ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

EFFECTS OF THE 5E INQUIRY LEARNING CYCLE WITH USING WATER HARDNESS TEST KIT TO ENHANCE THE INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS OF MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS

พิมพิไล ใจดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2566

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย : พิมพิไล ใจดี

สาขาวิชา : การสอนวิทยาศาสตร์

กลุ่มวิชา : เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา เขาดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรนันท์ จันทร์พลอย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง และเพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย จำนวน 30 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ชุดทดสอบน้ำกระด้าง และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติการทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบสืบวัฏจักรเสาะหาความรู้ (5E), ชุดทดสอบน้ำกระด้าง, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

The Title : Effects of the 5E Inquiry Learning Cycle with Using Water Hardness Test Kit to Enhance the Integrated Science Process Skills of Mathayomsuksa 4 Students

The Author : Pimpilai Jaidee

Program : Science Teaching

Study Field : Chemistry

Thesis Advisors

: Assistant Professor Dr. Warangkhana Khaodee Advisor

: Assistant Professor Dr. Patcharanan Junploy Co – advisor

ABSTRACT

The purposes of this research were compare integrated science process skills of Mathayomsuksa 4 students, before and after learning with 5E Inquiry learning cycle using water hardness test kit and after learning, with the 70 percent criterion. The sample consisted of 30 grade 10 students in Sciences and Mathematics Program of Bandai Thep Kanchana Upatham School, obtained using the cluster sampling technique. The instruments used for the research were the 5E Inquiry learning cycle with water hardness test kit, a water hardness test kit, and test of integrated science process skills. The statistics used for analyzing data were mean, standard deviation, dependent sample t – test, and one sample t – test.

The study results are summarized as follows.

1. Students' skills in the integrated science process after learning was higher than before learning at the statistical significance at the .05 level.

2. Students' skills in the integrated science process after learning was higher than the 70 percent criterion.

Keywords : 5E Inquiry Learning Cycle, Water Hardness Test kit, Integrated Science Process Skills

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรางคณา เขาดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พัชรนันท์ จันทร์พลอย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทาง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน ผู้วิจัยซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ นางสรัลชนา ก้างออนตา นายยุทธนา คำภีระ และนางสาวสุภาพร เสมอ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำ แก้ไขเครื่องมือวิจัยให้ถูกต้อง เหมาะสมและมีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู เจ้าหน้าที่โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ ที่อำนวยความสะดวกและกรุณาให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในโรงเรียน และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและฝึกประสบการณ์ให้แก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ พ่อวิรัตน์ แม่สุวรรณ์ ใจดี และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนถึงทุกวันนี้

พิมพิไล ใจดี

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		**ข**
ABSTRACT		**ค**
กิตติกรรมประกาศ		**ง**
สารบัญ		**จ**
สารบัญตาราง		**ช**
สารบัญภาพ		**ฌ**
บทที่		
1	**บทนำ**	**1**
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
	สมมติฐานการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
	กรอบแนวคิดการวิจัย	6
2	**การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง**	**7**
	แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	**29**
	รูปแบบการวิจัย	29
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	30
	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	30
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	37
	การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	37

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่		
4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**42**
	ตอนที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	42
	ตอนที่ 2 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	43
	ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	43
5	**สรุป อภิปรายผล ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ**	**48**
	สรุปผลการวิจัย	49
	อภิปรายผล	49
	ข้อจำกัด	52
	ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม		**54**
ภาคผนวก		**57**
	ภาคผนวก ก เอกสารที่เกี่ยวข้อง	58
	ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	63
	ภาคผนวก ค รูปภาพประกอบผลการดำเนินงาน	87
	ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	92
ประวัติผู้วิจัย		**138**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ระดับความกระด้างของน้ำ	14
2.2	การเปลี่ยนสีของสารละลาย EBT ที่ pH 5 – pH 12	15
3.1	แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design	29
3.2	ผลการสอบรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย	30
3.3	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลา (ชั่วโมง) และน้ำหนักคะแนน	31
3.4	เกณฑ์การประเมินความเหมาะสมและการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย	33
3.5	การวิเคราะห์พฤติกรรมชี้วัดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	35
4.1	การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง	43
4.2	การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง	44
4.3	การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง	45
4.4	การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.5 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30) 47

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	6
2.1	การเปลี่ยนสีของ EBT ที่ pH 5 – pH 12 เมื่อเติมสารละลายแคลเซียมมาตรฐานที่ 400 ppm	15

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการคิดเพื่อหาความรู้และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต (Observing) การวัด (Measuring) การคำนวณ (Using Numbers) การจำแนกประเภท (Classifying) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (Using Space / Time Relationships) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Communication) การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) และการพยากรณ์ (Predicting) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ขั้น ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) การทดลอง (Experimenting) การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) (ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2557) ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะจะช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีเหตุผล เกิดความเข้าใจในเนื้อหา สามารถหาคำตอบและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และนำไปสู่กระบวนการคิดที่ซับซ้อนขึ้นได้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ วิชาเคมีก็เป็นส่วนหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ เนื้อหาของวิชามีความเป็นนามธรรมเนื่องจากเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร โครงสร้างของสาร คุณสมบัติของสาร ปฏิกิริยาเคมี กรด – เบส ไฟฟ้าเคมี ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนมองไม่เห็น จับต้องไม่ได้ (อรรจนา วิชาลัย และสุวัตร นานันท์, 2561) ทำให้นักเรียนเข้าใจเรื่องนั้นได้ยาก

สภาพการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมี โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จะเห็นได้จากผลการสอบเก็บคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้วิชาเคมี ผลการสอบกลางภาคเรียนและผลการสอบปลายภาควิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียน จำนวน 57 คน คิดเป็นร้อยละ 68 ของจำนวนนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีทั้งหมด ยังทำข้อสอบที่มีการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการได้ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากสภาพการจัดการเรียนการสอนปัจจุบัน มีการสอนแบบบรรยายมากกว่าการสอนแบบจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และกิจกรรมการทดลองต่าง ๆ ยังเป็นเรื่องที่ไกลตัวสำหรับนักเรียน จึงทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการต่ำ ดังนั้น ครูจึงควรจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและหาคำตอบด้วยตัวเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2562) ที่ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ว่า คือ การจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้จากการลงมือทำด้วยตนเองให้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้รับความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวเอง ครูจึงควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา สอดคล้องกับงานวิจัยของ อุษณีย์ มณีรัตน์ และสุมาลี ชัยเจริญ (2559) ที่กล่าวถึงแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ตามแนวคิดของเพียเจท์ (Jean Piaget) เชื่อว่าการเรียนรู้ คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นภายในนักเรียน นักเรียนสามารถสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นด้วยตัวเอง โดยอาศัยประสบการณ์เดิมและสิ่งที่ได้พบเจอใหม่มาสร้างให้เกิดเป็นความรู้

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังที่ จรรยา โท๊ะนาบุตร (2560) ได้กล่าวถึงวิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ว่าเป็นวิธีการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยครูจะเป็นเพียงแค่ผู้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องหาความรู้ด้วยตัวเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีเหตุผล ทำให้นักเรียนสามารถหาคำตอบได้ด้วยตัวเองและเกิดประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เซียและชาวดารี (Zia and Choudhary, 2020) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) สำหรับการสอนวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอวาน (Awan, 2022) ได้ศึกษาการสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย และการจัดการเรียนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ยังทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ดังที่ เนอร์มาและ

คนอื่น ๆ (Nurma et al., 2020) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบสืบเสาะ (5E) เรื่องภาวะโลกร้อน เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิจัย พบว่า การสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

การเรียนวิชาเคมีเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างซับซ้อน มีความเป็นนามธรรมและยังมีการคำนวณร่วมด้วย จึงทำให้นักเรียนเกิดความไม่เข้าใจในเนื้อหาวิชาและการปฏิบัติการทดลองต่าง ๆ ยังเป็นเรื่องที่ไกลตัวสำหรับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจนมากขึ้นผู้วิจัยจึงได้นำชุดทดสอบน้ำกระด้างมาใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาเคมีในเรื่องสารละลาย ซึ่งน้ำกระด้างเป็นสิ่งใกล้ตัวนักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ชุดทดสอบน้ำกระด้างที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ประกอบการสอนครั้งนี้เป็นงานวิจัยของกัลยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี (2558) ได้ศึกษาหาปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่างด้วยตาเปล่าโดยใช้วัสดุของแข็งดัดแปร AXAD-7EBT จากการวิจัย พบว่า ชุดทดสอบน้ำกระด้างนี้สามารถตรวจหาปริมาณแคลเซียมไอออนในน้ำได้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสีบนของแข็งดัดแปร วิธีนี้เป็นวิธีตรวจสอบน้ำกระด้างที่ง่าย รวดเร็ว ปลอดภัยต่อผู้ทำการวิเคราะห์และยังช่วยลดการใช้สารเคมีให้น้อยลงอีกด้วย

จากปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับชุดทดสอบน้ำกระด้าง ทั้งนี้ยังให้นักเรียนได้ลงมือประดิษฐ์ชุดทดสอบน้ำกระด้างด้วยตัวเอง ซึ่งทักษะต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับจากการเรียนจะนำไปสู่การมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างกับเกณฑ์ ร้อยละ 70

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเพิ่มขึ้น
2. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการทดสอบน้ำกระด้างไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. ครูสามารถนำชุดทดสอบน้ำกระด้างไปใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนเรื่องอื่นได้
4. ครูสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนได้

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ 3 ห้องเรียน จำนวน 58 คน ซึ่งจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ 1 ห้องเรียน (มัธยมศึกษาปีที่ 4/1) จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ เรื่อง สารละลาย จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ม. 4 เล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

ขอบเขตด้านเวลา

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ใช้เวลาทั้งหมด 15 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที

ขอบเขตด้านสถานที่

โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ครูเป็นแค่ผู้อำนวยความสะดวกและตั้งคำถามให้นักเรียนเกิดความสงสัยอยากรู้หรืออยากแก้ปัญหานั้น นักเรียนจะต้องศึกษาค้นหาคำตอบหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น ดังนี้

1.1 การสร้างความสนใจ หมายถึง ขั้นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้ อยากทราบคำตอบ หรืออยากแก้ปัญหานั้นให้ได้ โดยปัญหานั้นจะต้องเป็นสิ่งที่นักเรียนให้ความสนใจ ซึ่งอาจจะเป็นเหตุการณ์ในปัจจุบันหรือเรื่องที่นักเรียนกำลังให้ความสนใจในขณะนั้นเพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียน

1.2 การสำรวจและค้นหา หมายถึง ขั้นตอนการสำรวจ ค้นหาข้อมูล เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลไปใช้หาคำตอบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง การค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต การสำรวจ การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1.3 การอธิบายและลงข้อสรุป หมายถึง ขั้นตอนการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ผล แปลผล และสรุปผล เพื่อนำเสนอสิ่งที่หามาได้

1.4 การขยายความรู้ หมายถึง การนำความรู้ที่ได้มาใช้อธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ หรือนำมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิม

1.5 การประเมินผล หมายถึง ขั้นตอนการประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้

2. ชุดทดสอบน้ำกระด้าง หมายถึง อุปกรณ์ทดสอบน้ำกระด้างขนาดเล็ก ที่สามารถทดสอบน้ำกระด้างได้เหมือนกับวิธีมาตรฐาน

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หมายถึง ทักษะเชิงซ้อนที่พัฒนามาจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เพื่อนำมาใช้ในการคิด การหาความรู้และการแก้ปัญหาต่าง ๆ วัดได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังนี้

3.1 การตั้งสมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองหรือก่อนการหาคำตอบ โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม

3.2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายหรือขอบเขตของตัวแปร เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน

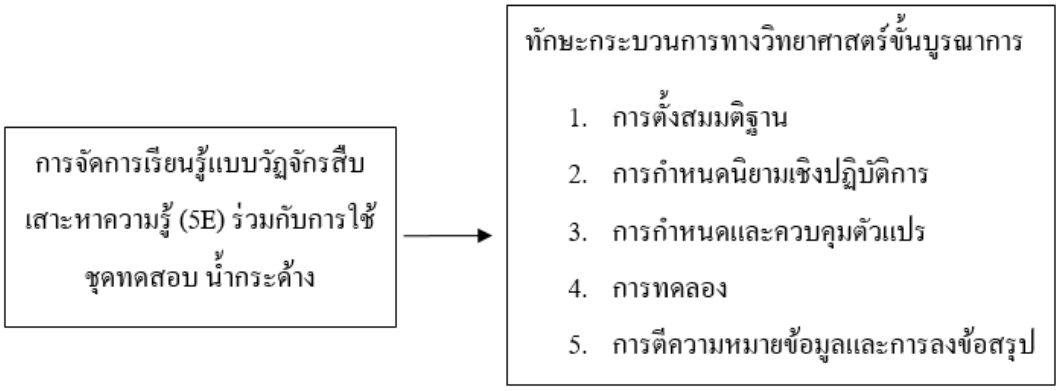
3.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

3.4 การทดลอง หมายถึง ความสามารถในการออกแบบการทดลอง การลงมือปฏิบัติ ตามแผนการทดลองและสรุปผลการทดลอง

3.5 การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการตีความและ แปลความของข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบต่าง ๆ

4. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง เกณฑ์ที่ยอมรับได้เกี่ยวกับผลการทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นคะแนนร้อยละเทียบกับเกณฑ์ของโรงเรียนบ้านด้าย-เทพกาญจนาอุปถัมภ์ ซึ่งกำหนดให้ผ่านเกณฑ์ที่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนรวม

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
   - 1.1 การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E)
   - 1.2 ชุดทดสอบน้ำกระด้าง
   - 1.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 2.1 งานวิจัยในประเทศ
   - 2.2 งานวิจัยต่างประเทศ

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E)

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีการให้ความหมายที่คล้ายกันและแตกต่างกัน ดังนี้

นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Society) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E การจัดการเรียนรู้นี้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้จากประสบการณ์ตรง และสามารถนำความรู้ไปต่อยอดได้ โดยนักเรียนจะทำงานร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหาและหาความรู้ใหม่ โดยใช้คำถาม การสังเกต การวิเคราะห์ และการสรุปผล (BSCS, 1997)

การจัดการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E Learning Cycle Model) ได้พัฒนาต่อยอดมาจากวัฏจักรการเรียนรู้ของคาร์ปลัช โดยกลุ่มพัฒนาหลักสูตรชีววิทยา (Biological Sciences Curriculum: BSCS) โดยกำหนดให้มี 5 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นการสร้างความสนใจ ขั้นการสำรวจและค้นหา ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นการขยายความรู้และขั้นการประเมินความรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 53) จัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) เน้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย วิธีสืบเสาะหาความรู้จะเน้นนักเรียนเป็นสำคัญของการเรียน หรือเป็นวิธีสอนที่ฝึกให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล (จรรยา โท๊ะนาบุตร, 2560)

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง การเรียนการสอนที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะหาความรู้ เพื่อนำมาหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยครูครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน (ทิศนา แขมมณี, 2557, น. 25)

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยครูตั้งคำถาม กระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปเป็นหลักการ กฎเกณฑ์หรือวิธีการในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการควบคุม ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงหรือสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมในสภาพการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2553, น. 66)

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ข้างต้น จึงสรุปว่า การจัดการเรียนรู้แบบแบบวัฏจักรวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) คือการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ซึ่งครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย เกิดความอยากรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาช่วยหาคำตอบหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีการให้ความหมายในแต่ละขั้นตอนที่คล้ายกันและแตกต่างกันดังนี้

BSCS (1997) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E มีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ ครูสร้างความสนใจของนักเรียนโดยอาศัยความรู้เดิม หรือเรื่องที่นักเรียนกำลังสนใจ เพื่อให้นักเรียนพร้อมที่จะเรียนรู้ในขั้นต่อไป

2. ขั้นสำรวจ ในขั้นตอนนี้จะให้นักเรียนศึกษา สำรวจ ค้นคว้าหาความรู้ และลงมือปฏิบัติ ใหม่โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ขั้นอธิบาย เป็นขั้นตอนที่ครูและนักเรียนอธิบายร่วมกัน ขั้นตอนนี้จะทำให้นักเรียนได้ สังเคราะห์ความรู้ใหม่ และเปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น

4. ขั้นขยายความ ขั้นตอนนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่ศึกษามา อาจจะเป็นการนำเสนอหรือตรวจสอบความรู้เพิ่มเติม

5. ขั้นประเมิน ขั้นตอนนี้สามารถประเมินได้ทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ครูสังเกตว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องครบถ้วนแล้วหรือยัง สามารถประเมินได้หลายรูปแบบ เช่น การประเมินตนเอง ประเมินเพื่อการทำแบบฝึกหัด ทำใบงาน และการสอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 53) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม

2. ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดที่เรียนรู้มา เพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ใหม่

4. ขั้นขยายความรู้ เป็นการนำเสนอข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

5. ขั้นประเมินความรู้ เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

จรรยา โท๊ะนาบุตร (2560) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากเรื่องที่สงสัย จากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้น ด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่ศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วให้มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ในขั้นต่อไป

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอต่อการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์หรือวาดรูป สร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทาง แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้ และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือ แนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากแสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากนั้นจึงนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้และแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า วัฏจักรการสืบเสาะ (Inquiry Cycle) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหา หลักการและทฤษฎีตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

จากข้อความข้างต้นจึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนแบบวัฏจักรวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) คือ ขั้นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้ อยากทราบคำตอบ หรืออยากแก้ปัญหานั้นให้ได้ โดยปัญหานั้นจะต้องเป็นสิ่งที่นักเรียนให้ความสนใจ ซึ่งอาจจะเป็นเหตุการณ์ในปัจจุบันหรือเรื่องที่นักเรียนกำลังให้ความสนใจในขณะนั้นเพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียน

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนการสำรวจ ค้นหาข้อมูล เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลไปใช้หาคำตอบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง การค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต การสำรวจ การเก็บข้อมูลภาคสนาม

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ผล แปลผล และสรุปผล เพื่อนำเสนอสิ่งที่หามาได้

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่ได้มาใช้อธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ หรือนำมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิม

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนการประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้

บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E)

จรรยา โท๊ะนาบุตร (2560) ได้กล่าวบทบาทของครูและนักเรียน ดังนี้

1. บทบาทของครู

1.1 การสร้างความสนใจ (Engagement) ครูควรสร้างความสนใจ สร้างความอยากรู้อยากเห็น มีการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้หรือแนวคิดหรือเนื้อหา

1.2 การสำรวจและค้นหา (Exploration) ครูส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจ ตรวจสอบ สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ทำการซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน และให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัย ตลอดจนปัญหาต่าง ๆ และทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน

1.3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ครูส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิดหรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนต่าง ๆ ในแผนภาพให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิด

1.4 การขยายความรู้ (Elaboration) โดยครูคาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมาย ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร

1.5 การประเมินผล (Evaluation) โดยครูสังเกตนักเรียนในการนำแนวคิดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ประเมินความรู้และทักษะนักเรียน หาหลักฐานที่แสดงว่า นักเรียนเปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม ให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้และ ทักษะกระบวนการกลุ่ม ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น

2. บทบาทของนักเรียน

2.1 การสร้างความสนใจ (Engagement) โดยนักเรียนถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ แสดงความสนใจ

2.2 การสำรวจและค้นหา (Exploration) โดยนักเรียนคิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น และลงข้อสรุป

2.3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) โดยนักเรียนอธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน ฟังคำอธิบาย ของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้วใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกหรือสังเกตในการอธิบาย

2.4 การขยายความรู้ (Elaboration) โดยนักเรียนนำความรู้ที่ได้เชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือสามารถอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้มากขึ้น

2.5 การประเมินผล (Evaluation) โดยนักเรียนตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกต หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง ถามคำถามเพื่อให้มีการตรวจสอบต่อไป

นอกจากนี้ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551) ยังได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนไว้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. บทบาทของครู

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น โดยการจัดกิจกรรมหรือเหตุการณ์ในเวลาสั้นๆ และกิจกรรมที่ครูจัดขึ้นควรเป็นกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียนด้วย

1.2 ขั้นสำรวจ ครูให้นักเรียนได้สำรวจหาคำตอบหรือแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถนำความรู้เดิมมาสร้างแนวคิดใหม่ได้

1.3 ขั้นอธิบาย ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ได้แสดงความรู้ที่ได้มาจากขั้นตอนการวางแผนและสำรวจและครูนำเสนอความรู้ ทักษะ กระบวนการใหม่ ๆ ด้วยวิธีการต่าง ๆ

เพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น

1.4 ขั้นขยายความรู้ ครูอาจจัดกิจกรรมที่ท้าทายเพื่อให้นักเรียนได้สามารถขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจมากขึ้น

1.5 ขั้นประเมิน ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์หรือเปิดโอกาสให้นักเรียน สามารถวิเคราะห์ วิจารณ์ และอภิปรายซักถามได้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนและประเมินความก้าวหน้าทางการเรียน

2. บทบาทของนักเรียน

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับกิจกรรมที่ครูจัดให้

2.2 ขั้นสำรวจ นักเรียนทำกิจกรรมหรือปฏิบัติการต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบหรือแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยนำความรู้เดิมมาใช้

2.3 ขั้นอธิบาย นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูล แสดงความรู้ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา

2.4 ขั้นขยายความรู้ นักเรียนศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากกิจกรรมที่ท้าทายเพื่อสามารถนำไปใช้กิจกรรมอื่นได้

2.5 ขั้นประเมิน นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง โดยการวิจารณ์ อภิปรายซักถามกัน

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5E ครูและนักเรียนมีบทบาทหน้าที่ ดังนี้

1. บทบาทของครู

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ ครูสร้างความสนใจโดยการตั้งคำถาม หรือจัดกิจกรรมสั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ อาจเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา ครูให้นักเรียนได้สำรวจและค้นหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้ และเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียน

1.3 ขั้นอธิบาย ครูให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ แนวคิดที่ได้มาจากขั้นตอนการสำรวจและใช้ความรู้เดิมเป็นพื้นฐานในการอธิบาย

1.4 ขั้นขยายความรู้ ครูอาจจัดกิจกรรมที่ท้าทายมากขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่

1.5 ขั้นประเมิน ครูประเมินนักเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามอภิปราย เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง

2. บทบาทของนักเรียน

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ นักเรียนถามหรือตอบคำถามโดยเชื่อมโยงความรู้เดิม

2.2 ขั้นสำรวจ นักเรียนค้นหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ตั้งสมมติฐาน และหาทางแก้ปัญหา ร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหา บันทึกผลและสรุปผล

2.3 ขั้นอธิบาย นักเรียนอธิบายความรู้หรือแนวทางการแก้ปัญหาและร่วมกันอภิปรายกับผู้อื่น

2.4 ขั้นขยายความรู้ นักเรียนขยายความรู้เพิ่มเติมจากการอภิปรายหรือจากกิจกรรมหรือคำถามที่ท้าทาย

2.5 ขั้นประเมิน นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองหรือประเมิน ความก้าวหน้าของตนเองจากการตอบคำถามปลายเปิด ซักถาม หรืออภิปรายร่วมกับผู้อื่น

ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

1. ความหมายของน้ำกระด้าง สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 9 ระยอง (2564) ได้กล่าวว่า ความกระด้างของน้ำ หมายถึง ปริมาณของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำ จะทำให้น้ำไม่เกิดฟองกับสบู่และจะเกิดตะกอนเมื่อต้ม แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1.1 ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) เกิดจากสารละลายแคลเซียมหรือแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต เมื่อถูกความร้อนจะตกตะกอนเป็นหินปูน

1.2 ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness) เกิดจากเกลือคลอไรด์หรือซัลเฟตของแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ไม่สามารถตกตะกอนเมื่อได้รับความร้อน แสดงระดับความกระด้างของน้ำ ดังตารางที่ 2.1

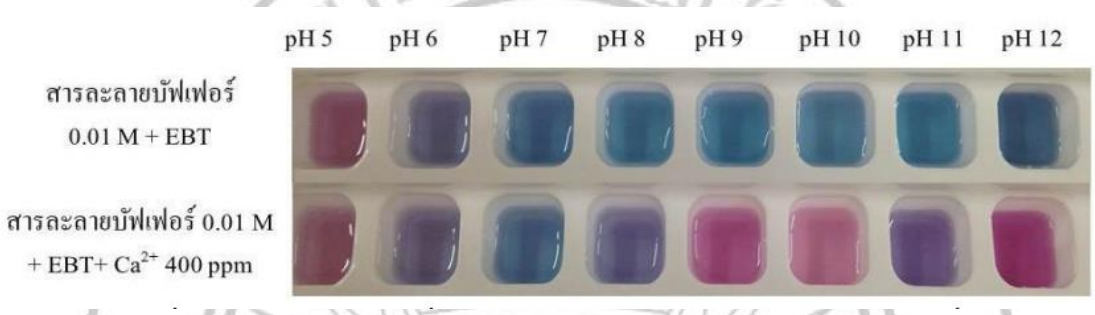
ตารางที่ 2.1 ระดับความกระด้างของน้ำ

ระดับความกระด้าง	mg/L as $CaCO_3$
น้ำอ่อน	0 – 75
น้ำกระด้างปานกลาง	75 – 150
น้ำกระด้าง	150 – 300
น้ำกระด้างมาก	300 ขึ้นไป

ที่มา : สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 9 ระยอง, 2564

2. ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

กัลยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี (2558) ได้ศึกษาการหาปริมาณแคลเซียมในน้ำด้วยตาเปล่าโดยใช้วัสดุของแข็งดัดแปร AXAD-7EBT และใช้ Eriochrome Black T (EBT) เป็นรีเอเจนต์ในการตรวจหาปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ซึ่งสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของรีเอเจนต์บนวัสดุของแข็งดัดแปร จากผลการศึกษา พบว่า EBT มีการเปลี่ยนแปลงสีที่ pH 5 – pH 12 เมื่อเติมสารละลายแคลเซียมมาตรฐาน 400 ppm ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนสีของ EBT ที่ pH 5 – pH 12 เมื่อเติมสารละลายแคลเซียมมาตรฐานที่ 400 ppm

ที่มา : กัลยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี, 2558

การเปลี่ยนแปลงสีของ EBT ที่ pH 5 – pH 12 ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การเปลี่ยนสีของสารละลาย EBT ที่ pH 5 – pH 12

รายการ	**การเปลี่ยนสีของสารละลาย EBT**							
pH	**pH 5**	**pH 6**	**pH 7**	**pH 8**	**pH 9**	**pH 10**	**pH 11**	**pH 12**
สารละลายบัฟเฟอร์ 0.01 M + EBT	แดง	ม่วง	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน
สารละลายบัฟเฟอร์ 0.01 M + EBT+ Ca2+ 400 ppm	แดง	ม่วง	น้ำเงิน	ม่วงอ่อน	ชมพูเข้ม	ชมพูอ่อน	ม่วงเข้ม	ชมพูเข้ม

ที่มา : กัลยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี, 2558

3. ส่วนประกอบชุดทดสอบน้ำกระด้าง

3.1 ของแข็งดัดแปร AXAD-7EBT

3.2 สารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ความเข้มข้น 0.1 M

3.3 กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร

3.4 สารละลายบอแรกซ์เข้มข้น 0.1 M

4. วิธีการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง ทำได้ดังนี้

4.1 เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 500 µL กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 40 µL สารละลายบอแรกซ์เข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 200 µL ในหลอดทดลอง

4.2 จากนั้นเติมน้ำตัวอย่างปริมาตร 500 µL

4.3 เติม AXAD-7EBT 15 mg ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีบน AXAD-7EBT

การหาปริมาณแคลเซียมไอออนด้วยวิธีนี้กับน้ำตัวอย่างจริงที่มีปริมาณแคลเซียมไอออนที่ 11 – 35 ppm พบว่า สามารถตรวจวัดได้ผลใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำชุดทดสอบน้ำกระด้างมาใช้ประกอบการสอนแบบวัฏจักรวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยสอนตั้งแต่การคำนวณความเข้มข้น การเตรียมสารละลายไปจนถึงการสร้างชุดทดสอบน้ำกระกระด้างขึ้นมา เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการได้ลงมือทำและเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

กระทรวงศึกษาธิการ (2553, น. 18) ได้กำหนดองค์ความรู้ ทักษะและสาระสำคัญไว้ในสาระการเรียนวิทยาศาสตร์ว่า นักเรียนนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างมีเหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์และจิตวิทยาศาสตร์ และได้กล่าวถึงการจัดการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายว่า เป็นการศึกษาที่เน้นการเพิ่มพูนความรู้และทักษะเฉพาะด้าน มีการใช้ทักษะกระบวนการคิดขั้นสูง สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ ดังนั้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจึงมีความสำคัญกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นอย่างมาก เพราะจะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดขั้นสูงและสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 34) ได้ให้ความหมายและแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 ขั้น คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่

1. การสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ เพื่อหาข้อมูลหรือรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป

2. การวัด (Measurement) หมายถึง ความสามารถในการเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับเสมอ

3. การจำแนกประเภท (Classification) หมายถึง การแบ่งพวก หรือเรียงลำดับวัตถุหรือ สิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ โดยใช้เกณฑ์ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (Space / Space Relationships and Space / Time Relationships) สเปซของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปซของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง (หรือหนา) ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา

5. การคำนวณ (Using Numbers) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

6. การจัดกระทำ และการสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication) หมายถึง การนำผลการสังเกต การวัด การทดลองจากแหล่งต่าง ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น การหาความถี่ การเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การคำนวณหาค่าใหม่

7. การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. การพยากรณ์ (Prediction) หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือข้อมูลจากประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการสรุป การพยากรณ์มีสองทางคือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ (Interpolating) และการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ (Extrapolating) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม 5 ทักษะ ได้แก่

1. การตั้งสมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการคาดการณ์เหตุผลหรือคำอธิบายของสิ่งที่จะเกิดขึ้นก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้หรือ

ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน การตั้งสมมติฐานมักกล่าวเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งผลการทดลองที่เกิดขึ้นอาจเป็นไปตามสมมติฐานที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ก็ได้

2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายหรือขอบเขตของตัวแปรตามที่อยู่ในสมมติฐานหรือที่เกี่ยวกับการทดลองให้เข้าใจตรงกัน เพื่อให้สามารถสังเกตและวัดได้

3. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variable) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ให้สอดคล้องกับสมมติฐาน

4. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ วางแผนการทดลองได้อย่างรอบคอบสอดคล้องกับปัญหาการทดลองและสมมติฐาน รวมทั้งความสามารถในการดำเนินการทดลองได้ตามแผน การบันทึกผลการทดลองได้ละเอียด ครบถ้วนและเที่ยงตรงและสรุปผลการทดลองได้

5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting and Making Conclusion) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายของข้อมูล เช่น การบรรยายลักษณะของข้อมูล การบอกความหมายของข้อมูล หรือการเลือกข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐาน ตลอดจนความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานไว้ ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การใช้อวัยวะรับสัมผัสต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส โดยการมองเห็น ได้ยิน ดมกลิ่น รับรส และสัมผัสวัตถุหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ เพื่อเก็บข้อมูลรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป

2. การวัด หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือวัดเพื่อหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

3. การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากสมบัติของสิ่งที่ศึกษานั้นเป็นเกณฑ์ ซึ่งอาจเหมือนหรือแตกต่าง

4. ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปซของวัตถุมีลักษณะเป็นสามมิติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์

ระหว่างรูป 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลาได้แก่ การแสดงทิศทางหรือตำแหน่งของวัตถุในเวลาต่าง ๆ

5. การใช้ตัวเลขหรือการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุหรือเหตุการณ์และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณ โดยใช้การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือวิธีการคำนวณอื่น ๆ

6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่

7. การลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมช่วยแสดงความคิดเห็นนั้น ๆ

8. การทำนายหรือพยากรณ์ หมายถึง การสรุปผลลัพธ์หรือคำตอบล่วงหน้าก่อนทดลองโดยอาศัยหลักฐานจากข้อมูล ข้อเท็จจริงหรือปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำ ๆ กัน หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้ว

นอกจากนี้ ยังได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน พร้อมทั้งให้ความหมายไว้ ดังนี้

1. การตั้งสมมติฐาน หมายถึงการคิดหาคำตอบล่วงหน้ามาก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้าที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน ซึ่งความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้ ซึ่งความสามารถที่บ่งบอกว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถกำหนดความหมายและขอบเขตของคำศัพท์หรือตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตและวัดได้

3. การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรเกินที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ความสามารถที่บ่งบอกว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถบ่งชี้และกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

4. การทดลอง หมายถึง การทำปฏิบัติการด้วยวิธีใด ๆ เพื่อหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง ซึ่งความสามารถที่บ่งบอกว่าเกิดทักษะนั้นแล้ว คือ สามารถ

กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ วางแผนการทดลอง ระบุขั้นตอน อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีที่ต้องใช้ การปฏิบัติตามแผนที่วางไว้จนสำเร็จและบันทึกผลการทดลองที่ได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง

5. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ ความสามารถที่บ่งบอกว่าเกิดทักษะนั้นแล้วคือ สามารถแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่ได้ และสามารถสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและเปรียบเทียบกับข้อมูลของผู้อื่นได้

นอกจากนี้ ทิพย์อุบล ทิพเลิศ (2560) ยังได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ขั้น ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ มีดังนี้

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าไปสัมผัสกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการมองเห็น ได้ยิน ดมกลิ่น รับรส และสัมผัสวัตถุหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ เพื่อหาข้อมูลหรือรายละเอียดของสิ่งเหล่านั้น โดยไม่เพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวหรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตลงไป

2. ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อยางเหมาะสม พร้อมทั้งระบุเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือวัด และอ่านค่าที่ได้จากการวัดออกมาเป็นตัวเลขได้อยางถูกต้อง รวดเร็วและใกล้เคียงกับความจริง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

3. ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการแบ่งพวก หรือเรียงลำดับวัตถุ หรือเหตุการณ์ออกเป็นหมวดหมู่โดยใช้เกณฑ์ในการจัดจำแนก ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าว อาจใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ แล้วจัดสิ่งที่มีคุณสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุอีกชนิดหนึ่ง รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่กับเวลา ขนาด รูปทรง หรือทิศทางของวัตถุในเวลาที่ต่างกัน

5. ทักษะการคำนวณ หรือการใช้ตัวเลข หมายถึง ความสามารถในการนำค่าที่ได้จากการวัดและการนับ มาคำนวณโดยการบวกลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือวิธีการคำนวณอื่น ๆ

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การวัด ทดลอง หรือแหล่งอื่น ๆ ที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำใหม่

โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น เรียงลำดับ หาความถี่ หาค่าเฉลี่ยจัดแยกประเภท คำนวณหาค่าใหม่ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำแล้วมาเสนอให้บุคคลอื่นเข้าใจในรูปแบบต่าง ๆ

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ มาอธิบายหรือสรุปความหมายอย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมเข้าช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถในการทำนาย หรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการทำนาย หรือคาดคะเน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการออกเป็น 5 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน ซึ่งคำตอบที่คิดล่วงหน้านี้เป็นคำตอบที่รอการพิสูจน์ และเป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน อาจเป็นคำตอบที่เป็นจริงทั้งหมดหรือเป็นจริงบางส่วนหรือไม่เป็นจริงทั้งหมดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้หลังทำการทดลองเพื่อหาคำตอบเพื่อสนับสนุน หรือคัดค้านสมมติฐานนั้น

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถ ในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องทดลองให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกต วัด หรือตรวจสอบได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ในสมมติฐานหนึ่ง ๆ หรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง

4. ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ หรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือพิสูจน์เพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัย ประกอบด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่าง ๆ แล้วสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

จึงสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 13 ทักษะ แบ่งออกเป็น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ดังนี้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ประกอบด้วย

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสได้แก่ ตา จมูก ลิ้น ผิวหนัง ไปสัมผัสกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ เพื่อหาข้อมูล โดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไป

2. ทักษะการวัด หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือวัดเพื่อหาปริมาณของสิ่งของ สามารถวัดได้ถูกต้องและมีหน่วยกำกับด้วยเสมอ

3. ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง การจำแนก หรือแบ่งประเภทของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง

4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา หมายถึง การหาความสัมพันธ์ของวัตถุและพื้นที่ที่วัตถุนั้นอยู่ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุนั้นกับเวลา

5. ทักษะการคำนวณ หรือการใช้ตัวเลข หมายถึง การนำตัวเลขที่ได้มาบวก ลบ คูณ หาร

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำผลการสังเกต การวัด การคำนวณ หรือการทดลองต่าง ๆ มาจัดกระทำใหม่ เช่น การหาความถี่ การเรียงลำดับ การแยกประเภท

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง การแสดงความคิดเห็นโดยอาศัยประสบการณ์และความรู้เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ประกอบด้วย

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองหรือก่อนการหาคำตอบ โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายหรือขอบเขตของตัวแปร เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

4. ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการออกแบบการทดลอง การลงมือปฏิบัติตามแผนการทดลองและสรุปผลการทดลอง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการตีความและแปลความของข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบต่าง ๆ

พฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ตามที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้กำหนดไว้ในสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมบ่งชี้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไว้ ดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ การให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง การคาดคะเนคำตอบที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ กำหนดความหมายหรือขอบเขตของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานของการทดลองและสามารถสังเกตหรือวัดสิ่งต่าง ๆ ที่นิยามได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ การกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้

4. ทักษะการทดลอง มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ การออกแบบวางแผนการทดลองอย่างรอบคอบและสอดคล้องกับสมมติฐาน การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้และมีการใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างถูกต้องและเหมาะสม

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ การแปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่ได้จัดกระทำและอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ การลงข้อสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ได้จากการทดลอง

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551) ได้กำหนดพฤกรรมบ่งชี้ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไว้ ดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ กำหนดความหมายและขอบเขตของคำศัพท์ตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตและวัดได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม (Control Variable) ได้

4. ทักษะการทดลอง มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ วางแผนการทดลองโดยระบุขั้นตอน อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีที่ต้องใช้ได้

ปฏิบัติการตามที่วางแผนไว้ได้จนสำเร็จและบันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ แปรความหมายหรือ บรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้และสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและเปรียบเทียบกับข้อมูลของผู้อื่นได้

สรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน มีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการลงมือปฏิบัติหรือก่อนการหาคำตอบ โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมหรือหาจากความสัมพันธ์ของตัวแปร

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ กำหนดความหมายของคำศัพท์และตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตและวัดได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ บอกตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

4. ทักษะการทดลอง มีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ วางแผนและออกแบบการทดลอง ระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ได้ถูกต้อง ใช้อุปกรณ์ได้เหมาะสม บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง ครบถ้วน และเที่ยงตรง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ แปรความหมายข้อมูลที่มีอยู่ เช่น ตาราง แผนภูมิ กราฟ และสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและเปรียบเทียบกับข้อมูลของผู้อื่นได้

การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล (2557) ได้กล่าวถึงการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1. การใช้กระบวนการสังเกต มักจะเกิดขึ้นในระหว่างที่นักเรียนทำการทดลองหรือทำกิจกรรมการเรียน โดยมีเครื่องมือที่หลากหลายและแบ่งออกได้หลายแบบ ได้แก่

1.1 การสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ (Informal Observation) เป็นการสังเกตโดยภาพรวมเพื่อการปรับปรุงการเรียนการสอน ผลจากการสังเกตอาจได้ข้อมูลอย่างคร่าว ๆ ว่านักเรียนมีพฤติกรรมอย่างไร เช่น ชอบทำงานคนเดียว ชอบที่จะให้มีผู้ชี้แนะแนวทางเป็นต้น

1.2 การสังเกตที่มีโครงสร้าง (Structured Observation) ครูผู้สังเกตมีประเด็นและทักษะที่จะสังเกตชัดเจน มีการจัดระบบการสังเกต จัดเวลาและหัวข้อในการสังเกตที่ชัดเจน มีแบบสังเกต ผลจากการสังเกตทำให้ได้ข้อมูลทักษะที่แสดงออก ความก้าวหน้าของทักษะที่เปลี่ยนแปลงในทางบวกและลบ

1.3 การสังเกตแบบการเล่าเรื่อง (Narratives) ใช้สังเกตพฤติกรรมหรือทักษะที่ค่อนข้าง ซับซ้อน เช่น การทำงานกลุ่ม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม ซึ่งอาจจะไม่สามารถตอบได้ด้วยการ Checklist เช่น ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปร่วมกันทั้งกลุ่ม การบันทึกการสังเกตจะใช้การเขียนบรรยาย แบบเล่าเรื่องราวดูการทำงานของแต่ละบุคคลในกลุ่ม ซึ่งทำให้ทราบปัญหาของกลุ่มที่ลึกซึ้งจะได้แก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ได้ถูกจุดในบทเรียนต่อไป

2. การใช้คำถาม สามารถใช้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ในรูปแบบที่หลากหลาย ดังนี้

2.1 การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นวิธีการประเมินที่ต้องใช้เวลาและส่งผลต่อการจัดการชั้นเรียน แต่ก็ยังเป็นวิธีที่มีคุณค่า โดยเฉพาะสำหรับนักเรียนที่มีลักษณะเฉพาะตัว มีปัญหาในการเรียนรู้หรือมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาอย่างเร่งด่วน

2.2 แบบสอบถาม เพื่อประเมินตนเอง (Self – assessment Questionnaire) เป็นอีกเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับนักเรียนในการวิเคราะห์ตนเองว่ามีทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไรและสามารถใช้ได้ในด้านอื่น เช่น ความรู้ ผลงานที่ตนเองทำ เจตคติ เป็นต้น เป็นการสะท้อนความคิดของนักเรียนที่มีต่อตนเองให้ครูได้รับรู้ สามารถประเมินตนเองว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะเป็นอย่างไรและตนเองยังควรต้องพัฒนาปรับปรุงส่วนไหนอย่างไร ครูสามารถใช้ผลจากการประเมินตนเองของนักเรียนประกอบกับเครื่องมืออื่น ๆ ได้

2.3 การทดสอบ (Testing) เป็นการประเมินทักษะที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกถึงสิ่งที่ตนเองรู้มากกว่าการจดจำ ครูสามารถประเมินนักเรียนในขณะที่ลงมือทำกิจกรรม ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อสอบที่เป็นข้อคำถามความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมีความแตกต่างอยู่ทั้งข้อคำถามและรูปแบบการตอบ ข้อคำถามสำหรับการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบหรือปฏิบัติการเท่านั้น แต่สามารถทำได้ในรูปแบบของข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple – choice) ได้เช่นกัน แต่ผู้ประเมินต้องมั่นใจว่าเรื่องที่ถามเกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตอบ ไม่ใช่แค่เพื่อวัดความรู้ความจำเท่านั้น

