบเสาะหาความรู้รูปแบบ 5Es*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550 ข). *ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *ทักษะ/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ส.เจริญการพิมพ์.
- สถาปนา เกษมศิลป์. (2546). *การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรม โครงงานวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี เรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลง*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตร และการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สันนิสา สมัยอยู่. (2554). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2553). *21 วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.
- อชิระ อุดมาน. (2554). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อรนุช ศรีสะอาด. (2546). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษาโครงการตำรา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- อรพินท์ ชื่นชอบ. (2549). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- Bybee, R. W., Taylor J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. Colorado: the Biological Science Curriculum Study (BSCS).

- Burks, L. C. (1994, May). The use of writing as a means of teaching eight-grade students to use executive process and heuristic strategies to solving mathematical problem (problem solving). *Dissertation Abstracts International*, 54(11), 4019-A.
- Ebrahim, A. (2004). The effects of traditional learning and a learning cycle inquiry learning strategy on students' science achievement and attitudes toward elementary science. *Dissertation Abstracts International*, 65(4), 1232.
- Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2) 169-175.
- Lawson, A. E. & Anton, E. (1995). *Science teaching and development of thinking*. Belmont California: Wadsworth Publishing.
- Putt, J. I. (1979, September). An exploratory investigation of method of instruction in mathematical problem-solving at the fifth grade level. *Dissertation Abstracts International*, 39(3), 5382-A.

ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก**

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือวิจัย



## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ดร.สมศิริ สิงห์หลพ อาจารย์ โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ"  
มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี
2. ดร.กิติมา พันธุ์พุกษา อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี
3. ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี
4. นางดวงกมล พรพลานามย์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา  
จังหวัดระยอง
5. นางสาวพิมพ์พรรณ วงศ์บุรุษ ครูชำนาญการ โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา  
จังหวัดระยอง

### ภาคผนวก ข

- ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้
- ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- ผลการวิเคราะห์หาความยากง่าย ( $P$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
- ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างสถานการณ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้
- ผลการวิเคราะห์หาความยากง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
- ผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

**ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น  
(5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา**

ตารางที่ ข-1 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	4	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	4	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผล ครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	48	50	48	241	4.85	0.30	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้อง กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	4	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มี ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้น ให้นักเรียน ได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	49	50	49	243	4.86	0.28	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้  
5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3  
เรื่อง กฎรวมแก๊ส

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้อง กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	4	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้น ให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	49	50	49	243	4.86	0.28	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้  
5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4  
เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้อง กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	4	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-4 ( ต่อ )

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
8. สื่อ/ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุเครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	50	45	49	50	49	243	4.86	0.28	เหมาะสมมากที่สุด



ตารางที่ ข-5 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้  
5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5  
เรื่อง กฎของอาโวกาโดร

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้อง กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มี ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้น ให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	50	50	49	244	4.88	0.27	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-6 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้  
5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6  
เรื่อง การแพร่ของแก๊ส

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้อง กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	4	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	4	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มี ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้น ให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	49	50	49	243	4.86	0.31	เหมาะสม มากที่สุด

### ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ ข-7 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
8. สื่อ/ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-7 ( ต่อ )

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุเครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	50	45	50	50	48	243	4.86	0.24	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-8 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-8 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มี ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้น ให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	4	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	49	50	50	244	4.88	0.23	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-9 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎรวมแก๊ส

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้อง กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มี ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้น ให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	50	50	49	244	4.88	0.23	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-10 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้อง กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด



ตารางที่ ข-10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุเครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
รวม	50	45	50	50	50	245	4.90	0.22	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-11 แสดงค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กฎของอาโวกาโดร

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	4	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
8. สื่อ/ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และกระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุเครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-11 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	49	50	50	244	4.88	0.23	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-12 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้อง กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระ การเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม ด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสม กับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	4	5	4	23	4.60	0.55	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ ข-12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา					รวม	$\bar{X}$	S	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)								
	1	2	3	4	5				
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้กระตุ้น ให้นักเรียน ได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/ แหล่งเรียนรู้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือไว้อย่างชัดเจน	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผลครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	45	49	50	49	243	4.86	0.28	เหมาะสม มากที่สุด

**ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร  
การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา**

ตารางที่ ข-13 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร  
การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงานและ จุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และ จุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และ เนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-14 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร  
การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\Sigma R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-15 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร  
การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎรวมแก๊ส

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\Sigma R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-16 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร  
การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของเกย์-ลูสแซก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\Sigma R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00



ตารางที่ ข-17 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร  
การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กฎของอาโวกาโดร

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\Sigma R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-18 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร  
การเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\Sigma R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

### ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ ข-19 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของบอยล์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-20 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของชาร์ล

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-21 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กฎรวมแก๊ส

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-22 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของเกย์ – ลูสแซก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-23 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กฎของอาโวกาโดร

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-24 ค่าการประเมินระดับความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การแพร่ของแก๊ส

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1. สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ภาระงานสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
4. เนื้อหาสอดคล้องกับภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา ภาระงาน และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00
6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00



**ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี  
เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)  
ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้**

ตารางที่ ข-25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้  
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	5	1.00
2	1	1	1	1	1	5	1.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	1	1	1	1	5	1.00
6	1	1	1	1	1	5	1.00
7	1	1	1	1	1	5	1.00
8	1	1	1	1	1	5	1.00
9	1	1	1	1	1	5	1.00
10	1	1	1	1	1	5	1.00
11	1	1	1	1	1	5	1.00
12	1	1	1	1	1	5	1.00
13	1	1	1	1	1	5	1.00
14	1	1	1	1	1	5	1.00
15	1	1	1	1	1	5	1.00
16	1	1	1	1	1	5	1.00
17	1	1	1	1	1	5	1.00
18	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-25 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
19	1	1	1	1	1	5	1.00
20	1	1	1	1	1	5	1.00
21	1	1	1	1	1	5	1.00
22	1	1	1	1	1	5	1.00
23	1	1	1	1	1	5	1.00
24	1	1	1	1	1	5	1.00
25	1	1	1	1	1	5	1.00
26	1	1	1	1	1	5	1.00
27	1	1	1	1	1	5	1.00
28	1	1	1	1	1	5	1.00
29	1	1	1	1	1	5	1.00
30	1	1	1	1	1	5	1.00
31	1	1	1	1	1	5	1.00
32	1	1	1	1	1	5	1.00
33	1	1	1	1	1	5	1.00
34	1	1	1	1	1	5	1.00
35	1	1	1	1	1	5	1.00
36	1	1	1	1	1	5	1.00
37	1	1	1	1	1	5	1.00
38	1	1	1	1	1	5	1.00
39	1	1	1	1	1	5	1.00
40	1	1	1	1	1	5	1.00
41	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-25 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
42	1	1	1	1	1	5	1.00
43	1	1	1	1	1	5	1.00
44	1	1	1	1	1	5	1.00
45	1	1	1	1	1	5	1.00
46	1	1	1	1	1	5	1.00
47	1	1	1	1	1	5	1.00
48	1	1	1	1	1	5	1.00
49	1	1	1	1	1	5	1.00
50	1	1	1	1	1	5	1.00
51	1	1	1	1	1	5	1.00
52	1	1	1	1	1	5	1.00
53	1	1	1	1	1	5	1.00
54	1	1	1	1	1	5	1.00
55	1	1	1	1	1	5	1.00
56	1	1	1	1	1	5	1.00
57	1	1	1	1	1	5	1.00
58	1	1	1	1	1	5	1.00
59	1	1	1	1	1	5	1.00
60	1	1	1	1	1	5	1.00

**ผลการวิเคราะห์หาความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r)  
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส**

ตารางที่ ข-26 ค่าหาความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ข้อที่	ค่า P	ค่า r	ข้อที่	ค่า P	ค่า r
1	0.75	0.17	24	0.69	0.17
2*	0.67	0.33	25*	0.72	0.44
3*	0.56	0.33	26*	0.75	0.39
4*	0.53	0.39	27	0.36	0.28
5	0.53	0.28	28*	0.58	0.39
6	0.53	0.39	29	0.69	0.39
7*	0.67	0.22	30*	0.47	0.28
8	0.53	0.06	31*	0.67	0.44
9*	0.69	0.39	32	0.64	0.50
10	0.50	0.22	33*	0.75	0.28
11*	0.47	0.28	34	0.72	0.22
12	0.61	0.22	35	0.17	0.11
13*	0.61	0.44	36*	0.69	0.39
14*	0.44	0.44	37	0.56	0.22
15	0.47	0.39	38*	0.39	0.33
16*	0.64	0.28	39*	0.78	0.22
17	0.50	0.33	40	0.58	0.28
18	0.58	0.17	41*	0.47	0.39
19	0.61	0.33	42	0.61	0.22
20	0.69	0.28	43	0.67	0.33
21	0.42	0.17	44*	0.47	0.39
22*	0.75	0.28	45	0.75	0.28
23*	0.39	0.56	46*	0.56	0.33