3. การประเมินจากผลงานของนักเรียน สามารถใช้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาได้จากการตอบคำถามในใบงาน (Worksheet) ผลงาน โครงงาน ชิ้นงานการสาธิต (Project, Product and Demonstration) และแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) เป็นต้น การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถประเมินได้หลากหลายวิธี ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในรูปแบบของการทดสอบ

(Testing) ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple – choice) เนื่องจากสามารถวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ครอบคลุมทุกทักษะ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

คมขำ บุ่งนาแซง และปริญญ์ ทนันชัยบุตร (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องของชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) พบว่า นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 92.59 และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับที่ดีมาก

รัชดาวรรณ์ กันหาชาติ (2557) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกโดยใช้การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 0.69 อยู่ในระดับปานกลาง ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ 78.49 / 76.40 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาชีววิทยาทางบวกอยู่ในระดับปานกลาง

กัลยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี (2558) ได้ศึกษาหาปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่างด้วยตาเปล่าโดยใช้วัสดุของแข็งดัดแปร ชุดทดสอบน้ำกระด้างนี้ทำได้โดยการโดยเติม AXAD-7EBT ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 10 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (M) กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (M) สารละลายบอแรกซ์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ (M) จากนั้นเติมน้ำตัวอย่างทิ้งไว้ 5 นาทีแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีบน AXAD-7EBT พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจึงสามารถตรวจหาปริมาณแคลเซียมไอออนในน้ำได้ ซึ่งการวัดความกระด้างของน้ำด้วยวิธีนี้สามารถตรวจวัดได้ผลใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว ปลอดภัยต่อผู้ทำการวิเคราะห์และยังช่วยลดปริมาณสารเคมีให้น้อยลงอีกด้วย

วันทนา งาเนียม และพรสิริ เอี่ยมแก้ว (2561) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

พิมพ์ขวัญ สังข์ทอง และปิยาภรณ์ พุ่มแก้ว (2563) ได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ พบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นไปตามเกณฑ์ 80 / 80 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าดัชนีประสิทธิผลของการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 0.7411 หรือคิดเป็นร้อยละ 74.11 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดปฏิบัติการทดลอง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก

กนิษฐา ภูดวงจิตร และประเสริฐ เรือนนะการ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิค POE เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเรื่องการเคลื่อนที่และแรงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปวีณวัสสา บำรุงอุดมรัชต์ และอัมพร วัจนะ (2564) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้แพลตฟอร์มการสร้างเว็บไซต์ (Google Sites) เรื่อง สมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า บทเรียนออนไลน์ โดยใช้แพลตฟอร์มการสร้างเว็บไซต์ (Google Sites) เรื่อง สมดุลเคมี มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.25 / 83.50 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

งานวิจัยต่างประเทศ

เซีย และชาวดารี (Zia and Choudhary, 2020) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) สำหรับการสอนวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมปลาย จำนวน 60 คน และแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม โดยกลุ่มแรกจัดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) และกลุ่มที่สองจัดการเรียนการสอนแบบบรรยาย พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ยูนีอาซี, อาเฟียนี และฮายาตี (Yuniarsih, Arfiani, & Hayati, 2020) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบสืบเสาะ (5E) เรื่อง ภาวะโลกร้อนเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบทดสอบ

วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าการสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

เอวาน (Awan, 2022) ศึกษาการสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 80 คน ได้รับการสุ่มเลือกจากโรงเรียนรัฐบาลในเขตซาร์โกธา (Sargodha) ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง ในการเรียนวิชาเคมีนั้น เพื่อช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนให้ดีขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกึ่งทดลอง (Quasi Experiment Research) เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างและเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเปรียบเทียบหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยเป็นการวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว และทดสอบก่อนและหลังเรียน (One Group Pretest – Posttest Design) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559) มีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design

กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน	ทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
G	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์แบบแผนการทดลอง

G แทน กลุ่มทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียน

X แทน การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

O_2 แทน การทดสอบก่อนเรียน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านด้าย–เทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ 3 ห้องเรียน จำนวน 58 คน ซึ่งจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

ตารางที่ 3.2 ผลการสอบรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

ผลการสอบ	คะแนนสอบ					
	ม. 4/1		ม. 4/2		ม. 4/3	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
กลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565	12.32	1.68	11.15	2.19	12.48	2.39
ปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565	10.76	2.70	11.79	3.44	10.18	2.65

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง จำนวน 5 แผน เวลา 15 ชั่วโมง ดังนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วน

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น

1.5 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้าง

2. ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

นำมาจากงานวิจัยของ กัลยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี (2558) ได้สร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างโดยหาปริมาณแคลเซียมไอออนในน้ำเป็นการทดสอบแบบ Semi – Quantitative พบว่า ชุดทดสอบน้ำกระด้างสามารถหาปริมาณแคลเซียมไอออนในน้ำอุปโภคและบริโภคทั่วไป (ยกเว้น น้ำแร่บรรจุขวดที่มีความเข้มข้นสูง) ได้ใกล้เคียงกับความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนในสารละลายมาตรฐานได้ร้อยละ 50

3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 30 ข้อ

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 ศึกษาสาระ ผลการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E)

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลา (ชั่วโมง) และน้ำหนักคะแนน จากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลา (ชั่วโมง) และน้ำหนักคะแนน

ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)	น้ำหนักคะแนน
1. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ได้	การบอกปริมาณของสารในสารละลายสามารถบอกเป็นความเข้มข้น	1. อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วนได้	6	8

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)	น้ำหนักคะแนน
		2. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วนได้ 3. อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมลได้ 4. คำนวณหาความเข้มข้นของของสารละลายในหน่วยส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมลได้		
2. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนดได้	การเตรียมสารละลายสามารถทำได้โดยการเตรียมจากสารบริสุทธิ์และเตรียมจากสารละลายเข้มข้น	5. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนดจากสารบริสุทธิ์ 6. นักเรียนสามารถคำนวณและเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้ 7. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนดจากสารละลายเข้มข้น	9	12

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)	น้ำหนักคะแนน
		8. นักเรียนสามารถคำนวณและเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้ 9. อธิบายวิธีการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างได้ 10. นักเรียนสามารถสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้		
		รวม	**15**	**20**

1.3 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

1.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

1.5 นำแผนที่ได้ปรับปรุงแก้ไข นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เพื่อประเมินความเหมาะสมของเนื้อหา โดยมีเกณฑ์การประเมินและการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การประเมินความเหมาะสมและการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ย

คะแนน	ความหมาย	คะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
5	เหมาะสมมากที่สุด	4.51 – 5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4	เหมาะสมมาก	3.51 – 4.50	เหมาะสมมาก
3	เหมาะสมปานกลาง	2.51 – 3.50	เหมาะสมปานกลาง
2	เหมาะสมน้อย	1.51 – 2.50	เหมาะสมน้อย
1	เหมาะสมน้อยที่สุด	1.00 – 1.50	เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดให้ความเหมาะสมของเนื้อหา คือ ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไปและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 หากของผู้เชี่ยวชาญ 3.50 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม โดยแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1) แก้ไขเวลาให้เหมาะสมกับกิจกรรม

2) ปรับการใช้ภาษาให้เหมาะสม

3) แก้ไขคำผิด

1.6 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์ – คณิตศาสตร์ (ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง) โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ภายหลังการใช้ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงดังนี้

1) แก้ไขเวลาบางขั้นตอนให้เหมาะสม

2) เปิดวีดีทัศน์สาธิตการทดลองให้นักเรียนดูเพิ่มเติมก่อนเริ่มทำการทดลอง

1.8 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มีขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เนื้อหาวิชาเคมีและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2.2 วางแผนสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยกำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ พฤติกรรมชี้วัด และสร้างข้อสอบให้ครอบคลุมทั้ง 5 ทักษะ จำนวน 40 ข้อ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์พฤติกรรมชี้วัดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	พฤติกรรมชี้วัด	จำนวนข้อย่อย	ใช้ข้อ
1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1. คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองหรือก่อนการหาคำตอบ	4	1,4,5,6
	2. คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้	4	2,3,7,8
2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	1. กำหนดความหมายของคำศัพท์หรือตัวแปรที่อยู่ในสมมติฐานการทดลอง	8	9,10, 12,14
3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	1. บอกตัวแปรต้นได้	4	15,23
	2. บอกตัวแปรตามได้	2	22
	3. บอกตัวแปรควบคุมได้	2	18,20
4. ทักษะการทดลอง	1. ออกแบบการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม	2	26,
	2. ระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองได้	3	27,28
	3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม	2	26,32
	4. บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วนและเที่ยงตรง	1	30
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	1. แปลความหมายข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบที่ใช้สื่อความหมายแล้ว เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ	3	33,37, 40
		5	34,35
	2. สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ได้จากการทดลอง		36,38

2.3 นำแบบทดสอบนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

2.4 นำแบบทดสอบที่ได้ปรับปรุงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งได้แก่ผู้เชี่ยวชาญ

ด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ จากนั้นนำผลไปวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมชี้วัด โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง หากแน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมชี้วัด

0 หมายถึง หากไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมชี้วัด

-1 หมายถึง หากแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมชี้วัด

2.5 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเพื่อพิจารณาแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) โดยแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67 – 1.00

2.6 ปรับปรุงแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

2.6.1 แก้ไขคำถามให้ชัดเจนมากขึ้น

2.6.2 แก้ไขการใช้ภาษาให้เหมาะสม

2.6.3 แก้ไขคำผิด

2.7 จัดพิมพ์และนำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2.8 ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ที่ผ่านการเรียนเรื่องนี้มาแล้ว จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P) โดยข้อสอบจะต้องมีความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (พิมพ์ลภัส บัวศรี, 2560)

2.9 ดำเนินการเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ (ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ทักษะ)

2.10 นำแบบทดสอบทั้ง 30 ข้อมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett Method) ซึ่งค่าความเชื่อมั่นควรมีค่า 0.70 ขึ้นไป (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553)

โดยแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าความยากง่าย (*P*) ระหว่าง 0.3 – 0.8 มีค่าอำนาจจำแนก (*D*) ระหว่าง 0.3 – 0.9 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94

2.11 จัดทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน รายละเอียดต่าง ๆ ก่อนเริ่มการจัดการเรียนการสอน
2. ดำเนินการสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จากนั้นบันทึกผลคะแนนไว้เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลต่อไป
3. ดำเนินการจัดการเรียนการสอนกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง จำนวน 15 ชั่วโมง
4. เมื่อดำเนินการจัดการเรียนการสอนครบตามแผนแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน
5. นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปตามขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง โดยทดสอบแบบทีสองกลุ่มที่ไม่ได้เป็นอิสระจากกัน (Dependent Sample t – test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1
2. วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One Sample t – test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าร้อยละ (p) เป็นวิธีการนำคะแนนที่สอบได้เทียบกับคะแนนเต็ม โดยเปลี่ยนคะแนนเต็มให้มีค่าเป็น 100 คะแนน คำนวณได้จากสูตร (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) ดังนี้

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

เมื่อ p แทน ค่าร้อยละ
f แทน ค่าความถี่ที่ต้องแปลงให้เป็นค่าร้อยละ
N แทน ความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{x}$) คำนวณได้จากสูตร (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\Sigma x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าร้อยละ
Σx แทน ค่าความถี่ที่ต้องแปลงให้เป็นค่าร้อยละ
N แทน ความถี่ทั้งหมด

1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) คำนวณได้จากสูตร (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) ดังนี้

$$S.D = \frac{\sqrt{\mathrm{n}\Sigma x^2 - (\Sigma \mathrm{x})^2}}{n(n-1)}$$

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Σx^2 แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง
$(\Sigma \mathrm{x})^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) คำนวนได้จากสูตร (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยากง่าย (Difficulty; P) ของแบบแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำโดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 27 และคำนวณได้จากสูตร (พิมพ์ลภัส บัวศรี, 2560) ดังนี้

$$P = \frac{R_u + R_l}{2f}$$

เมื่อ P แทน ระดับความยากง่าย

R_u แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบถูกที่ทำข้อสอบถูก

R_l แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูกที่ทำข้อสอบถูก

f แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำซึ่งเท่ากัน

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination: D) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำโดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 27 และ คำนวณได้จากสูตร (พิมพ์ลภัส บัวศรี, 2560) ดังนี้

$$D = \frac{R_u - R_l}{N/2}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_u แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

R_l แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ คำนวณได้จากสูตร (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) ดังนี้

$$\mathrm{r}_{cc} = 1 - \frac{k\Sigma x_i + \Sigma x_i{}^2}{(k-1)\Sigma(X_i - c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

x_i แทน คะแนนของผู้สอบแต่ละคน

k แทน จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

c แทน คะแนนจุดตัดซึ่งคิดจากร้อยละ70 ของคะแนนเต็ม

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent Sample t – test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556) ดังนี้

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบที

D แทน ค่าความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

ΣD แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนน

การสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

$(\Sigma D)^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนนที่นำมาเปรียบเทียบ

3.2 สถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One Sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกันการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556) ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad \text{และ} \quad df = n - 1$$

เมื่อ n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน ค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของประชากร

s แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง และเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 2 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้ตรงกัน ดังนี้

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t แทน ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t

p แทน ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน

$*$ แทน นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

df แทน ชั้นแห่งความอิสระ

ตอนที่ 2 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 70

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\overline{X}$	SD	df	*t*	p (1-tailed)
ก่อนเรียน	30	9.03	1.43	29	56.490*	.000
หลังเรียน	30	24.53	1.17			

P > .05

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.03 ± 1.43 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 24.53 ± 1.17 เมื่อทดสอบสมมติฐาน พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 56.490, p = .000) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

เมื่อเปรียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง และ 5) การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	n	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			t	p (1-tailed)
			$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$ ร้อยละ	$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$ ร้อยละ		
1. การตั้งสมมติฐาน	30	8	2.3	0.8	27	6.5	0.8	81	24.803*	.000
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	30	6	2.1	1	38	4.8	0.9	81	9.826*	.000
3. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	30	7	1.7	1	24	5.8	0.8	83	23.263*	.000
4. การทดลอง	30	5	0.9	0.7	19	4.2	0.8	84	14.227*	.000
5. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	30	4	2	1.1	49	3.2	0.8	80	4.889*	.000

$P > .05$

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ด้านของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง และ 5) การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	ก่อนเรียน	หลังเรียน	คะแนนพัฒนาการ	ลำดับร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการ
	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$		
การตั้งสมมติฐาน	27	81	54	3
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	38	81	43	4
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	24	83	59	2
การทดลอง	19	84	65	1
การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	49	80	31	5

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยเรียงลำดับทักษะที่มีร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการจากสูงสุดไปต่ำสุด ดังนี้ 1) ทักษะการทดลอง 2) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 3) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 4) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และ 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	n	เกณฑ์	$\bar{X}$	SD	df	t	p (1-tailed)
หลังเรียน	30	21	24.53	1.17	29	16.589	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.4 พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 24.53 ± 1.17 คิดเป็นร้อยละ 81.77 เมื่อทดสอบสมมติฐานเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 16.589, p = .000) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง และ 5) การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30) ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70	หลังเรียน		*t*	p (1-tailed)
				$\bar{X}$	SD		
การตั้งสมมติฐาน	30	8	5.6	6.5	0.8	6.346*	.000
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	30	6	4.2	4.8	0.9	3.968*	.000
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	30	7	4.9	5.8	0.8	6.477*	.000
การทดลอง	30	5	3.5	4.2	0.8	5.037*	.000
การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	30	4	2.8	3.2	0.8	2.878*	.0035

$p < .05$

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ 1) การตั้งสมมติฐาน 2) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง และ 5) การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง และเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างกับเกณฑ์ ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง จำนวน 5 แผน เวลา 15 ชั่วโมง ได้แก่

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วน

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล)

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น

1.5 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้าง

โดยแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมเท่ากับ 4.54

2. ชุดทดสอบน้ำกระด้าง นำมาจากงานวิจัยของ กัลยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี (2558) ได้สร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างโดยหาปริมาณแคลเซียมไอออนในน้ำเป็นการทดสอบแบบ Semi – Quantitative พบว่า ชุดทดสอบน้ำกระด้าง สามารถหาปริมาณแคลเซียมไอออนในน้ำอุปโภคและบริโภคทั่วไป (ยกเว้น น้ำแร่บรรจุขวดที่มีความเข้มข้นสูง) ได้ใกล้เคียงกับความเข้มข้น

ของแคลเซียมไอออนในสารละลายมาตรฐานได้ร้อยละ 50

3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่าความยากง่าย (*P*) อยู่ระหว่าง 0.3 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนก (*D*) ระหว่าง 0.3 – 0.9 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกึ่งทดลอง (Quasi – Experiment Research) โดยดำเนินการทดลองตามแผนการวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว และทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน (One Group Pretest – Posttest Design) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent Sample t – test) และการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One Sample t – test)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

อภิปรายผล

ผลการวิจัย พบว่า 1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 24.53 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) 1.17 และก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 9.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) 1.43 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 24.53 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) 1.17 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (จรรยา โท๊ะนาบุตร, 2560) จนนักเรียนค้นพบความรู้หรือวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเองและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2553) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) คือ ขั้นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้ อยากทราบคำตอบ หรืออยากแก้ปัญหานั้นให้ได้ โดยปัญหานั้นจะต้องเป็นสิ่งที่นักเรียนให้ความสนใจ ซึ่งอาจจะเป็นเหตุการณ์ในปัจจุบันหรือเรื่องที่นักเรียนกำลังให้ความสนใจในขณะนั้นเพื่อเป็นการนำเข้าสู่บทเรียน

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนการสำรวจ ค้นหาข้อมูล เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลไปใช้หาคำตอบในขั้นตอนต่อไป ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง การค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต การสำรวจ การเก็บข้อมูลภาคสนาม

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ผล แปลผล และสรุปผล เพื่อนำเสนอสิ่งที่หามาได้

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่ได้มาใช้อธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ หรือนำมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิม

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนการประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) จะเน้นที่นักเรียนเป็นสำคัญ เน้นให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาคำตอบและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนการสอนแบบบรรยาย เป็นไปตามงานวิจัยของ

เซียและชาวดารี (Zia and Choudhary, 2020) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ เอวาน (Awan, 2022) ศึกษาการสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชดาวรรณ์ กันหาชาติ (2557) พบว่า นักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง จากงานวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนั้นแล้วการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ดังงานวิจัยของ คมขำ บุ่งนาแซง และปริญญ์ ทนันชัยบุตร (2556) พบว่า เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) พบว่า นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 92.59 และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ วันทนา งาเนียม และพรสิริ เอี่ยมแก้ว (2561) พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

ประกอบกับการนำชุดทดสอบน้ำกระด้างมาใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอน โดยสอนตั้งแต่การคำนวณความเข้มข้น การเตรียมสารละลายไปจนถึงการสร้างชุดทดสอบน้ำกระกระด้างขึ้นมา ทำให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเองอย่างแท้จริง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จึงทำให้นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านทักษะการทดลองเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยทักษะการทดลองมีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยร้อยละ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) เท่ากับ 19 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.7 และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) เท่ากับ 84 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.8 ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพ์ขวัญ สังข์ทอง และปิยาภรณ์ พุ่มแก้ว (2563) ได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองเรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ พบว่า

นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าดัชนีประสิทธิผลของการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 74.11 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดปฏิบัติการทดลองโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เนอร์มาและคนอื่น ๆ (Nurma et al., 2020) พบว่า การสอนแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) สามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ข้อจำกัด

จากการวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบ น้ำกระด้าง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีข้อจำกัด ดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนมีข้อจำกัดด้านเวลา ซึ่งครูควรจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลา

2. การทำปฏิบัติการทดลองมีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์และสารเคมี ครูจึงให้จัดกลุ่มทำการทดลอง ซึ่งทำให้นักเรียนบางคนอาจจะไม่ได้ลงมือทำด้วยตนเองทุกขั้นตอน

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ครูควรศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และหน้าที่ของนักเรียนและครูเพื่อให้เกิดความเข้าใจในแต่ละขั้นตอนและสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูควรกำหนดเวลาให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน

3. ในการทำปฏิบัติการทดลอง พบว่า นักเรียนบางคนอาจจะไม่ได้ศึกษาวิธีการทดลองอย่างละเอียด ดังนั้นครูควรสาธิตก่อนให้นักเรียนได้ลงมือทำการทดลอง

4. การสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้าง พบว่า นักเรียนอยากทดสอบน้ำตัวอย่างหลายตัวอย่าง ดังนั้นครูควรเพิ่มช่องสำหรับการทดสอบกับน้ำตัวอย่างให้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับชุดทดสอบน้ำกระด้างในเนื้อหาวิชาเคมีที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับชุดทดสอบน้ำกระด้างเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนให้มากขึ้น

2. ควรมีการพัฒนาสื่อการสอนอื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มากขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กัลยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี. (2558). *การหาปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่างด้วยตาเปล่าโดยใช้วัสดุของแข็งดัดแปร*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่).

กนิษฐา ภูดวงจิตร และประเสริฐ เรือนนะการ. (2564). การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิค POE เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเรื่องการเคลื่อนที่และแรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *4*(8), 112 – 122.

คมขำ บุ่งนาแซง และปริญญ์ ทนันชัยบุตร. (2556). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องของชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es). *วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 8*(2), 112 – 120.

จรรยา โท๊ะนาบุตร. (2560). *รูปแบบการเรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ในศตวรรษที่ 21*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้งลำปาง).

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2557). การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. *วารสารสุทธิปริทัศน์, 28*(86), 352 – 364.

ทิศนา แขมมณี. (2557). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 17). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิพย์อุบล ทิพเลิศ. (2560). *การสอนทักษะกระบวนการวิทย์*. อุดรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปวีณวัสสา บำรุงอุดมรัชต์ และอัมพร วัจนะ. (2564). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนออนไลน์โดยใช้ Google Sites เรื่อง สมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 11*(1), 260 – 274.

พิมพ์ขวัญ สังข์ทอง และปิยาภรณ์ พุ่มแก้ว. (2563). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองเรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ, 14*(2), 12 – 28.

พิมพ์ลภัส บัวศรี. (2560). *การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม).

รัชดาวรรณ์ กันหาชาติ. (2557). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกโดยใช้การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต , สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี).

วันทนา งาเนียม และพรสิริ เอี่ยมแก้ว. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20*(4), 55 – 67.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม* 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2556). *วิธีการทางสถิติสาหรับการวิจัย.* (พิมพ์ครั้งที่ 6). ชลบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2553). *19 วิธีจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ.* กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 8*(2), 28 – 38.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.* กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 9 ระยอง. (2564). *ความกระด้างของน้ำ*. สืบค้นจาก http://www.dgr.go.th/bgr9/th/newsAll/305/4659

อรรจนา วิชาลัย และสุวัตร นานันท์. (2561). การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดร่วมกับการใช้แบบจำลองทางกายภาพ:ความเข้าใจมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การแตกตัวของกรดและเบส. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 1*(1), 74 – 85.

อุษณีย์ มณีรัตน์ และสุมาลี ชัยเจริญ. (2559). กรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*, *27*(1), 1 – 8.

Abid, Z., & Farkhunda, R. C. (2020). 5E instructional model: A constructivist model for teaching chemistry at higher secondary level. *Pakistan Journal of Educational Research, 3*(2), 16 – 32.

Ahmed, S. A. (2022). Effect of 5Es instructional model on achievement of secondary level students in physics. *Global Educational Studies Review*, *7*(1), 258 – 269.

BSCS. (1997). *Teacher's guide BSCS biology: A human approach*. Kendell/Hunt: Publishing Company.

Yuniarsih, N., Arfiani, Y, & Hayati, M. (2020). The effect of learning cycle 5E on global warming theme to encourage students' scientific process skills. *Jurnal Pena Sains, 7*(1), 60 – 67.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
2. หนังสือขออนุญาตทดลองเครื่องมือการวิจัย
3. หนังสือรับรองการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

1. นางสรัลชนา ก้างออนตา ครูชำนาญการ
   โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์
   อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

2. นายยุทธนา คำภีระ ครูชำนาญการ
   โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์
   อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

3. นางสาวสุภาพร เสมอ ครู
   โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 28
   อำเภอคำเขื่อนแก้ว จังหวัดยโสธร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

หนังสือขออนุญาตทดลองเครื่องมือการวิจัย

ที่ อว. ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/๔๗๒

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง
จ. เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตทดลองเครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นางสาวพิมพิไล ใจดี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา เขาดี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จึงขออนุญาตให้นักศึกษาทดลองเครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยกำหนดทดลองเครื่องมือในระหว่างวันที่ ๑ – ๒๑ มกราคม ๒๕๖๕ ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะประสานกับท่านโดยตรงต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐๙๗-๒๖๓-๙๑๘๑

หนังสือรับรองการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

COA No. 002/2023

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Institutional Review Board, Chiang Mai Rajabhat University
หนังสือรับรองการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
(Certificate of Approval)

การวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาเข้าข่ายการพิจารณาแบบยกเว้น และการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมายข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

This research has been considered as an exemption review and conducted in accordance with international ethical principles. As well as national laws, regulations and regulations. It is deemed appropriate to conduct research in accordance with this research proposal.

ชื่อโครงการ : ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

Study Title : Effects of the 5E Inquiry Learning Cycle with Water Hardness Test Kit to Enhance the Integrated Science Process Skills of Mathayomsuksa 4 Students

รหัสโครงการ (Project Code) : IRBCMRU 2023/002.04.01

หัวหน้าโครงการและผู้ร่วมวิจัย :

นางสาวพิมพิไล ใจดี	นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา เขาดี	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.พัชรนันท์ จันทร์พลอย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Head of the Project and Co-Researcher :

Miss Pimpilai Jaidee	Master of Science Students, Science Teaching Program, Graduate School, Chiang Mai Rajabhat University
Asst. Prof. Dr. Warangkana Khaodee	Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University
Dr. Patcharanan Chanploy	Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

(อาจารย์ ดร.อัครสิทธิ์ บุญส่งแท้)
(Dr. Akharasit Bunsongthae)
ประธานคณะกรรมการประจำจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chairman the Institutional Review Board, Chiang Mai Rajabhat University
วันที่ 8 มกราคม 2566
January 8, 2023

หมายเลขรับรอง (Certificate Number) : IRBCMRU 2023/002.04.01

วันที่ให้การรับรอง : 8 มกราคม 2566 วันหมดอายุใบรับรอง : 7 มกราคม 2567
Date of Approval : January 8, 2023 Expiration Date : January 7, 2024

ชื่อโครงการ : ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

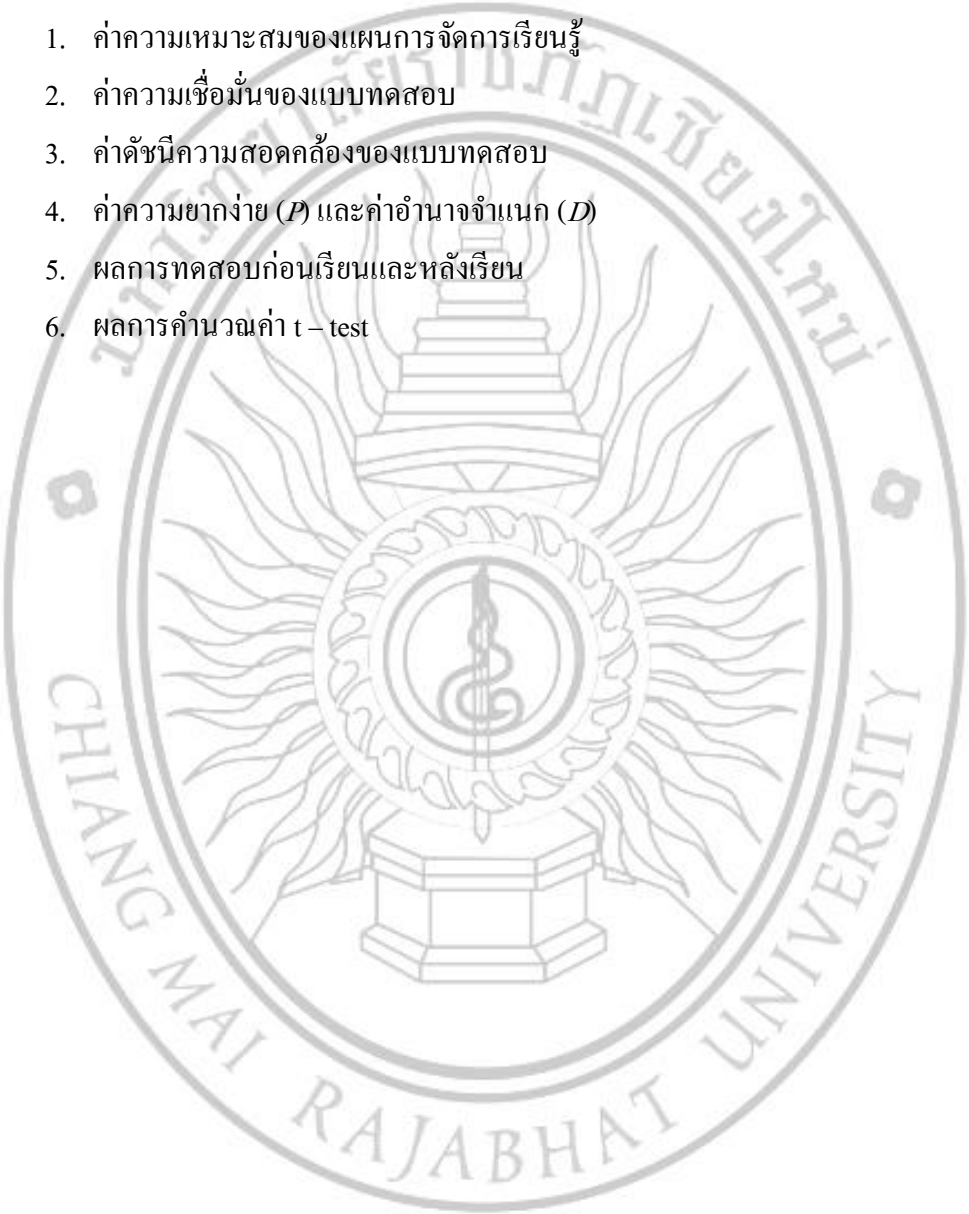
ข้อคิดเห็นคณะกรรมการ :

ในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลา (ชั่วโมง) และน้ำหนักคะแนนที่ใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 นั้นได้มาซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างอื่นได้เป็นอย่างดี การชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบถึงแผนการเรียนรู้จึงมีความจำเป็นอย่างมากซึ่งในการวิจัยนี้ได้มีการดำเนินงานตามที่กล่าวถึงได้ดี และผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยนี้นั้นจะส่งผลให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวสามารถระบุถึงความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการเรียนในหน่วยการเรียนรู้ดังกล่าวได้อีกด้วย

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
2. ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
3. ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบ
4. ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*)
5. ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
6. ผลการคำนวณค่า t – test



ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
ที่ใช้ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ ข-1 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วนและส่วนในพันล้านส่วน

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{x}$	SD	การแปลความหมายของระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. มาตรฐาน / ผลการเรียนรู้						
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5.00	0	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
2. สาระสำคัญ						
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5.00	0	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
3.3 ข้อความที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
4.1 เรียงลำดับได้เหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้						
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลา	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{x}$	SD	การแปลความหมายของระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
6. การวัดและประเมินผล						
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	5	4	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
เฉลี่ย	4.6	4.5	4.7	4.58	0.42	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-2 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย ในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{x}$	SD	การแปลความหมายของระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. มาตรฐาน/ผลการเรียนรู้						
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2. สาระสำคัญ						
2.1 ความถูกต้อง	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้	5	4	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 ข้อความที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
4.1 เรียงลำดับได้เหมาะสม	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้						
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลา	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล						
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
เฉลี่ย	4.5	4.3	4.8	4.51	0.42	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-3 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{x}$	SD	การแปลความหมายของระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. มาตรฐาน/ผลการเรียนรู้						
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	4	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
2. สาระสำคัญ						
2.1 ความถูกต้อง	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 ข้อความที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
4.1 เรียงลำดับได้เหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
4.2 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่สอน	3	4	4	3.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้						
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลา	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล						
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
เฉลี่ย	4.5	4.4	4.5	4.49	0.46	เหมาะสมมาก

ตารางที่ ข-4 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{x}$	SD	การแปลความหมายของระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. มาตรฐาน/ผลการเรียนรู้						
1.1 ความถูกต้อง	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
2. สาระสำคัญ						
2.1 ความถูกต้อง	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 ข้อความที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
4.1 เรียงลำดับได้เหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
4.2 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้						
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
5.3 ช่วยประหยัดเวลา	5	5	5	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล						
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย	4.6	4.5	4.5	4.56	0.50	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-5 การประเมินระดับค่าความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้าง

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{x}$	SD	การแปลความหมายของระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. มาตรฐาน/ผลการเรียนรู้						
1.1 ความถูกต้อง	5	4	4	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2. สาระสำคัญ						
2.1 ความถูกต้อง	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
3.3 ข้อความที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
4.1 เรียงลำดับได้เหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4.2 กิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้						
5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 เร้าความสนใจของนักเรียน	5	4	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 ช่วยประหยัดเวลา	4	4	4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
6. การวัดและประเมินผล						
6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	5	5	4	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย	4.6	4.4	4.7	4.58	0.54	เหมาะสมมากที่สุด

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ของโลเวท (Lovett)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\Sigma x_i - \Sigma x_i{}^2}{(k-1)\Sigma(X_i - c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

x_i แทน คะแนนของผู้สอบแต่ละคน

k แทน จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

c แทน คะแนนจุดตัดซึ่งคิดจากร้อยละ70 ของคะแนนเต็ม

$$r_{cc}=1-\frac{(30)(471)-(11087)}{(30-1)(1889)}$$

$$r_{cc}=1-\frac{3043}{54781}$$

$$r_{cc}=1-0.0555484565816$$

$$r_{cc}=0.944451543418$$

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับจุดประสงค์ / พฤติกรรมชี้วัด

ตารางที่ ข-6 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับจุดประสงค์ / พฤติกรรมชี้วัด

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		($\sum$R/N)
1	1	0	1	2	0.67
2	1	1	1	3	1.00
3	1	1	0	2	0.67
4	0	1	1	2	0.67
5	1	1	1	3	1.00
6	1	1	1	3	1.00
7	1	1	1	3	1.00
8	1	1	1	3	1.00
9	1	1	1	3	1.00
10	1	0	1	2	0.67
11	0	1	1	2	0.67
12	1	1	1	3	1.00
13	1	0	1	2	0.67
14	1	1	1	3	1.00
15	1	1	1	3	1.00
16	1	1	1	3	1.00
17	1	1	1	3	1.00
18	1	1	1	3	1.00
19	1	1	1	3	1.00
20	1	1	1	3	1.00
21	1	1	1	3	1.00
22	0	1	1	2	0.67

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		($\sum$R/N)
23	1	1	1	3	1.00
24	1	1	1	3	1.00
25	1	1	1	3	1.00
26	1	1	1	3	1.00
27	1	1	1	3	1.00
28	1	1	1	3	1.00
29	1	1	1	3	1.00
30	1	1	1	3	1.00
31	1	0	1	2	0.67
32	1	1	0	2	0.67
33	0	1	1	2	0.67
34	1	1	1	3	1.00
35	1	1	1	3	1.00
36	0	1	1	2	0.67
37	1	1	1	3	1.00
38	1	1	1	3	1.00
39	1	0	1	2	0.67
40	1	1	1	3	1.00

* หมายเหตุ การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับจุดประสงค์ / พฤติกรรมชี้วัด แบบทดสอบจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป

จากผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับจุดประสงค์ / พฤติกรรมชี้วัด พบว่าข้อสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ตารางที่ ข-7 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *D*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.6	0.7	ใช้ได้	1	21	0.6	0.6	ใช้ได้	19
2	0.7	0.6	ใช้ได้	2	22	0.6	0.6	ใช้ได้	20
3	0.4	0.3	ใช้ได้	3	23	0.6	0.7	ใช้ได้	21
4	0.7	0.6	ใช้ได้	4	24	0.7	0.0	ใช้ไม่ได้	-
5	0.6	0.6	ใช้ได้	5	25	0.8	0.4	ใช้ได้	22
6	0.5	0.4	ใช้ได้	6	26	0.4	0.7	ใช้ได้	23
7	0.6	0.6	ใช้ได้	7	27	0.6	0.6	ใช้ได้	24
8	0.4	0.7	ใช้ได้	8	28	0.4	0.0	ใช้ไม่ได้	-
9	0.5	0.7	ใช้ได้	9	29	0.4	0.4	ใช้ได้	-
10	0.3	0.3	ใช้ได้	10	30	0.6	0.9	ใช้ได้	25
11	0.3	0.6	ใช้ได้	11	31	0.6	0.9	ใช้ได้	26
12	0.6	0.7	ใช้ได้	12	32	0.5	0.7	ใช้ได้	-
13	0.1	0.3	ใช้ไม่ได้	-	33	0.6	0.7	ใช้ได้	-
14	0.6	0.9	ใช้ได้	13	34	0.6	0.7	ใช้ได้	-
15	0.5	0.4	ใช้ได้	14	35	0.5	0.7	ใช้ได้	27
16	0.2	0.1	ใช้ไม่ได้	-	36	0.4	0.3	ใช้ได้	28
17	0.4	0.6	ใช้ได้	15	37	0.6	0.6	ใช้ได้	29
18	0.5	0.4	ใช้ได้	16	38	0.4	0.6	ใช้ได้	30
19	0.4	0.3	ใช้ได้	17	39	0.3	0.0	ใช้ไม่ได้	-
20	0.7	0.6	ใช้ได้	18	40	0.2	0.1	ใช้ไม่ได้	-

ตารางที่ ข-8 ค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*D*) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*P*)	ค่าอำนาจจำแนก (*D*)
1	0.6	0.7
2	0.7	0.6
3	0.4	0.3
4	0.7	0.6
5	0.6	0.6
6	0.5	0.4
7	0.6	0.6
8	0.4	0.7
9	0.5	0.7
10	0.3	0.3
11	0.3	0.6
12	0.6	0.7
13	0.6	0.9
14	0.5	0.4
15	0.4	0.6
16	0.5	0.4
17	0.4	0.3
18	0.7	0.6
19	0.6	0.6
20	0.6	0.6
21	0.6	0.7
22	0.8	0.4
23	0.4	0.7
24	0.6	0.6
25	0.6	0.9

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (*P*)	ค่าอำนาจจำแนก (*D*)
26	0.6	0.9
27	0.5	0.7
28	0.4	0.3
29	0.6	0.6
30	0.4	0.6

หมายเหตุ ข้อสอบที่เลือกใช้จำนวน 30 ข้อ มีลักษณะอดังนี้

1. ค่าความยากง่าย (*P*) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.3 – 0.8
2. ค่าอำนาจจำแนก (*D*) มีค่าตั้งแต่ 0.3 – 0.9
3. ค่าความเชื่อมันเท่ากับ 0.94

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยการจัดการเรียนรู้
แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง
(คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

ตารางที่ ข-9 ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	8	24	16	10	24
2	10	23	17	11	27
3	10	25	18	9	25
4	7	23	19	10	23
5	8	25	20	9	24
6	9	24	21	11	25
7	10	25	22	8	26
8	7	23	23	7	24
9	9	24	24	11	26
10	9	25	25	7	23
11	8	23	26	10	25
12	6	25	27	12	26
13	9	26	28	10	23
14	10	24	29	8	26
15	9	26	30	9	24
			$\bar{X}$	**9.03**	**24.53**
			SD.	**1.43**	**1.17**

ผลการคำนวณค่า t – test

ตารางที่ ข-10 ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง โดยทดสอบแบบทีสองกลุ่มที่ไม่ได้เป็นอิสระจากกัน (Dependent Sample t – test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest	24.53	30	1.167	.213
	Pretest	9.03	30	1.426	.260

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Posttest & Pretest	30	.341	.065

Paired Samples Test

		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Posttest – Pretest	15.500	1.503	.274

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest – Pretest	14.939	16.061	56.490	29	.000

ตารางที่ ข-11 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pretest	2.1333	30	.81931	.14958
	posttest	6.5000	30	.77682	.14183

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pretest & posttest	30	.271	.148

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest - Pretest	4.72674	4.00659	24.803	29	.000

ตารางที่ ข-12 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pretest	2.2667	30	.98027	.17897
	posttest	4.8333	30	.87428	.15962

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pretest & posttest	30	-.188	.320

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest - Pretest	3.10093	2.03241	9.826	29	.000

ตารางที่ ข-13 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pretest	1.6667	30	.95893	.17508
	posttest	5.8000	30	.76112	.13896

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pretest & posttest	30	.378	.039

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest - Pretest	4.49673	3.76993	23.263	29	.000

ตารางที่ ข-14 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการทดลอง ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pretest	.9333	30	.73968	.13505
	posttest	4.2000	30	.76112	.13896

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pretest & posttest	30	-.404	.027

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest - Pretest	3.73627	2.79706	14.227	29	.000

ตารางที่ ข-15 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pretest	1.9667	30	1.12903	.20613
	posttest	3.2000	30	.76112	.13896

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pretest & posttest	30	-.032	.866

Paired Samples Test

		Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	Upper			
Pair 1	Posttest – Pretest	1.74928	.71738	4.889	29	.000

ตารางที่ ข-16 ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One Sample t – test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2

One – Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	30	24.53	1.167	.213

One – Sample Test

	Test Value = 21					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Posttest	16.589	29	.000	3.533	3.10	3.97

ตารางที่ ข-17 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

One – Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
posttest	30	6.5000	.77682	.14183

One – Sample Test

	Test Value = 5.6					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
posttest	6.346	29	.000	.90000	.6099	1.1901

ตารางที่ ข-18 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

One – Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
posttest	30	4.8333	.87428	.15962

One – Sample Test

	Test Value = 4.2					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
posttest	3.968	29	.000	.63333	.3069	.9598

ตารางที่ ข-19 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

One – Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
posttest	30	5.8000	.76112	.13896

One – Sample Test

	Test Value = 4.9					
				Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Difference	Lower	Upper
posttest	6.477	29	.000	.90000	.6158	1.1842

ตารางที่ ข-20 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการทดลอง ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

One – Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
posttest	30	4.2000	.76112	.13896

One – Sample Test

	Test Value = 3.5					
				Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Difference	Lower	Upper
posttest	5.037	29	.000	.70000	.4158	.9842

ตารางที่ ข-21 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

One – Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
posttest	30	3.2000	.76112	.13896

One – Sample Test

	Test Value = 2.8					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
posttest	2.878	29	.007	.40000	.1158	.6842

ภาคผนวก ค

รูปภาพประกอบผลการดำเนินงาน

ภาพที่ ค-1 : การทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1

ภาพที่ ค-2 : การทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

ภาพที่ ค-3 : การจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

ภาพที่ ค-4 : การจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

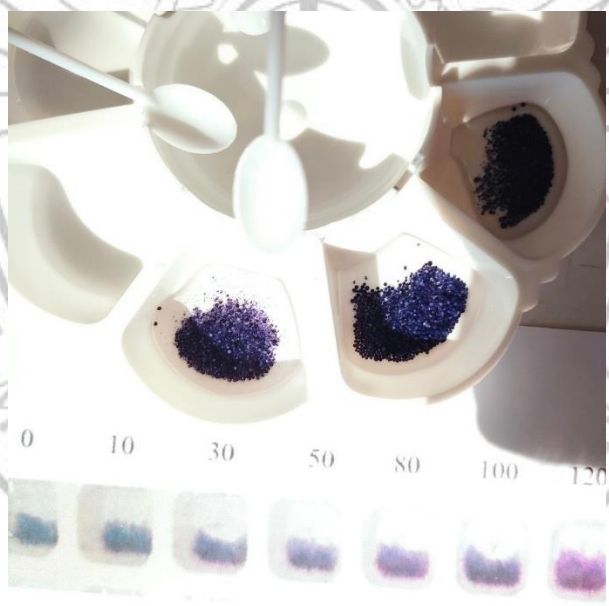
ภาพที่ ค-5 : การจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

ภาพที่ ค-6 : การจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

ภาพที่ ค-7 : การออกแบบและสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

ภาพที่ ค-8 : การออกแบบและสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

ภาพที่ ค-9 : การทดสอบน้ำกระด้างโดยใช้ชุดทดสอบที่สร้างขึ้นเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1



ภาพที่ ค-10 : การทดสอบน้ำกระด้างโดยใช้ชุดทดสอบที่สร้างขึ้นเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา เคมี 2 (ว30223) **ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4/1**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย **เวลา 15 ชั่วโมง**

เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วน **เวลา 3 ชั่วโมง**

ครูผู้สอน นางสาวพิมพิไล ใจดี **ภาคเรียนที่ 2/2565**

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์**

---

1. **มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้**

   มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

   ผลการเรียนรู้ 5. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ได้

2. **สาระสำคัญ**

   สารที่พบในชีวิตประจำวันจำนวนมากอยู่ในรูปของสารละลาย การบอกปริมาณของสารในสารละลายสามารถบอกเป็นความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

3. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

   3.1 ด้านความรู้ (Knowledge)

   3.1.1 อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วนได้

   3.2 ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

   3.2.1 คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วนได้

   3.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

   3.3.1. นักเรียนมีวินัยความรับผิดชอบ

   3.3.2. นักเรียนใฝ่เรียนรู้

   3.3.3. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหา

4.2 ความสามารถในการคิด

5. ชิ้นงาน/ภาระชิ้นงาน

5.1 ใบงานที่ 1 เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้/วิธีการสอนที่ใช้ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

6.1 ขั้นสร้างความสนใจ (30 นาที)

6.1.1 ครูเตรียมแก้วน้ำเปล่ามีปริมาตรเท่ากันแต่แก้วที่ 1 เป็นน้ำเปล่า แก้วที่ 2 ผสมเกลือ 10 กรัม แก้วที่ 3 ผสมเกลือ 30 กรัม และวางไว้หน้าห้อง แล้วตั้งคำถามกับนักเรียนดังนี้

- เกลือและน้ำมีสถานะอะไร (แนวตอบ ของแข็งและของเหลว)
- ถ้านำเกลือใส่ลงไปในแก้วน้ำจะเกิดอะไรขึ้น (แนวตอบ เกลือละลาย)
- เราจะเรียกน้ำเกลือว่าสารละลายและเป็นสารเนื้อเดียว แล้วเกลือ และ น้ำเปล่าสิ่งไหนเป็นตัวละลายและตัวทำละลาย (แนวตอบ เกลือเป็นตัวละลาย น้ำเปล่าเป็นตัวทำละลาย)

6.1.2. ครูขอตัวแทน 2 คน มาชิมน้ำ 3 แก้ว แล้วบอกความแตกต่างให้เพื่อนฟัง และถามนักเรียนต่อว่าทำไมถึงเค็มไม่เท่ากัน (แนวตอบ เพราะใส่เกลือลงไปไม่เท่ากัน) การที่น้ำมีความเค็มต่างกัน เพราะมีความเข้มข้นต่างกัน วันนี้เราจะมีเรียนเรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

6.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (30 นาที)

6.2.1 **สารละลาย** เป็นสารเนื้อเดียว เตรียมได้จากการผสมสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกัน สำหรับสารละลายที่ตัวทำละลายและตัวละลายมีสถานะเดียวกัน จะถือว่าสารที่มีปริมาณมากกว่าเป็นตัวทำละลาย แต่ถ้าสถานะต่างกัน สารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายจัดเป็นตัวทำละลาย เหมือนน้ำเกลือตอนต้นคาบ เกลือเป็นตัวละลาย และน้ำเป็นตัวทำละลาย

6.2.2 ครูอธิบายว่า ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหรือในสารละลายนั้น การบอกความเข้มข้นของสารละลายบอกได้ทั้งหมด 5 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1.ร้อยละหรือส่วนในร้อยส่วน (parts per hundred อักษรย่อ pph) แบ่งได้เป็น

ก.ร้อยละโดยมวล (มวล/มวล) หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวล หมายความว่า สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100 กรัม มีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่ 5 กรัม และมีน้ำ 95กรัม เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวลของ A} = \frac{\text{มวลของ A (หน่วยมวล)}}{\text{มวลของสารละลาย (หน่วยมวล)}} \times 100$$

ข.ร้อยละโดยปริมาตร (ปริมาตร/ปริมาตร) หมายถึง ปริมาตรของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตรเดียวกัน เช่นสารละลายเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร หมายความว่า สารละลายเมทานอล 100 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีเมทานอลบริสุทธิ์ 10 ลูกบาศก์เดซิเมตร เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตรของ A} = \frac{\text{ปริมาตรของ A (หน่วยปริมาตร)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (หน่วยปริมาตร)}} \times 100$$

ค. ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (มวล/ปริมาตร) หมายถึง มวลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยที่หน่วยของมวลและปริมาตรต้องสอดคล้องกัน เช่น สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตละลายอยู่ 10 กรัม

$$\text{ร้อยละโดยมวล/ปริมาตรของ A} = \frac{\text{มวลของ A (หน่วยมวล)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (หน่วยปริมาตร)}} \times 100$$

ครูยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับความเข้มข้นหน่วยร้อยละ ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 สารละลายซึ่งประกอบด้วยกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) จำนวน 100 g ในน้ำ 200 g มีความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวลเป็นเท่าไร

มวลของสารละลาย = มวลของกลูโคส + มวลของน้ำ

= 100 g + 200 g

= 300 g

$$\text{ร้อยละโดยมวลของกลูโคส} = \frac{\text{มวลของกลูโคส}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 100$$

$$= \frac{100 \text{ g } C_6H_{12}O_6}{300 \text{ g สารละลาย}} \times 100$$

= 33.3

∴ สารละลายกลูโคส เข้มข้นร้อยละ 33.33 โดยมวล

ตัวอย่างที่ 2 จงหาร้อยละโดยปริมาตรของสารละลายอะซิโทนในน้ำ ปริมาตร 15.5 dm^3 ประกอบด้วยอะซิโทน 10.00 g ความหนาแน่นอะซิโทน 0.789 g / ml

ปริมาตรอะซิโทน = 10.00 x (1 ml / 0.789 g)

= 12.67 ml

ปริมาตรของสารละลายอะซิโทนในน้ำ = 15.5 dm^3 x (1000 ml / 1 dm^3)

= 15,500 ml

ร้อยละโดยปริมาตรของสารละลายอะซิโทน = (12.67 ml / 15,500 ml) x 100 ml

= 0.08

∴ ในน้ำมีอะซิโทนอยู่ร้อยละ 0.08 โดยปริมาตร

6.3 อธิบาย และลงข้อสรุป (80 นาที)

6.3.1 ครูอธิบายต่อ

วิธีที่ 2. ส่วนในล้านส่วน (parts per million อักษรย่อ ppm) และส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion อักษรย่อ ppb)

เป็นหน่วยที่บอกปริมาตรตัวละลายเป็นมวลหรือปริมาตรที่ละลายในสารละลาย 1 ล้านหน่วย และ 1 พันล้านหน่วย ตามลำดับ เช่น ในแหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีปริมาณ $CaCO_3$ 0.1 ppm หมายความว่า น้ำในแหล่งน้ำนั้น 1 ล้านกรัมมีมีปริมาณ $CaCO_3$ 0.1 ส่วนในล้านส่วนโดยมวล

$$ppm = \frac{\text{มวลหรือปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^6$$

$$ppb = \frac{\text{มวลหรือปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^9$$

ในกรณีที่สารละลายเจือจางมาก มวลของตัวละลายมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับมวลของตัวทำละลาย ทำให้มวลของสารละลายมีค่าใกล้เคียงกับมวลของตัวทำละลายจนถือว่าเท่ากัน เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$ppm = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของตัวทำละลาย}} \times 10^6$$

$$ppb = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของตัวทำละลาย}} \times 10^9$$

ตัวอย่างที่ 3 ในน้ำ 100 cm^3 มีแคลเซียมคาร์บอเนต($CaCO_3$) จำนวน 3.30×10^{-5} cm^3 ความเข้มข้นเป็นเท่าใดในหน่วยส่วนในล้านส่วน (ppm)

$$\text{ppb ของ } N_2O = \frac{\text{ปริมาตร CaCO3}}{\text{ปริมาตรน้ำ}} \times 10^6$$

$$= \frac{3.30 \times 10^{-5}\ cm^3}{100} \times 10^6$$

$$= 0.330$$

$\therefore$ ในน้ำมี $CaCO_3$ อยู่ 0.330 ส่วนในพันล้านส่วน

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและซักถามข้อสงสัยพร้อมสรุปเรื่องที่ได้เรียนในวันนี้ และสรุปสูตรให้ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวลของ A} = \frac{\text{มวลของ A (หน่วยมวล)}}{\text{มวลของสารละลาย (หน่วยมวล)}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตรของ A} = \frac{\text{ปริมาตรของ A (หน่วยปริมาตร)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (หน่วยปริมาตร)}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละโดยมวล/ปริมาตรของ A} = \frac{\text{มวลของ A (หน่วยมวล)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (หน่วยปริมาตร)}} \times 100$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{มวลหรือปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^6$$

$$\text{ppb} = \frac{\text{มวลหรือปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^9$$

6.4 ขยายความรู้ (30 นาที)

6.4.1 ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 1

6.5 ประเมินผล ประเมินจากสิ่งต่อไปนี้ (10 นาที)

6.5.1 ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมามีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

7. แหล่ง/สื่อการเรียนรู้

7.1 หนังสือเรียนเคมี ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย

7.2 Power point เรื่อง สารละลาย

7.3 ใบงานที่ 1

8. เกณฑ์การประเมิน

สิ่งที่จะประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่าน
ด้านความรู้ (Knowledge) อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วนได้	ตรวจจากการตอบคำถามในชั้นเรียน	แบบประเมินการตอบคำถามในชั้นเรียน	ระดับคุณภาพ ดี ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (Process) คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วนได้	ตรวจจากใบงานเรื่อง ร้อยละ	แบบประเมินใบงานเรื่อง ร้อยละ	คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) ความมีวินัยความรับผิดชอบใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน	ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ ดี ผ่านเกณฑ์
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาความสามารถในการคิด	ประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	ระดับคุณภาพ ดี ผ่านเกณฑ์

ใบงานที่ 1
ความเข้มข้นของสารละลาย

1. น้ำกลั่น 0.10 kg มีน้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) ละลายอยู่ 13.50 กรัม สารละลายจะมีความเข้มข้นเท่าใดในหน่วยร้อยละโดยมวล

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

2. น้ำยาฟอกขาวชนิดหนึ่งมีความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ร้อยละ 3.62 โดยมวล ถ้าน้ำยาชนิดนี้มีน้ำหนัก 2,500 กรัม จะมี NaOCl ละลายอยู่กี่กรัม

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

3. จงหาความเข้มข้นร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ของน้ำเชื่อม ปริมาตร 300 cm^3 ที่มีน้ำตาลละลายอยู่ 45 g

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

4. โซดาซักผ้า (Na_2CO_3) หนัก 18.00 กรัม นำไปละลายน้ำจนได้สารละลาย 85 cm^3 สารละลายจะมีความเข้มข้นเท่าไรเมื่อคิดเป็นร้อยละโดยมวล/ปริมาตร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. น้ำทะเล 1.00 กิโลกรัม มี Ca^{2+} ละลายอยู่ 0.412 กรัม ความเข้มข้นของ Ca^{2+} เป็นกี่ ppm

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ทำการวิเคราะห์น้ำดื่มยี่ห้อหนึ่ง พบว่ามี $CaCO_3$ อยู่ในปริมาณ 0.05 mg ในน้ำ 250 ml ในน้ำดื่มนี้มี $CaCO_3$ อยู่กี่ ppm

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. น้ำจากโรงงานแห่งหนึ่ง 120 ml พบ Ca^{2+} 0.005 mg ในน้ำนี้มี Ca^{2+} อยู่กี่ส่วนในพันล้านส่วน

.....

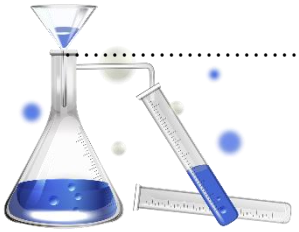
.....

.....

.....

.....

.....