ตารางที่ ข-26 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า P	ค่า r	ข้อที่	ค่า P	ค่า r
47*	0.67	0.33	54	0.58	0.17
48*	0.58	0.50	55	0.64	0.50
49*	0.42	0.28	56*	0.78	0.44
50	0.64	0.28	57	0.61	0.33
51*	0.47	0.39	58*	0.61	0.44
52	0.42	0.17	59	0.75	0.28
53	0.69	0.39	60*	0.39	0.22

ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (30 ข้อ) เท่ากับ 0.84

**ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี**  
**เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**  
**ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้**

ตารางที่ ข-27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้  
 ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี  
 เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	5	1.00
2	1	1	1	1	1	5	1.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	1	1	1	1	5	1.00
6	1	1	1	1	1	5	1.00
7	1	1	1	1	1	5	1.00
8	1	1	1	1	1	5	1.00
9	1	1	1	1	1	5	1.00
10	1	1	1	1	1	5	1.00
11	1	1	1	1	1	5	1.00
12	1	1	1	1	1	5	1.00

ผลการวิเคราะห์หาความยากง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบทดสอบ  
วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ตารางที่ ข-28 ค่าหาความยากง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) ของแบบทดสอบวัด  
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

ข้อที่	ค่า $P_E$	ค่า $D$
1*	0.76	0.24
2*	0.74	0.29
3*	0.49	0.44
4*	0.57	0.22
5*	0.58	0.25
6*	0.54	0.32
7	0.71	0.35
8	0.68	0.29
9	0.51	0.38
10	0.58	0.22
11	0.57	0.22
12	0.57	0.25

ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (6 ข้อ) เท่ากับ 0.75

### ผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ ข-29 ผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	6	12	21	9	24
2	5	12	22	6	27
3	7	18	23	7	22
4	7	27	24	7	21
5	7	21	25	7	13
6	4	24	26	9	14
7	9	27	27	8	25
8	8	18	28	8	28
9	8	12	29	8	22
10	7	27	30	6	19
11	6	27	31	5	20
12	8	24	32	7	17
13	9	18	33	6	19
14	9	24	34	8	16
15	7	12	35	8	29
16	7	15			
17	7	18			
18	9	21			
19	7	24			
20	9	29			



ตารางที่ ข-30 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	6	12	21	8	20
2	2	10	22	5	11
3	7	17	23	7	14
4	5	18	24	7	19
5	9	19	25	6	12
6	7	19	26	8	16
7	6	15	27	7	17
8	7	20	28	6	12
9	5	14	29	4	10
10	6	18	30	7	19
11	4	13	31	5	12
12	7	22	32	8	18
13	7	24	33	8	20
14	8	17	34	9	25
15	9	22	35	2	11
16	8	21			
17	8	19			
18	10	27			
19	6	12			
20	10	26			

ตารางที่ ข-31 ผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน  
ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน	คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน
1	9	32	21	12	48
2	9	29	22	10	38
3	7	28	23	11	43
4	6	25	24	12	45
5	10	37	25	6	26
6	5	23	26	10	39
7	11	48	27	7	30
8	8	32	28	9	34
9	12	45	29	12	46
10	11	44	30	9	35
11	12	46	31	10	37
12	11	43	32	12	45
13	11	45	33	11	40
14	7	32	34	12	44
15	5	25	35	12	46
16	12	45			
17	11	44			
18	12	48			
19	10	31			
20	12	47			

ตารางที่ ข-32 ผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน  
ของนักเรียนกลุ่มควบคุม

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน	คนที่	คะแนน ก่อนเรียน	คะแนน หลังเรียน
1	7	25	21	11	39
2	4	20	22	5	26
3	5	29	23	7	30
4	7	30	24	8	29
5	8	31	25	9	30
6	4	18	26	8	33
7	12	39	27	9	35
8	10	34	28	7	28
9	11	35	29	4	20
10	8	32	30	6	31
11	5	24	31	5	26
12	6	33	32	8	33
13	7	39	33	8	34
14	12	40	34	10	38
15	8	31	35	3	17
16	7	30			
17	5	29			
18	10	41			
19	8	32			
20	12	40			

#### ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
- แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

แผนการจัดการเรียนรู้ 5 ชั้น (5E) ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว31221

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

เรื่อง กฎของบอยล์

ผู้สอน นางสาวจรรววรรณ จันทมัตตุการ

เวลา 1.5 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1

เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรีเรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของแก๊ส
2. ใช้กฎต่าง ๆ ของแก๊ส คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวน โมล

หรือมวลของแก๊ส

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

1. นักเรียนสามารถสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดันได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของแก๊สได้
3. นักเรียนสามารถใช้กฎของบอยล์ คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวน โมล หรือมวลของแก๊สได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

4. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊สได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

5. นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียน และการทำกิจกรรม

3. สาระสำคัญ

กฎของบอยล์ กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน

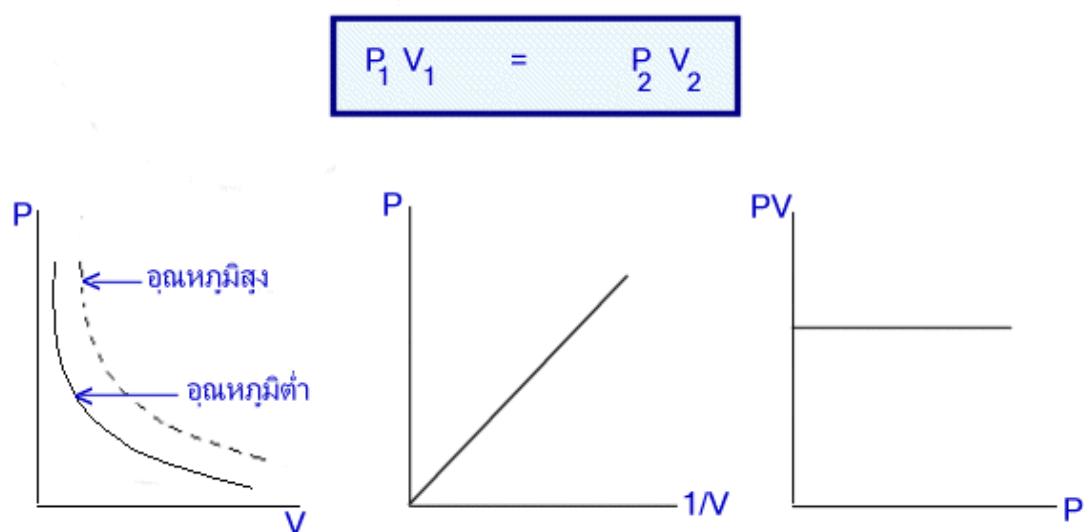
#### 4. สาระการเรียนรู้

กฎของบอยล์ (Boyle's Law)

“เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน ”

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{เมื่อ } T \text{ และ } m \text{ คงที่}$$

$$PV = k_1 \quad \text{โดย } k_1 \text{ คือ ค่าคงที่}$$



#### 5. ชิ้นงาน/ ภาระงาน

1. ใบกิจกรรม เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส
2. ใบความรู้ เรื่อง กฎของบอยล์
3. ใบงานการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง กฎของบอยล์
4. แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์

## 6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อประกอบ การจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)
1. ขั้นสร้าง ความสนใจ	<p>1. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เดิมในหัวข้อเรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ด้วยคำถาม ดังนี้</p> <p>- จากทฤษฎีจลน์ของแก๊ส นักเรียนสามารถสรุปสาระสำคัญได้อย่างไรบ้าง</p> <p>(แนวคำตอบ: แก๊สประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก จนถึงว่าไม่มีปริมาตร, โมเลกุลของแก๊สอยู่ห่างกันมาก จนถึงได้ว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน, โมเลกุลของแก๊สมีการเคลื่อนที่เป็นอิสระอย่างรวดเร็วไปในแนวเส้นตรงด้วยอัตราเร็วคงที่ และไม่เป็นระเบียบ, เมื่อ โมเลกุลแก๊สชนกันเองหรือชนกับผนังภาชนะ จะเกิดการถ่ายโอนพลังงานให้แก่กันได้แต่พลังงานรวมของระบบมีค่าคงที่)</p> <p>2. ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน ดังนี้</p> <p>- นักเรียนคิดว่า มีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส (นักเรียนหาคำตอบจากการศึกษาในใบความรู้ และการทำใบกิจกรรมต่อไป)</p>	- สื่อ PowerPoint เรื่อง กฎของบอยล์	10
2. ขั้นสำรวจ และค้นหา	<p>1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน</p> <p>2. ครูแจกเอกสารประกอบการทดลอง และ แจ้งวัตถุประสงค์ของการทดลอง เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส</p>	- ใบกิจกรรม เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส	25

## การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อประกอบ การจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)
	<p>3. ครูอภิปรายก่อนการทดลอง ดังนี้</p> <p>3.1 ชนิดและขนาดของหลอดนิตยาที่ใช้ทำการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหลอดนิตยาที่หามาได้</p> <p>3.2 แนะนำให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกค่าปริมาตรของแก๊สอย่างละเอียด เพราะมีเช่นนั้นจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของตัวเลขที่จะนำมาใช้ในการเขียนกราฟ</p> <p>4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส และบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม</p>	<p>- ชุดอุปกรณ์ การทดลอง เรื่อง ผลของความดัน ต่อปริมาตรของ แก๊ส</p>	
3.ขั้นอธิบายและ ลงข้อสรุป	<p>1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปผลจากการทดลอง เรื่องผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส</p> <p>2. ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลการอภิปราย และการสรุปผลจากการทดลองของกลุ่มตนเอง</p> <p>3. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับ เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส ที่ได้จากการทำการทดลอง และการทำใบกิจกรรม จนได้ข้อสรุป ดังนี้</p>	<p>- ใบกิจกรรม เรื่อง ผลของความดัน ต่อปริมาตรของ แก๊ส</p> <p>- สื่อ PowerPoint เรื่อง กฎของ บอยล์</p>	15



## การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อประกอบ การจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การเพิ่มความดันมีผลให้ปริมาตรของแก๊สลดลง และการลดความดันมีผลให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้นด้วย</li> <li>- แสดงว่า ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน</li> <li>- สามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายได้ว่า เมื่อปริมาตรของแก๊สในกระบอกก๊อชลดลง โมเลกุลของแก๊สจะอยู่ชิดกันมากขึ้น จึงเกิดการชนกันเองและชนกับผนังภาชนะมากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ความดันของแก๊สในกระบอกก๊อชเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเริ่มต้น</li> </ul>		
4.ขั้นขยายความรู้	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นักเรียนศึกษาใบความรู้และร่วมกันอภิปราย เรื่อง กฎของบอยล์</li> <li>2. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎของบอยล์ และการใช้กฎของบอยล์ในการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา</li> <li>3. ครูยกตัวอย่างปัญหา พร้อมทั้งแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน ตลอดจนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนให้นักเรียนเข้าใจ</li> <li>4. นักเรียนทำใบงานการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง กฎของบอยล์ (รายบุคคล)</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใบความรู้ เรื่อง กฎของบอยล์</li> <li>- สื่อ PowerPoint เรื่อง กฎของบอยล์</li> <li>- ใบงานการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง กฎของบอยล์</li> </ul>	25

## การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อประกอบ การจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)
	5. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาอธิบาย พร้อมทั้งแสดงวิธีการทำบนกระดาน 6. นักเรียนและครูร่วมกันยกตัวอย่าง สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ที่เกี่ยวข้องกับ กับกฎของบอยล์ พร้อมทั้งอธิบายผลที่ เกิดจากสถานการณ์ที่ยกมา โดยใช้ ความรู้ที่ได้ศึกษาจากเรื่องกฎของบอยล์		
5.ขั้นประเมินผล	1. นักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง กฎของ บอยล์ (รายบุคคล) 2. ตรวจสอบงานการแก้โจทย์ปัญหาตาม กระบวนการแก้ปัญหของโพลยา เรื่อง กฎของบอยล์	- แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์	15

## 7. สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2
2. สื่อ PowerPoint เรื่อง กฎของบอยล์
3. แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์
4. ใบความรู้ เรื่อง กฎของบอยล์
5. ใบกิจกรรม เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส
6. ใบงานการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา เรื่อง กฎของบอยล์
7. ห้องปฏิบัติการทางเคมี
8. ห้องสมุดวิทยาศาสตร์

## 8. วัสดุอุปกรณ์

1. หลอดนิตยา

## 9. การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
<b>1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)</b> - นักเรียนสามารถสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดันได้ - นักเรียนสามารถอธิบายสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของแก๊สได้ - นักเรียนสามารถใช้กฎของบอยล์คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมล หรือมวลของแก๊สได้	- การตรวจ ชิ้นงาน	- แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์ - ใบงานการแก้ โจทย์ปัญหาตาม กระบวนการแก้ ปัญหาของโพลยา เรื่อง กฎของบอยล์	- ทำคะแนน 70% ขึ้นไป
<b>2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)</b> - นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรแก๊สของได้	- การสังเกต การร่วม กิจกรรมกลุ่ม	- แบบสังเกต พฤติกรรมการทำ กิจกรรมกลุ่ม	- มีผล การประเมิน คุณภาพอยู่ ในระดับดี ขึ้นไป
<b>3. ด้านคุณลักษณะ (A)</b> - นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียน และการทำงานกิจกรรม	- การสังเกต	- แบบสังเกต พฤติกรรม การเรียน	- มีผล การประเมิน คุณภาพอยู่ ในระดับดี ขึ้นไป

## บันทึกผลการสอน

### 1. ผลการเรียนรู้

#### 1.1 ด้านความรู้ความเข้าใจ

.....

.....

.....

#### 1.2 ด้านทักษะกระบวนการ

.....

.....

.....

#### 1.3 ด้านคุณลักษณะ

.....

.....

.....

### 2. ปัญหาต่าง ๆ ที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

### 3. ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวจรรุวรรณ จันทมัตตุการ)

ครูผู้สอน

ความคิดเห็นของรองผู้อำนวยการโรงเรียนกลุ่มบริหารงานวิชาการ

ทราบ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

ความคิดเห็นของผู้บริหารสถานศึกษา

ทราบ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการสถานศึกษา

### แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

วันที่ทำการสังเกต.....เดือน.....พ.ศ. ....

เรื่อง ..... ชั้น .....

เลข ที่ ชื่อ-สกุล	พฤติกรรม	กล้าซักถามเมื่อมีข้อสงสัย	มีคำตอบคำถามที่ครูถาม	มีความใฝ่เรียนค้นคว้าหา	ความรู้ด้วยตนเอง	ไม่ส่งเสียงดังหรือพูด	คุย	นอกเรื่องที่เรียน	ร่วมกับเพื่อนในกลุ่มแก้ไข	ปัญหาพยายามทำงานให้	สำเร็จ	ส่งงานหรือแบบฝึกหัดได้	ตรงตามกำหนด	รวม	คะแนน
		4	4	4	4	4	4	4	4	20					
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

เกณฑ์การประเมินในการสังเกตพฤติกรรม มีดังนี้

คะแนน 18 - 20 ดีมาก

คะแนน 14 - 17 ดี

คะแนน 13 - 10 พอใช้

คะแนน 0 - 9 ควรปรับปรุง

มีเกณฑ์ให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรม คือ

เกณฑ์การให้คะแนน 4 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการเป็นประจำสม่ำเสมอ

เกณฑ์การให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างจะสม่ำเสมอ

เกณฑ์การให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างน้อย

เกณฑ์การให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการน้อย

### แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

กลุ่ม .....

สมาชิกในกลุ่ม 1. .... 2. ....

3. .... 4. ....

คำชี้แจง: ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

พฤติกรรมที่สังเกต	คะแนน		
	3	2	1
1. มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น			
2. มีความกระตือรือร้นในการทำงาน			
3. รับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย			
4. มีขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ			
5. ใช้เวลาในการทำงานอย่างเหมาะสม			
รวม			

#### เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ทำเป็นประจำ ให้ 3 คะแนน

พฤติกรรมที่ทำเป็นบางครั้ง ให้ 2 คะแนน

พฤติกรรมที่ทำน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

#### เกณฑ์การให้คะแนน

ช่วงคะแนน      ระดับคุณภาพ

13-15              ดี

8-12                ปานกลาง

5-7                  ปรับปรุง

## ใบกิจกรรม

### เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส

จุดประสงค์การทดลอง: เพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส

#### อุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
อุปกรณ์	
1. หลอดนิตยา	1 ตัว

#### วิธีดำเนินการทดลอง

1. ดึงก้านหลอดนิตยาขึ้นมาอยู่ประมาณกึ่งกลางของกระบอกนิตยา ใช้ปลายนิ้วอุดปลายกระบอกนิตยาไว้ แล้วกดก้านหลอดนิตยาซ้ำๆ จนกระทั่งกดไม่ลง ปล่อยมือที่กดและสังเกตการเปลี่ยนแปลง

2. ดึงก้านหลอดนิตยาขึ้นมาอยู่ประมาณกึ่งกลางของกระบอกนิตยา ใช้ปลายนิ้วอุดปลายกระบอกนิตยาไว้ แล้วดึงก้านหลอดนิตยาขึ้นอย่างช้าๆ จนเกือบสุด ปล่อยมือและสังเกตการเปลี่ยนแปลง



### รายงานผลการทดลอง

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกในกลุ่ม 1. ....  
 2. ....  
 3. ....  
 4. ....

สมมติฐานของการทดลอง

.....  
 .....

ตัวแปร

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของแก๊ส

**อภิปรายผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## ใบความรู้ เรื่อง กฎของบอยล์



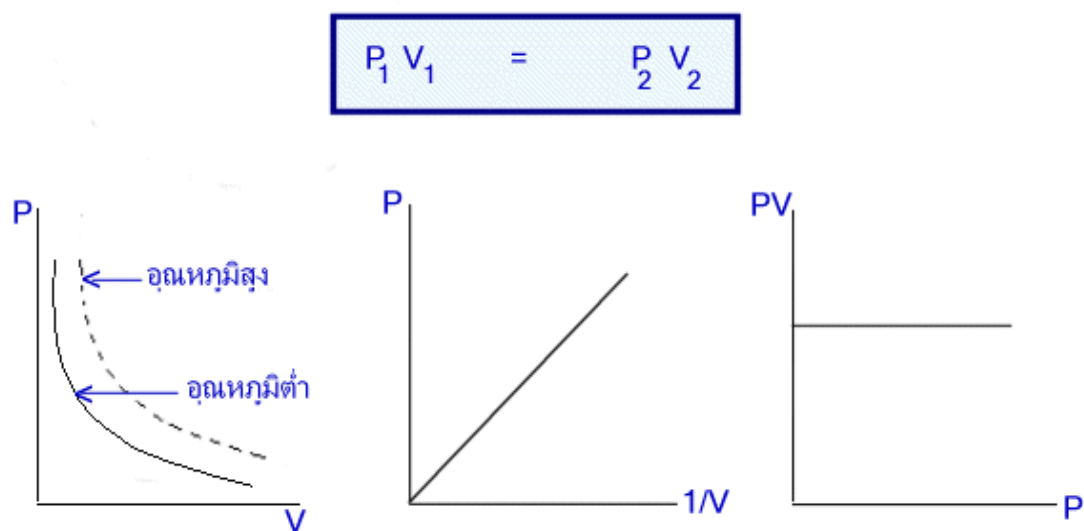
### กฎของบอยล์ (Boyle's Law)

“เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน ”

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{เมื่อ } T \text{ และ } m \text{ คงที่}$$

$PV = k_1$  โดย  $k_1$  คือ ค่าคงที่

ซึ่งในการคำนวณ โดยใช้กฎของบอยล์ สามารถใช้หน่วยใดก็ได้แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกันทั้งหมด ดังนี้



**ใบงานการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา**  
**เรื่อง กฎของบอยล์**

คำชี้แจง: ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

**ปัญหาที่ 1 :** แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุในภาชนะขนาด 1 ลิตร ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ถ้านำแก๊สนี้ไปบรรจุในภาชนะ 2 ลิตร ณ อุณหภูมิเดิม แก๊สนี้จะมีความดันเท่าไร

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

.....

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแก้ปัญหาดังที่วางแผนไว้ในขั้นตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

**ปัญหาที่ 2 :** แก๊สฮีเลียมมีปริมาตร  $200 \text{ dm}^3$  ที่ความดัน 2 บรรยากาศ เมื่อต้องการให้แก๊สฮีเลียมมีปริมาตร  $5 \text{ dm}^3$  จะต้องลดหรือเพิ่มความดันเท่าไร สมมติว่าอุณหภูมิคงที่และแก๊สฮีเลียมมีพฤติกรรมเหมือนแก๊สในอุดมคติ

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

.....

#### ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแก้ปัญหาดำเนินการตามที่วางแผนไว้ในขั้นตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....  
.....  
.....

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....  
.....  
.....  
.....

### เกณฑ์การประเมินการแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

กระบวนการแก้ปัญหา ของโพลยา	คะแนน	พฤติกรรม
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา	2	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบ ถูกต้องครบถ้วน
	1	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้ถูกต้องครบถ้วน แต่สิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องครบถ้วน หรือเขียนสิ่งที่ต้องการทราบถูกต้องครบถ้วน แต่เขียนสิ่งที่กำหนดให้ไม่ถูกต้องครบถ้วน
	0	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา	2	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์
	1	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์
	0	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา	2	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ถูกต้อง
	1	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่คำตอบผิดหรือไม่แสดงวิธีการแก้ปัญหา ได้เฉพาะคำตอบ
	0	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบไม่ถูกต้อง
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ	2	เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้สมบูรณ์ชัดเจน
	1	เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้แต่ไม่สมบูรณ์
	0	เมื่อไม่เขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบ

### แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์

คำสั่ง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ให้นักเรียนเลือกคำตอบ  
ที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วกาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ในการวัดปริมาตรของแก๊สชนิดหนึ่ง ณ ความดันต่าง ๆ กันที่อุณหภูมิ  $5^{\circ}\text{C}$  ได้ผลดังตาราง

ความดัน (atm)	5	25	50	75	100
ปริมาตร ( $\text{dm}^3$ )	5.21	0.68	0.53	0.34	0.25

จากข้อมูลในตารางสรุปได้ว่าอย่างไร

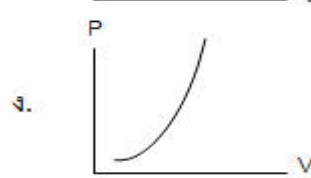
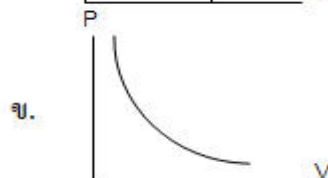
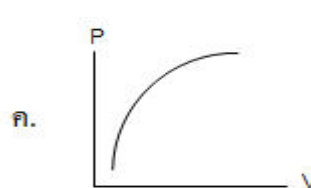
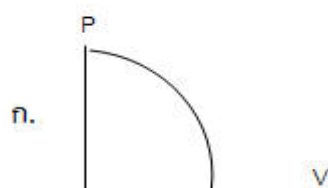
ก. ปริมาตร  $\propto$  ความดัน

ข. ปริมาตร  $\propto$  อุณหภูมิ

ค. ปริมาตร  $\propto \frac{1}{\text{ความดัน}}$

ง. ปริมาตร  $\propto \frac{1}{\text{อุณหภูมิ}}$

2. ข้อใดเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ตามกฎของบอยล์



3. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับกฎของบอยล์

ก. ถ้าลดปริมาตรของแก๊สลงครึ่งหนึ่ง ความดันของแก๊สจะเพิ่มเป็น 2 เท่าที่อุณหภูมิคงที่

ข. เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของแก๊สใด ๆ ที่มีมวลคงที่ จะแปรผันโดยตรงกับความดันของแก๊สนั้น

ค. เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ผลคูณของความดันกับปริมาตรของแก๊สใด ๆ จะมีค่าไม่คงที่

ง. ถ้าเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตร ณ อุณหภูมิหนึ่ง จะได้เส้นตรง

ขนานแกนอน



4. แก๊สตัวอย่างชนิดหนึ่งมีปริมาตร 4 ลิตร ที่ 760 ทอร์รี่ จงคำนวณปริมาตรที่ 1.5 atm และอุณหภูมิคงเดิม
- ก. 1.50 ลิตร                      ข. 2.67 ลิตร  
 ค. 4.00 ลิตร                      ง. 8.00 ลิตร
5. แก๊สชนิดหนึ่งวัดปริมาตรได้  $2.5 \text{ dm}^3$  ที่ความดัน 5 atm ถ้าความดันลดลงเป็น 1.5 atm แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใด ถ้าอุณหภูมิคงที่
- ก.  $0.75 \text{ dm}^3$                       ข.  $7.5 \text{ dm}^3$   
 ค.  $8.33 \text{ dm}^3$                       ง.  $30 \text{ dm}^3$
6. แก๊สในอุดมคติชนิดหนึ่ง มีปริมาตร 11.2 ลิตร ที่ 0.863 บรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิคงที่ แก๊สนี้จะมีความดันเท่าใด เมื่อปริมาตรเปลี่ยนที่ 15 ลิตร
- ก. 644 ลิตร                      ข. 64.4 ลิตร  
 ค. 6.44 ลิตร                      ง. 0.644 ลิตร
7. ใจความของกฎของบอยล์ ข้อใดถูกต้อง
- ก. เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับความดัน  
 ข. เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน  
 ค. เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่ อุณหภูมิของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน  
 ง. เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่ อุณหภูมิของแก๊สจะแปรผันตรงกับความดัน
8. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 2 ลิตร ที่ความดัน 1,000 บรรยากาศ ถ้าทำให้แก๊สนี้ขยายตัวออกโดยลดความดันให้เหลือเพียง 100 บรรยากาศ ถ้ามีอุณหภูมิคงที่ แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใด
- ก. 0.2 ลิตร                      ข. 20 ลิตร  
 ค. 0.4 ลิตร                      ง. 40 ลิตร
9. แก๊สชนิดหนึ่งมีมวล 3 กรัม ที่ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาตร 3.60 ลิตร ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ถ้าแก๊สชนิดนี้เป็น Ideal gas จะมีปริมาตรเท่าใดที่ความดัน 2.50 บรรยากาศ
- ก.  $0.14 \text{ dm}^3$                       ข.  $0.48 \text{ dm}^3$   
 ค.  $0.86 \text{ dm}^3$                       ง.  $1.44 \text{ dm}^3$
10. แก๊สชนิดหนึ่ง บรรจุอยู่ในภาชนะขนาด 1 ลิตร ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ถ้านำแก๊สนี้ไปบรรจุในภาชนะขนาด 2 ลิตร ณ อุณหภูมิเดิมแก๊สนี้จะมีความดันเท่าไร
- ก. 0.25 บรรยากาศ                      ข. 0.5 บรรยากาศ  
 ค. 0.75 บรรยากาศ                      ง. 1.0 บรรยากาศ

## แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิชา เคมี 2 รหัสวิชา ว31221

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

เรื่อง กฎของบอยล์

ผู้สอน นางสาวจรรววรรณ จันทมัตตุการ

เวลา 1.5 ชั่วโมง

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้/ ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1

เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรีเรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของแก๊ส
- ใช้กฎต่าง ๆ ของแก๊ส คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวน โมล

หรือมวลของแก๊ส

### 2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

- นักเรียนสามารถสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดันได้
- นักเรียนสามารถอธิบายสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของแก๊สได้
- นักเรียนสามารถใช้กฎของบอยล์ คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวน โมล หรือมวลของแก๊สได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

- นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊สได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

- นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียน และการทำกิจกรรม

### 3. สาระสำคัญ

กฎของบอยล์ กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน

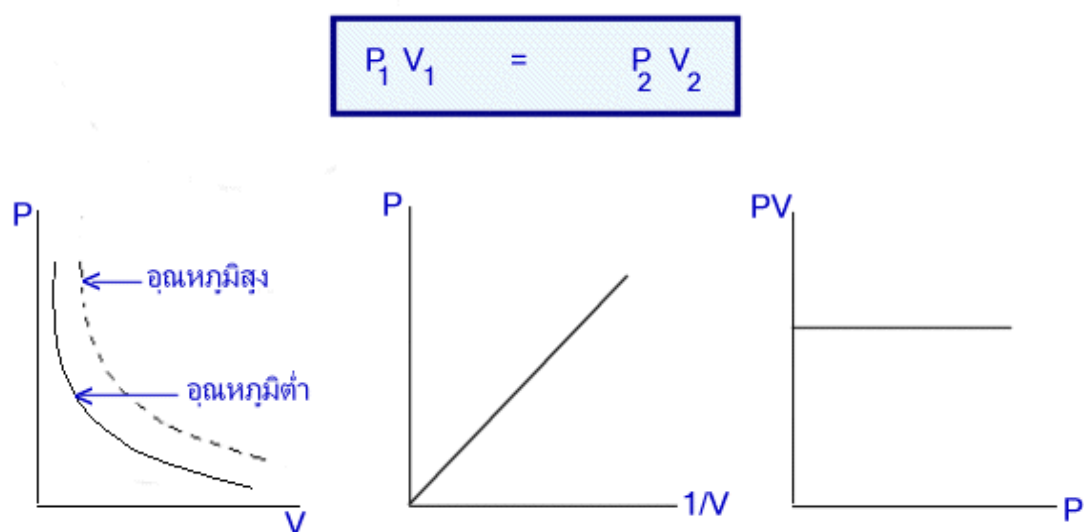
#### 4. การเรียนรู้

กฎของบอยล์ (Boyle's Law)

“เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน ”

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{เมื่อ } T \text{ และ } m \text{ คงที่}$$

$PV = k_1$  โดย  $k_1$  คือ ค่าคงที่



#### 5. ชิ้นงาน/ ภาระงาน

1. ใบกิจกรรม เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส
2. ใบความรู้ เรื่อง กฎของบอยล์
3. ใบงาน เรื่อง กฎของบอยล์
4. แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์

## 6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อประกอบ การจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)
1. ขั้นสร้างความ สนใจ	<p>1. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้เดิมในหัวข้อเรื่อง ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ด้วยคำถาม ดังนี้</p> <p>- จากทฤษฎีจลน์ของแก๊ส นักเรียนสามารถสรุปสาระสำคัญได้อย่างไรบ้าง</p> <p>(แนวคำตอบ: แก๊สประกอบด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก จนถือว่าไม่มีปริมาตร, โมเลกุลของแก๊สอยู่ห่างกันมาก จนถือได้ว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน, โมเลกุลของแก๊สมีการเคลื่อนที่เป็นอิสระอย่างรวดเร็วไปในแนวเส้นตรงด้วยอัตราเร็วคงที่ และไม่เป็นระเบียบ, เมื่อ โมเลกุลแก๊สชนกันเองหรือชนกับผนังภาชนะ จะเกิดการถ่ายโอนพลังงานให้แก่กันได้แต่พลังงานรวมของระบบมีค่าคงที่)</p> <p>2. ครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน ดังนี้</p> <p>- นักเรียนคิดว่า มีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊ส</p> <p>(นักเรียนหาคำตอบจากการศึกษาในใบความรู้ และการทำใบกิจกรรมต่อไป)</p>	- สื่อ PowerPoint เรื่อง กฎของบอยล์	10
2. ขั้นสำรวจและ ค้นหา	<p>1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน</p> <p>2. ครูแจกเอกสารประกอบการทดลอง และแจ้งวัตถุประสงค์ของการทดลอง เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส</p>	- ใบกิจกรรม เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส	25

## การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อประกอบ การจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)
	<p>3. ครูอภิปรายก่อนการทดลอง ดังนี้</p> <p>3.1 ชนิดและขนาดของหลอดจืดยาที่ใช้ทำการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหลอดจืดยาที่หามาได้</p> <p>3.2 แนะนำให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกค่าปริมาตรของแก๊สอย่างละเอียด เพราะมีเช่นนั้นจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของตัวเลขที่จะนำมาใช้ในการเขียนกราฟ</p> <p>4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส และบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม</p>	<p>- ชุดอุปกรณ์การทดลอง เรื่องผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส</p>	
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	<p>1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปผลจากการทดลอง เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส</p> <p>2. ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลการอภิปรายและการสรุปผลจากการทดลองของกลุ่มตนเอง</p> <p>3. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับ เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส ที่ได้จากการทำการทดลองและการทำใบกิจกรรมจนได้ข้อสรุป ดังนี้</p>	<p>- ใบกิจกรรม เรื่องผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส</p> <p>- สื่อ PowerPoint เรื่อง กฎของบอยล์</p>	15

## การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อประกอบ การจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การเพิ่มความดันมีผลให้ปริมาตรของแก๊สลดลง และการลดความดันมีผลให้ปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้นด้วย แสดงว่าปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน</li> <li>- สามารถใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอธิบายได้ว่า เมื่อปริมาตรของแก๊สในกระบอกฉีดขาดลง โมเลกุลของแก๊สจะอยู่ชิดกันมากขึ้น จึงเกิดการชนกันเองและชนกับผนังภาชนะมากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ความดันของแก๊สในกระบอกฉีดขาดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเริ่มต้น</li> </ul>		
4. ขยายความรู้	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นักเรียนศึกษาใบความรู้และร่วมกันอภิปราย เรื่อง กฎของบอยล์</li> <li>2. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎของบอยล์ และการใช้กฎของบอยล์ในการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหา</li> <li>3. ครูยกตัวอย่างปัญหา พร้อมทั้งแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา ตลอดจนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนให้นักเรียนเข้าใจ</li> <li>4. นักเรียนทำใบงาน เรื่อง กฎของบอยล์ (รายบุคคล)</li> <li>5. ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนออกมาอธิบาย พร้อมทั้งแสดงวิธีการทำบนกระดาน</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใบความรู้ เรื่อง กฎของบอยล์</li> <li>- สื่อ PowerPoint เรื่อง กฎของบอยล์</li> <li>- ใบงาน เรื่อง กฎของบอยล์</li> </ul>	25

## การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อประกอบ การจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)
	6. นักเรียนและครูร่วมกันยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ที่เกี่ยวข้องกับกฎของบอยล์ พร้อมทั้งอธิบายผลที่เกิดจากสถานการณ์ที่ยกมา โดยใช้ความรู้ที่ได้ศึกษาจากเรื่องกฎของบอยล์		
5.ขั้นประเมินผล	1. นักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์ (รายบุคคล) 2. ตรวจใบงาน เรื่อง กฎของบอยล์	- แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์	15

## 7. สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2
2. สื่อ PowerPoint เรื่อง กฎของบอยล์
3. แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์
4. ใบความรู้ เรื่อง กฎของบอยล์
5. ใบกิจกรรม เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส
6. ใบงาน เรื่อง กฎของบอยล์
7. ห้องปฏิบัติการทางเคมี
8. ห้องสมุดวิทยาศาสตร์

## 8. วัสดุอุปกรณ์

1. หลอดนํ้าดยา

## 9. การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
<b>1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)</b> - นักเรียนสามารถสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดันได้ - นักเรียนสามารถอธิบายสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของแก๊สได้	- การตรวจชิ้นงาน	- แบบทดสอบเรื่อง กฎของบอยล์ - ใบงาน เรื่อง กฎของบอยล์	- ทำคะแนน 70% ขึ้นไป
- นักเรียนสามารถใช้กฎของบอยล์คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมล หรือมวลของแก๊สได้			
<b>2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)</b> - นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรแก๊สของได้	- การสังเกต การร่วมกิจกรรม กลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมกลุ่ม	- มีผล การประเมิน คุณภาพอยู่ในระดับดี ขึ้นไป
<b>3. ด้านคุณลักษณะ (A)</b> - นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจในการเรียนและการทำกิจกรรม	- การสังเกต	- แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียน	- มีผล การประเมิน คุณภาพอยู่ในระดับดี ขึ้นไป



## บันทึกผลการสอน

### 1. ผลการเรียนรู้

#### 1.1 ด้านความรู้ความเข้าใจ

.....