8. เนื้อปลา 0.5 kg พบปรอทอยู่ 0.1 mg เนื้อปลานี้มีปรอทปนเปื้อนอยู่กี่ส่วนในพันล้านส่วน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. น้ำตัวอย่างจากแหล่งน้ำแห่งหนึ่ง จากการวิเคราะห์พบว่ามีแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ปนเปื้อนอยู่ร้อยละ 2×10^{-4} โดยมวล

9.1. จงคำนวณหาความเข้มข้นในหน่วย ppm

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9.2. จงคำนวณหาความเข้มข้นในหน่วย ppb

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา เคมี 2 (ว30223) **ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4/1**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย **เวลา 15 ชั่วโมง**

เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย (ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล) **เวลา 3 ชั่วโมง**

ครูผู้สอน นางสาวพิมพิไล ใจดี **ภาคเรียนที่ 2/2565**

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้ 5. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ได้

2. **สาระสำคัญ**

สารที่พบในชีวิตประจำวันจำนวนมากอยู่ในรูปของสารละลาย การบอกปริมาณของสารในสารละลายสามารถบอกเป็นความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ (Knowledge)

1.1.1 อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมลได้

1.2 ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

1.2.1 คำนวณหาความเข้มข้นของของสารละลายในหน่วยส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมลได้

1.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

3.3.1. นักเรียนมีวินัยความรับผิดชอบ

3.3.2. นักเรียนใฝ่เรียนรู้

3.3.3. นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน

2. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

2.1 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

3. ชิ้นงาน/ภาระชิ้นงาน

3.1 ใบงานที่ 2 เรื่องสารละลาย

4. กิจกรรมการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้/วิธีการสอนที่ใช้ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

4.1 ขั้นสร้างความสนใจ (30 นาที)

4.1.1 ครูกล่าวทักทายนักเรียน

4.1.2 ครูทบทวนความรู้เรื่อง ความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวล ร้อยละโดยปริมาตร และร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ส่วนในล้านส่วนและส่วนในพันล้านส่วน โดยสุ่มตัวแทนนักเรียนมาอธิบายความหมายของความเข้มข้นในหน่วยต่าง ๆ หน้าชั้นเรียน

4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (30 นาที)

4.2.1 ครูอธิบายเรื่องวิธีการบอกความเข้มข้นต่อ

วิธีที่ 3. โมลาริตี หรือเรียกว่า ความเข้มข้นเป็นโมลาร์ ใช้สัญลักษณ์ M หมายถึง จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 1 ลิตร จึงมีหน่วยโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หรือโมลต่อลิตร เช่นสารละลายกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.1 โมลาร์หมายความว่า สารละลายกรดแอสคอร์บิก 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 1 ลิตร มีกรดแอสคอร์บิกละลายอยู่ 0.1 โมล เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{โมลาริตี (M)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย(L)}}$$

วิธีที่ 4. โมแลลิตี หรือเรียกว่า โมแลล ใช้สัญลักษณ์ m หมายถึง จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม มีหน่วยเป็นโมลต่อกิโลกรัม เช่นสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.5 โมแลล หมายความว่า มีโซเดียมคาร์บอเนต 0.5 โมล ละลายในน้ำ 1 กิโลกรัม เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{โมแลริตี (m)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย(kg)}}$$

วิธีที่ 5.เศษส่วนโมล ใช้สัญลักษณ์ X โดยเศษส่วนโมลของสารใดในสารละลาย หมายถึง อัตราส่วนจำนวนโมลของสารนั้นต่อจำนวนโมลรวมของสารทั้งหมดในสารละลาย เช่นสารละลายชนิดหนึ่งประกอบด้วยสาร A a โมล สาร B b โมล และสาร C c โมล เศษส่วนโมลของ A B และ C เป็นดังนี้

$$\text{เศษส่วนโมลของ A } (X_A) = \frac{a}{(a+b+c)}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของ B } (X_B) = \frac{b}{(a+b+c)}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของ C } (X_C) = \frac{c}{(a+b+c)}$$

และถ้านำเศษส่วนโมลมารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ ดังนี้ $X_A+X_B+X_C = 1$ หรือนำเศษส่วนโมลของแต่ละสารมาคูณด้วย 100 จะได้ความเข้มข้นของสารนั้นในหน่วยร้อยละโดยโมล ดังนี้

ร้อยละโดยโมลของ A = X_A x 100

ร้อยละโดยโมลของ B = X_B x 100

ร้อยละโดยโมลของ C = X_C x 100

ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในหัวข้อส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วน

4.3 อธิบาย และลงข้อสรุป (80 นาที)

4.3.1 ครูแสดงการคำนวณโมลาริตีตามตัวอย่าง 1 และโมแลลิตีตามตัวอย่าง 2 จากนั้นครูให้นักเรียนตอบคำถามจากตัวอย่างคำถามที่กำหนดให้ แล้วเฉลยคำตอบร่วมกัน

ตัวอย่างที่ 1 กรดแอสคอร์บิก 0.2 mol ละลายในน้ำ 100 ml สารละลายกรดแอสคอร์บิกมีความเข้มข้นกี่โมลาร์ (M)

$$\text{โมลาริตี (M)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย(L)}}$$

$$= \frac{0.2 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}}$$

$$= 2 \text{ mol/L}$$

ดังนั้น สารละลายกรดแอสคอร์บิกมีความเข้มข้น 2 M

ตัวอย่างที่ 2 กรดซัลฟิวริก 12 g ละลายในน้ำ 220 g สารละลายนี้มีความเข้มข้นกี่โมแลล (m)

$$\text{โมแลริตี (m)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย(kg)}}$$

$$= \frac{12 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}}$$

$$= \frac{0.12 \text{ mol}}{220 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}$$

$$= 0.5 \text{ mol/kg}$$

ดังนั้น สารละลายกรดซัลฟิวริกมีความเข้มข้น 0.5 m

ตัวอย่างคำถาม

จงเติมข้อมูลที่เกี่ยวกับสารละลาย A ในน้ำลงในตารางที่กำหนดให้ต่อไปนี้ (มวลต่อโมลของ A เท่ากับ 40 กรัมต่อโมล และความหนาแน่นของสารละลายเท่ากับ 1.2 กรัมต่อมิลลิลิตร)

มวลของ A (g)	ปริมาตรของสารละลาย (mL)	โมลของ A (mol)	โมลาริตี (M)	โมแลลิตี (m)
20	250			

แนวคำตอบ

มวลของ A (g)	ปริมาตรของสารละลาย (mL)	โมลของ A (mol)	โมลาริตี (M)	โมแลลิตี (m)
20	250	0.50	2.0	1.8

4.3.2 ครูอธิบายและแสดงการคำนวณเศษส่วนโมลตามตัวอย่าง 3 และให้นักเรียนตอบคำถาม แล้วเฉลยคำตอบร่วมกัน

ตัวอย่างที่ 3 ที่อุณภูมิ 25 $^{\circ}$C เมื่อนำเอทานอล (CH_3CH_2OH) 10.0 g ละลายในน้ำ 200 mL จงคำนวณหาเศษส่วนโมลของเอทานอลในสารละลาย

$$\text{โมลของเอทานอล} = \frac{10 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}}$$

$$= 0.22 \text{ mol}$$

$$\text{โมลของน้ำ} = \frac{200 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}}$$

$$= 11.11 \text{ mol}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของเอทานอล} = \frac{\text{โมลเอทานอล}}{(\text{โมลเอทานอล} + \text{โมลน้ำ})}$$

$$= \frac{0.22}{(0.22+11.11)}$$

$$= 0.019$$

ดังนั้น เศษส่วนโมลของเอทานอลเท่ากับ 0.019

ตัวอย่างคำถาม

จงเติมข้อมูลที่เกี่ยวกับสารละลายกลูโคสในน้ำลงในตารางที่กำหนดให้ต่อไปนี้ (มวลต่อโมลของกลูโคสและน้ำเท่ากับ 180.18 และ 18.02 กรัมต่อโมล ตามลำดับ)

มวลของน้ำ (g)	มวลของกลูโคส (g)	โมลของน้ำ	โมลของกลูโคส	เศษส่วนโมลของกลูโคส	ร้อยละโดยโมลของกลูโคส
100.0	20.0				

แนวคำตอบ

มวลของน้ำ (g)	มวลของกลูโคส (g)	โมลของน้ำ	โมลของกลูโคส	เศษส่วนโมลของกลูโคส	ร้อยละโดยโมลของกลูโคส
100.0	20.0	5.549	0.111	0.0196	1.96

4.3.3 ครูและนักเรียนร่วมกันทำโจทย์ในชุดฝึกทักษะ ในหัวข้อโมลาร์ โมแลล และเศษส่วนโมล

4.4 ขยายความรู้ (30 นาที)

4.4.1 ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 2 เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย

4.5 ประเมินผล ประเมินจากสิ่งต่อไปนี้ (10 นาที)

4.5.1 ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมามีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

5. แหล่ง/สื่อการเรียนรู้

5.1 หนังสือเรียนเคมี ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย

CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

6. เกณฑ์การประเมิน

สิ่งที่จะประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่าน
ด้านความรู้ (Knowledge) อธิบายความหมายของหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมลได้	ตรวจจากการตอบคำถามในชั้นเรียน	แบบประเมินการตอบคำถามในชั้นเรียน	ระดับคุณภาพดี ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (Process) คำนวณหาความเข้มข้นของของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมลได้	ใบงานที่ 2 เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย	แบบประเมินใบงาน	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) มีวินัยความรับผิดชอบ ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน	ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพดี
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	ประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	ระดับคุณภาพดี

ใบงานที่ 2
เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย

1. สารละลายกรดแอสคอร์บิก 0.1 M ปริมาตร 100 ml จะมีกรดแอสคอร์บิกอยู่กี่โมล

……

……

……

……

……

……

2. สารละลายบอแรกซ์ ปริมาตร 200 ml มีบอแรกซ์อยู่ 0.02 mol สารละลายนี้มีความเข้มข้นเท่าใดในหน่วยโมลาร์ (M)

……

……

……

……

……

……

3. อีริโอโครม แบล็คที (EBT) 0.25 mol ละลายในเอทานอล 500 ml สารละลายนี้มีความเข้มข้นกี่โมลาร์ (M)

……

……

……

……

……

……

……

4. เตรียมสารละลาย NaCl โดยใช้ NaCl จำนวน 58.44 g ละลายในน้ำกลั่น 2000 ml สารละลาย NaCl มีความเข้มข้นกี่โมแลล

……

……

……

……

……

……

……

……

……

5. ต้องการเตรียมสารละลาย KBr โดยใช้ KBr จำนวน 25 g ละลายในน้ำกลั่น750 ml สารละลาย KBr มีความเข้มข้นกี่โมแลล

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ชื่อ-สกุล…… ชั้น…… เลขที่……

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา เคมี 2 (ว30223) **ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4/1**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย **เวลา 15 ชั่วโมง**

เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ **เวลา 3 ชั่วโมง**

ครูผู้สอน นางสาวพิมพิไล ใจดี **ภาคเรียนที่ 2/2565**

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด

2. สาระสำคัญ

การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด ทำได้โดยการละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ในตัวทำละลาย หรือนำสารละลายที่มีความเข้มข้นมาเจือจางด้วยตัวทำละลาย โดยปริมาณของสารที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1. **ด้านความรู้ (Knowledge)**

3.1.1. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนด จากสารบริสุทธิ์

3.2. **ด้านทักษะกระบวนการ (Process)**

3.2.1. นักเรียนสามารถคำนวณและเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้

3.3. **ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)**

3.3.1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

3.3.2. มีวินัย รับผิดชอบ

3.3.3. มีจิตสาธารณะ

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.1. ความสามารถในการสื่อสาร

4.2. ความสามารถในการคิด

4.3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

5. ชิ้นงาน/ภาระชิ้นงาน

5.1. ใบงานกิจกรรมที่ 3 การเตรียมสารละลายสำหรับชุดทดสอบน้ำกระด้าง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้/วิธีการสอนที่ใช้ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

6.1. **ขั้นสร้างความสนใจ (30 นาที)**

6.1.1. ครูกล่าวทักทายนักเรียน

6.1.2. ครูใช้คำถามนำว่า ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามที่ต้องการ มีวิธีการเตรียมอย่างไร (แนวคำตอบ ต้องคำนวณปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ที่ใช้ นำมาละลายน้ำแล้วปรับปริมาตรตามที่ต้องการ จากนั้นนำเข้าสู่วิธีการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น)

6.2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (30 นาที)**

6.2.1. ครูอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

6.2.2. ครูเปิดวีดิทัศน์หรือสาธิตวิธีการเตรียมสารละลายเพื่อแสดงขั้นตอนการเตรียม จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อแนะนำในการเตรียมสารละลายดังนี้

- การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นถูกต้อง จะต้องชั่งมวลและวัดปริมาตรของสารอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ค่าถูกต้องที่สุด

- การปรับปริมาตร ไม่ควรเติมน้ำกลั่นเพียงครั้งเดียวให้ถึงขีดบอกปริมาตรของขวดกำหนดปริมาตร เพราะจะทำให้ที่ว่างในขวดเหลือน้อย ไม่สะดวกในการเขย่าสาร และไม่ควรปรับปริมาตรเกินขีดบอกปริมาตร เนื่องจากจะไม่สามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายที่ถูกต้องได้

6.2. อธิบาย และลงข้อสรุป (80 นาที)

6.2.3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 3 เพื่อเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

6.2.4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

6.3. ขยายความรู้ (30 นาที)

6.3.3. ครูให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าจากอินเตอร์เน็ตเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น

6.4. ประเมินผล ประเมินจากสิ่งต่อไปนี้ (10 นาที)

6.4.3. ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมามีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

7. **แหล่ง/สื่อการเรียนรู้**

7.2. หนังสือเรียนเคมี ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย

7.3. วิดีโอการเตรียมสารละลาย

8. **เกณฑ์การประเมิน**

สิ่งที่จะประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่าน
ด้านความรู้ (Knowledge) อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนด จากสารบริสุทธิ์	ตรวจจากการตอบคำถามในชั้นเรียน	แบบประเมินการตอบคำถามในชั้นเรียน	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (Process) นักเรียนสามารถคำนวณและเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้	ประเมินการปฏิบัติการทดลอง ประเมินใบงาน	แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินใบงาน	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน มีวินัย รับผิดชอบ มีจิตสาธารณะ	ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา	ประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

กิจกรรมที่ 3

การเตรียมสารละลายสำหรับชุดทดสอบน้ำกระด้าง

สมาชิก .....

.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์กิจกรรม 1. คำนวณมวลของตัวละลายเพื่อใช้เตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นตามต้องการ

2. เตรียมสารละลายให้มีปริมาตรตามต้องการ

สารเคมี

1. กรดแอสคอร์บิก
2. บอแรกซ์
3. น้ำกลั่น

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1. เครื่องชั่ง	1
2. ขวดกำหนดปริมาตร ขนาด 10 ml	2
3. กรวยกรอง	2
4. บีกเกอร์ 10 ml	2
5. แท่งแก้วคน	2
6. ขวดน้ำกลั่น	1
7. หลอดหยด	2

การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

1. เตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิก 0.1 M ปริมาตร 10 ml (มวลโมเลกุลของกรดแอสคอร์บิกเท่ากับ 176.12 g/mol, %assay ของกรดแอสคอร์บิก 99.6%)

วิธีคำนวณ ……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2. เตรียมสารละลายบอแรกซ์ 0.1 M ปริมาตร 10 ml (มวลโมเลกุลของบอแรกซ์เท่ากับ 381.37 g/mol, %assay บอแรกซ์ 99.6%))

วิธีคำนวณ ……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

สรุปและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