.....

.....

#### 1.2 ด้านทักษะกระบวนการ

.....

.....

.....

#### 1.3 ด้านคุณลักษณะ

.....

.....

.....

### 2. ปัญหาต่าง ๆ ที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

### 3. ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวจรรุวรรณ จันทร์ตตุการ)

ครูผู้สอน

ความคิดเห็นของรองผู้อำนวยการโรงเรียนกลุ่มบริหารงานวิชาการ

ทราบ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

ความคิดเห็นของผู้บริหารสถานศึกษา

ทราบ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการสถานศึกษา

### แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

วันที่ทำการสังเกต.....เดือน.....พ.ศ. ....

เรื่อง ..... ชั้น .....

เลข ที่	ชื่อ-สกุล	พฤติกรรม					รวม คะแนน
		กล้าซักถามเมื่อมีข้อสงสัย และตอบคำถามที่ครูถาม	มีความใฝ่เรียนใฝ่ค้นคว้าหา ความรู้ด้วยตนเอง	ไม่เสีงเสียงดังหรือพูด คุยนอกห้องที่เรียน	ร่วมกับเพื่อนในกลุ่มแก้ไข ปัญหา พยายามทำงานให้ สำเร็จ	ส่งงานหรือแบบฝึกหัดได้ ตรงตามกำหนด	
		4	4	4	4	4	20
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

เกณฑ์การประเมินในการสังเกตพฤติกรรม มีดังนี้

คะแนน 18 - 20 ดีมาก

คะแนน 14 - 17 ดี

คะแนน 13 - 10 พอใช้

คะแนน 0 - 9 ควรปรับปรุง

มีเกณฑ์ให้คะแนนจากการสังเกตพฤติกรรม คือ

เกณฑ์การให้คะแนน 4 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการเป็นประจำสม่ำเสมอ

เกณฑ์การให้คะแนน 3 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างจะสม่ำเสมอ

เกณฑ์การให้คะแนน 2 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการค่อนข้างน้อย

เกณฑ์การให้คะแนน 1 คะแนน เมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการน้อย

### แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกิจกรรมกลุ่ม

กลุ่ม .....

สมาชิกในกลุ่ม 1. .... 2. ....

3. .... 4. ....

คำชี้แจง: ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

พฤติกรรมที่สังเกต	คะแนน		
	3	2	1
1. มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น			
2. มีความกระตือรือร้นในการทำงาน			
3. รับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย			
4. มีขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ			
5. ใช้เวลาในการทำงานอย่างเหมาะสม			
รวม			

#### เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ทำเป็นประจำ ให้ 3 คะแนน

พฤติกรรมที่ทำเป็นบางครั้ง ให้ 2 คะแนน

พฤติกรรมที่ทำน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

#### เกณฑ์การให้คะแนน

ช่วงคะแนน      ระดับคุณภาพ

13-15              ดี

8-12              ปานกลาง

5-7                ปรับปรุง

**ใบกิจกรรม**  
**เรื่อง ผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส**

**จุดประสงค์การทดลอง:** เพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของแก๊ส

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
อุปกรณ์	
2. หลอดนิตยา	1 ตัว

**วิธีดำเนินการทดลอง**

1. ดึงก้านหลอดนิตยาขึ้นมาอยู่ประมาณกึ่งกลางของกระบอกนิตยา ใช้ปลายนิ้วอุดปลายกระบอกนิตยาไว้ แล้วกดก้านหลอดนิตยาซ้ำๆ จนกระทั่งกดไม่ลง ปล่อยมือที่กดและสังเกตการเปลี่ยนแปลง

2. ดึงก้านหลอดนิตยาขึ้นมาอยู่ประมาณกึ่งกลางของกระบอกนิตยา ใช้ปลายนิ้วอุดปลายกระบอกนิตยาไว้ แล้วดึงก้านหลอดนิตยาขึ้นอย่างช้าๆ จนเกือบสุด ปล่อยมือและสังเกตการเปลี่ยนแปลง

### รายงานผลการทดลอง

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกในกลุ่ม 1. ....  
 2. ....  
 3. ....  
 4. ....

สมมติฐานของการทดลอง

.....  
 .....

ตัวแปร

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของแก๊ส

**อภิปรายผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## ใบความรู้ เรื่อง กฎของบอยล์



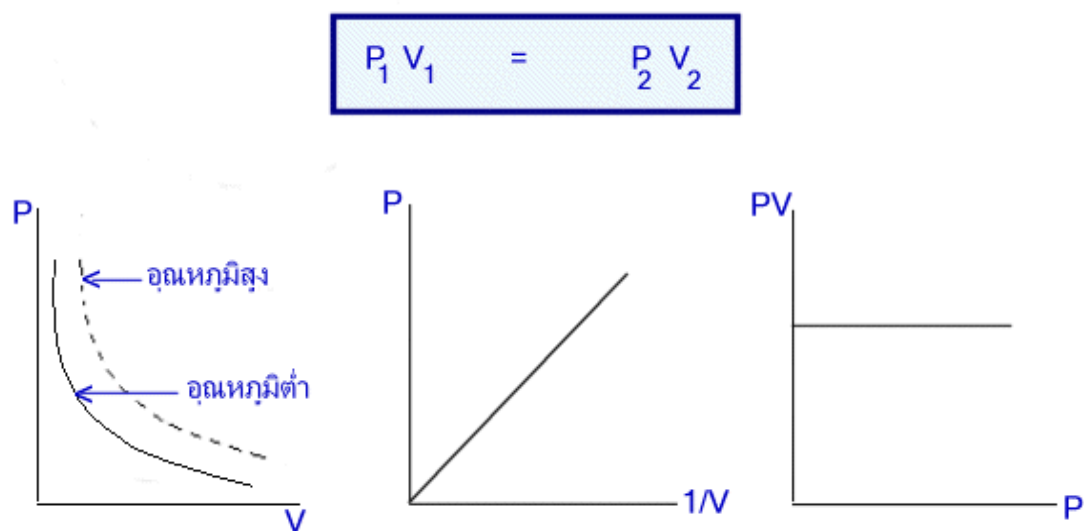
### กฎของบอยล์ (Boyle's Law)

“เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน ”

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{เมื่อ } T \text{ และ } m \text{ คงที่}$$

$PV = k_1$  โดย  $k_1$  คือ ค่าคงที่

ซึ่งในการคำนวณ โดยใช้กฎของบอยล์ สามารถใช้หน่วยใดก็ได้แต่ต้องเป็นหน่วยเดียวกันทั้งหมด ดังนี้





## ใบงาน เรื่อง กฎของบอยล์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้ โดยแสดงวิธีคิดคำนวณให้ละเอียด

**ปัญหาที่ 1:** แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุในภาชนะขนาด 1 ลิตร ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ถ้านำแก๊สนี้ไปบรรจุในภาชนะ 2 ลิตร ณ อุณหภูมิ เดิม แก๊สนี้จะมีความดันเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ปัญหาที่ 2:** แก๊สฮีเลียมมีปริมาตร 200 dm<sup>3</sup> ที่ความดัน 2 บรรยากาศ เมื่อต้องการให้แก๊สฮีเลียมมีปริมาตร 5 dm<sup>3</sup> จะต้องลดหรือเพิ่มความดันเท่าไร สมมติว่าอุณหภูมิคงที่และแก๊สฮีเลียมมีพฤติกรรมเหมือนแก๊สในอุดมคติ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### แบบทดสอบ เรื่อง กฎของบอยล์

คำสั่ง : แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ให้นักเรียนเลือกคำตอบ  
ที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วกาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ในการวัดปริมาตรของแก๊สชนิดหนึ่ง ณ ความดันต่าง ๆ กันที่อุณหภูมิ  $5^{\circ}\text{C}$  ได้ผลดังตาราง

ความดัน (atm)	5	25	50	75	100
ปริมาตร ( $\text{dm}^3$ )	5.21	0.68	0.53	0.34	0.25

จากข้อมูลในตารางสรุปได้ว่าอย่างไร

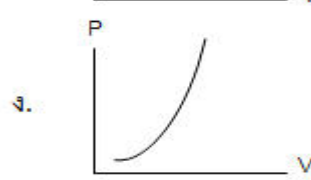
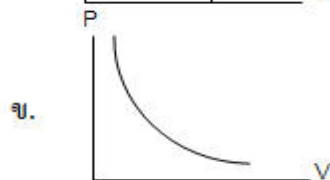
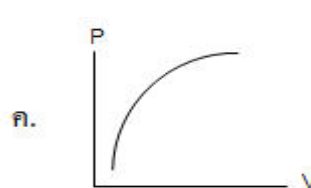
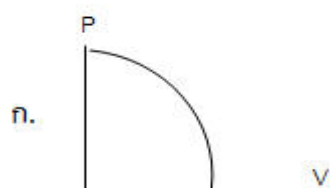
ก. ปริมาตร  $\propto$  ความดัน

ข. ปริมาตร  $\propto$  อุณหภูมิ

ค. ปริมาตร  $\propto \frac{1}{\text{ความดัน}}$

ง. ปริมาตร  $\propto \frac{1}{\text{อุณหภูมิ}}$

2. ข้อใดเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ตามกฎของบอยล์



3. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับกฎของบอยล์

ก. ถ้าลดปริมาตรของแก๊สลงครึ่งหนึ่ง ความดันของแก๊สจะเพิ่มเป็น 2 เท่าที่อุณหภูมิคงที่

ข. เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของแก๊สใด ๆ ที่มีมวลคงที่ จะแปรผันโดยตรงกับความดันของแก๊สนั้น

ค. เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ผลคูณของความดันกับปริมาตรของแก๊สใด ๆ จะมีค่าไม่คงที่

ง. ถ้าเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตร ณ อุณหภูมิหนึ่ง จะได้เส้นตรงขนานแกนอน

4. แก๊สตัวอย่างชนิดหนึ่งมีปริมาตร 4 ลิตร ที่ 760 ทอร์รี่ จงคำนวณปริมาตรที่ 1.5 atm และ อุณหภูมิคงเดิม
- ก. 1.50 ลิตร                      ข. 2.67 ลิตร  
ค. 4.00 ลิตร                      ง. 8.00 ลิตร
5. แก๊สชนิดหนึ่งวัดปริมาตรได้  $2.5 \text{ dm}^3$  ที่ความดัน 5 atm ถ้าความดันลดลงเป็น 1.5 atm แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใด ถ้าอุณหภูมิคงที่
- ก.  $0.75 \text{ dm}^3$                       ข.  $7.5 \text{ dm}^3$   
ค.  $8.33 \text{ dm}^3$                       ง.  $30 \text{ dm}^3$
6. แก๊สในอุดมคติชนิดหนึ่ง มีปริมาตร 11.2 ลิตร ที่ 0.863 บรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิคงที่ แก๊สนี้จะมีความดันเท่าใด เมื่อปริมาตรเปลี่ยนที่ 15 ลิตร
- ก. 644 ลิตร                      ข. 64.4 ลิตร  
ค. 6.44 ลิตร                      ง. 0.644 ลิตร
7. ใจความของกฎของบอยล์ ข้อใดถูกต้อง
- ก. เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับความดัน  
ข. เมื่ออุณหภูมิและมวลของแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน  
ค. เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่ อุณหภูมิของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน  
ง. เมื่อปริมาตรและมวลของแก๊สคงที่ อุณหภูมิของแก๊สจะแปรผันตรงกับความดัน
8. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 2 ลิตร ที่ความดัน 1,000 บรรยากาศ ถ้าทำให้แก๊สนี้ขยายตัวออก โดยลด ความดันให้เหลือเพียง 100 บรรยากาศ ถ้ามีอุณหภูมิคงที่ แก๊สนี้จะมีปริมาตรเท่าใด
- ก. 0.2 ลิตร                      ข. 20 ลิตร  
ค. 0.4 ลิตร                      ง. 40 ลิตร
9. แก๊สชนิดหนึ่งมีมวล 3 กรัม ที่ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาตร 3.60 ลิตร ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ถ้าแก๊สชนิดนี้เป็น Ideal gas จะมีปริมาตรเท่าใดที่ความดัน 2.50 บรรยากาศ
- ก.  $0.14 \text{ dm}^3$                       ข.  $0.48 \text{ dm}^3$   
ค.  $0.86 \text{ dm}^3$                       ง.  $1.44 \text{ dm}^3$
10. แก๊สชนิดหนึ่ง บรรจุอยู่ในภาชนะขนาด 1 ลิตร ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ถ้านำแก๊สนี้ไปบรรจุในภาชนะขนาด 2 ลิตร ณ อุณหภูมิเดิมแก๊สนี้จะมีความดันเท่าไร
- ก. 0.25 บรรยากาศ                      ข. 0.5 บรรยากาศ  
ค. 0.75 บรรยากาศ                      ง. 1.0 บรรยากาศ

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

### เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

#### คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ก, ข, ค, ง จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน  
ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้ง 6 ด้าน ได้แก่

1.1 ด้านความรู้ความจา

1.2 ด้านความเข้าใจ

1.3 ด้านการนำไปใช้

1.4 ด้านการวิเคราะห์

1.5 ด้านการสังเคราะห์

1.6 ด้านการประเมินค่า

2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที

3. ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X)

ลงในกระดาษคำตอบ

4. เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จแล้ว ให้นำแบบทดสอบพร้อมกระดาษคำตอบ

คืนแก่กรรมการควบคุมห้องสอบ

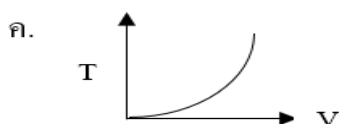
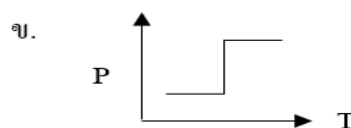
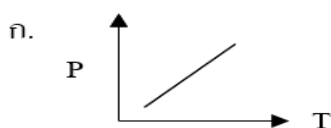
---

---





14. จากภาพการทดลองที่กำหนดให้ ข้อใดถูกต้อง



15. ภาชนะปิดมีแก๊สที่ความดัน 1.50 atm เมื่อนำภาชนะนี้ไปทำให้ร้อน จนกระทั่งมีความดัน 2.09 atm ถ้าอุณหภูมิตั้งต้นเป็น  $40^{\circ}\text{C}$  จงหาอุณหภูมิสุดท้าย

ก.  $127^{\circ}\text{C}$

ข.  $163^{\circ}\text{C}$

ค.  $243^{\circ}\text{C}$

ง.  $263^{\circ}\text{C}$

คำชี้แจง ข้อมูลต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 16

หลอดแก้วปลายด้านหนึ่งปิด ภายในมีพลาสติกทำหน้าที่เป็นจุกปิดด้านที่เหลือ พลาสติกนี้แนบสนิทกับผนัง ด้านในของหลอดพอที่จะป้องกันแก๊สภายในหลอดไม่ให้ เล็ดลอดออกมาได้แต่ก็สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้สะดวก เมื่อนำปลายด้านปิดของหลอดนี้จุ่มลงในภาชนะที่มีน้ำและน้ำแข็ง ปริมาตรนับจากปลายหลอดด้านปิดขึ้นมาถึงแผ่นพลาสติกอ่านได้  $25.0\text{ cm}^3$  เมื่อตั้งทิ้งไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  อ่านปริมาตรได้  $27.3\text{ cm}^3$  และเมื่อนำไปจุ่มในน้ำเดือดอ่านปริมาตรได้  $34.2\text{ cm}^3$

16. ข้อมูลในการทดลองนี้ พอจะสรุปได้ว่าอย่างไร

ก. ปริมาตร  $\propto$  อุณหภูมิ

ข. ปริมาตร  $\propto \frac{1}{\text{ความดัน}}$

ค. ปริมาตร  $\propto$  ความดัน

ง. ความดัน  $\propto$  อุณหภูมิ

17. กฎของอโวกาโดรกล่าวไว้ว่า “ปริมาตรของแก๊ส (V) สัมพันธ์กับมวลต่อโมล (M) อุณหภูมิ (T) และความดัน (P)” มีความสอดคล้องกับสูตรใด

ก.  $PV = nRT$

ข.  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

ค.  $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

ง.  $P_1V_1 = P_2V_2$

18. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เกี่ยวกับกฎของอโวกาโดร

ก. แก๊สจริงจะมีสมบัติใกล้เคียงกับแก๊สสมบูรณ์ได้ ถ้าอยู่ในระบบที่มีอุณหภูมิสูงและความดันต่ำ

ข. แก๊สซึ่งมีปริมาตรเท่ากันเมื่ออุณหภูมิและความดันเดียวกัน จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน

ค. แก๊สประกอบด้วยโมเลกุลที่มีขนาดเล็กละเอียดอยู่ห่างกันมาก และไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน

ง. อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน และที่ได้จากปฏิกิริยาซึ่งวัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จะเป็นตัวเลขจำนวนเต็มลงตัวน้อย ๆ





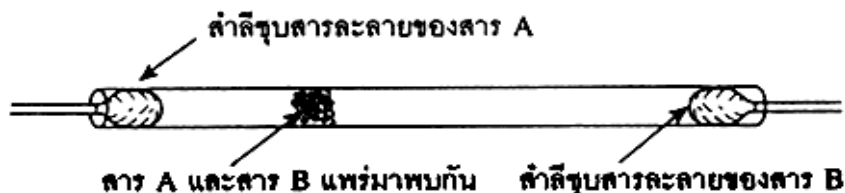
24. ในการศึกษาสมบัติของแก๊ส 3 ชนิด ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ชนิดของแก๊ส	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร ( $\text{cm}^3$ )	อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )	ความดัน (atm)
A	0.16	0.2	100	0.50
B	22	20.0	$T_1$	$P_1$
C	56	80.0	$T_1$	$P_1$

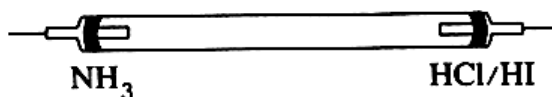
ข้อสรุปใด ผิด

- ก. แก๊ส A มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 49  
 ข. แก๊ส C แพร่ได้เร็วกว่าแก๊ส B  
 ค. แก๊ส B คือ  $\text{CO}_2$  และ แก๊ส C คือ CO  
 ง. ถ้า  $P_1 = 0.41 \text{ atm}$  และ  $T_1 = -73 ^{\circ}\text{C}$  แก๊ส A มีมวลโมเลกุลน้อยกว่าแก๊ส C
25. แก๊สใดมีอัตราการแพร่เป็น 2 เท่าของ  $\text{SO}_2$  ที่ภาวะเดียวกัน  
 (S = 32, O = 16, C = 12, N = 14, H = 1)  
 ก.  $\text{O}_2$                       ข.  $\text{CH}_4$                       ค.  $\text{CO}_2$                       ง.  $\text{NO}_2$
26. แก๊ส HBr และ  $\text{CH}_4$  มีมวลโมเลกุล 81 และ 16 ตามลำดับ ถ้า HBr พุ่งกระจายผ่านที่ว่างด้วยอัตราเร็ว  $4 \text{ cm}^3/\text{s}$  จงหาอัตราการพุ่งกระจายของ  $\text{CH}_4$   
 ก.  $9 \text{ cm}^3/\text{s}$                       ข.  $8 \text{ cm}^3/\text{s}$                       ค.  $12 \text{ cm}^3/\text{s}$                       ง.  $14 \text{ cm}^3/\text{s}$
27. กระจกใสแก๊สฮีเลียมมีความดัน 200 ปาสคาล มีรูเปิดเล็กๆ เพื่อให้ฮีเลียมออกจากถังด้วยอัตรา  $6.4 \text{ mmol/h}$  ถ้าใช้ CO จำนวน  $10 \text{ mmol}$  ไหลผ่านรูเล็กๆ เดียวกันกับฮีเลียม โดยทำที่ความดันเดียวกัน จะต้องใช้เวลาเท่าไร (มวลอะตอมของ He = 4, C = 12, O = 16)  
 ก. 1.2 cm.                      ข. 2.4 cm.                      ค. 3.2 cm.                      ง. 4.1 cm.
28. อัตราการแพร่ของแก๊สในข้อใดที่ช้าลงตามลำดับ  
 (มวลอะตอมของ Ne = 20, N = 14, O = 16, Ar = 39)  
 ก. Ne,  $\text{N}_2$ , NO,  $\text{O}_2$ , Ar                      ข. Ar,  $\text{O}_2$ , NO,  $\text{N}_2$ , Ne  
 ค. Ne, Ar,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ , NO                      ง. Ne,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ , Ar, NO

29. ผลการเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของสาร A และ B ที่แสดงไว้ในรูปนี้ ข้อสรุปที่ถูกต้องจะเป็นตามข้อใด



- ก. สาร A และ B เป็นสารต่างชนิดกัน  
ข. สาร A และ B ทำปฏิกิริยากันแล้วได้ของแข็ง  
ค. สาร A มีมวลโมเลกุลน้อยกว่าสาร B  
ง. สาร A มีความหนาแน่นน้อยกว่าสาร B
30. จากการทดลองเรื่องการแพร่โดยอาศัยเครื่องมือดังรูป



การทดลองครั้งที่ 1 :  $\text{NH}_3$  (g) ทำปฏิกิริยากับ HCl (g)

การทดลองครั้งที่ 2 :  $\text{NH}_3$  (g) ทำปฏิกิริยากับ HI (g)

ข้อความใดต่อไปนี้อาจกล่าวได้ถูกต้องสอดคล้องกับการทดลอง

- ก. การทดลองทั้งสองครั้งให้ผลเป็นควันขาว โดยระยะทางที่  $\text{NH}_3$  (g) แพร่ไปในการทดลองครั้งที่ 1 มากกว่า
- ข. การทดลองทั้งสองครั้งให้ผลเป็นควันขาว โดยระยะทางที่  $\text{NH}_3$  (g) แพร่ไปในการทดลองครั้งที่ 1 น้อยกว่า
- ค. การทดลองครั้งที่ 1 เท่านั้นที่ให้ผลเป็นควันสีขาว และระยะทางที่  $\text{NH}_3$  (g) แพร่ไปในการทดลองครั้งที่ 1 น้อยกว่า
- ง. การทดลองครั้งที่ 1 เท่านั้นที่ให้ผลเป็นควันสีขาว และระยะทางที่  $\text{NH}_3$  (g) แพร่ไปในการทดลองครั้งที่ 1 มากกว่า

### แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาเคมี

คำชี้แจง: ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ตามที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม โดยอาศัยกระบวนการ  
แก้ปัญหของโพลยา

**สถานการณ์ที่ 1 :** แก๊สไนออนมีปริมาตร  $40 \text{ dm}^3$  ที่ความดัน 4 บรรยากาศ

เมื่อต้องการให้แก๊สฮีเลียมมีปริมาตร  $10 \text{ dm}^3$  จะต้องลดหรือเพิ่มความดันเท่าใด สมมติว่า  
อุณหภูมิคงที่และแก๊สฮีเลียมมีพฤติกรรมเหมือนแก๊สในอุดมคติ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

.....

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแก้ปัญหามาตามที่วางแผนไว้ในขั้นตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

**สถานการณ์ที่ 2** : กระจกสุบอันหนึ่ง บรรจุแก๊สอาร์กอน  $250 \text{ cm}^3$  ที่  $37^\circ \text{C}$  ต้องเพิ่มอุณหภูมิอีกเท่าใด แก๊สนี้ออนจึงจะมีปริมาตรเท่ากับ  $500 \text{ cm}^3$  ที่ความดันคงที่

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

.....

#### ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ในขั้นตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3 : อากาศในถังใบหนึ่งมีความดัน 1600 มิลลิเมตรปรอท ที่  $60^{\circ}\text{C}$  เมื่อวางไว้กลางแจ้ง แดด อุณหภูมิเพิ่มเป็น  $80^{\circ}\text{C}$  ความดันของอากาศภายในถังจะเป็นเท่าใด

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

.....

#### ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ในขั้นตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 4 : แก๊สไนโตรเจน 96 กรัม มีปริมาตรเท่ากับ  $67.2 \text{ dm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $273 \text{ K}$  และความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท แก๊สออกซิเจน 1.6 กรัม จะมีปริมาตรเท่าใด ที่อุณหภูมิและความดันเดิม (กำหนดมวลอะตอมไนโตรเจน = 14)

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

.....

#### ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ในขั้นตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 5 : แก๊สฮีเลียมมีปริมาตร  $750 \text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $30^\circ \text{C}$  ความดัน  $975$  มิลลิเมตรปรอท จงหาว่าที่อุณหภูมิ  $37^\circ \text{C}$  และความดัน  $670$  มิลลิเมตรปรอท แก๊สอาร์กอนจะมีปริมาตรเท่าใด

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

.....

#### ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้ในขั้นตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

#### ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 6 : แก๊ส x มีอัตราการแพร่เป็น 1.5 เท่า ของแก๊ส y ถ้าแก๊ส x มีความหนาแน่น เท่ากับ 0.89 กรัม/ลิตร แก๊ส y จะมีความหนาแน่นเท่าไร

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่กำหนดให้

.....

.....

2. สิ่งที่ต้องการทราบ

.....

.....

#### ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

#### ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนแก้ปัญหามาที่วางแผนไว้ในขั้นตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....



ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ

ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ หลักการใดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

### เกณฑ์การประเมินการแก้ไขภัยพิบัติตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา	คะแนน	พฤติกรรม
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา	2	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบ ถูกต้องครบถ้วน
	1	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้ถูกต้องครบถ้วน แต่สิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องครบถ้วน หรือเขียนสิ่งที่ต้องการทราบถูกต้องครบถ้วน แต่เขียนสิ่งที่กำหนดให้ไม่ถูกต้องครบถ้วน
	0	เมื่อเขียนสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการทราบไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา	2	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์
	1	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์
	0	เมื่อเขียนการวางแผนแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียน
ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา	2	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ถูกต้อง
	1	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่คำตอบผิดหรือไม่แสดงวิธีการแก้ปัญหา ได้เฉพาะคำตอบ
	0	เมื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและหาคำตอบไม่ถูกต้อง
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ	2	เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้สมบูรณ์ชัดเจน
	1	เมื่อเขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบได้แต่ไม่สมบูรณ์
	0	เมื่อไม่เขียนวิธีการตรวจสอบคำตอบ

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวจรรววรรณ จันทมัตตุการ
วัน เดือน ปีเกิด	18 มกราคม พ.ศ. 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา เลขที่ 108/1 หมู่ที่ 8 ตำบลคลองปูน อำเภอแกลง จังหวัดระยอง
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2558	ครูผู้ช่วย โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา
พ.ศ. 2560-ปัจจุบัน	ครู คศ.1 โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	การศึกษามัธยมศึกษา (การสอนวิทยาศาสตร์ เอกเคมี) มหาวิทยาลัยบูรพา
พ.ศ. 2560	การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา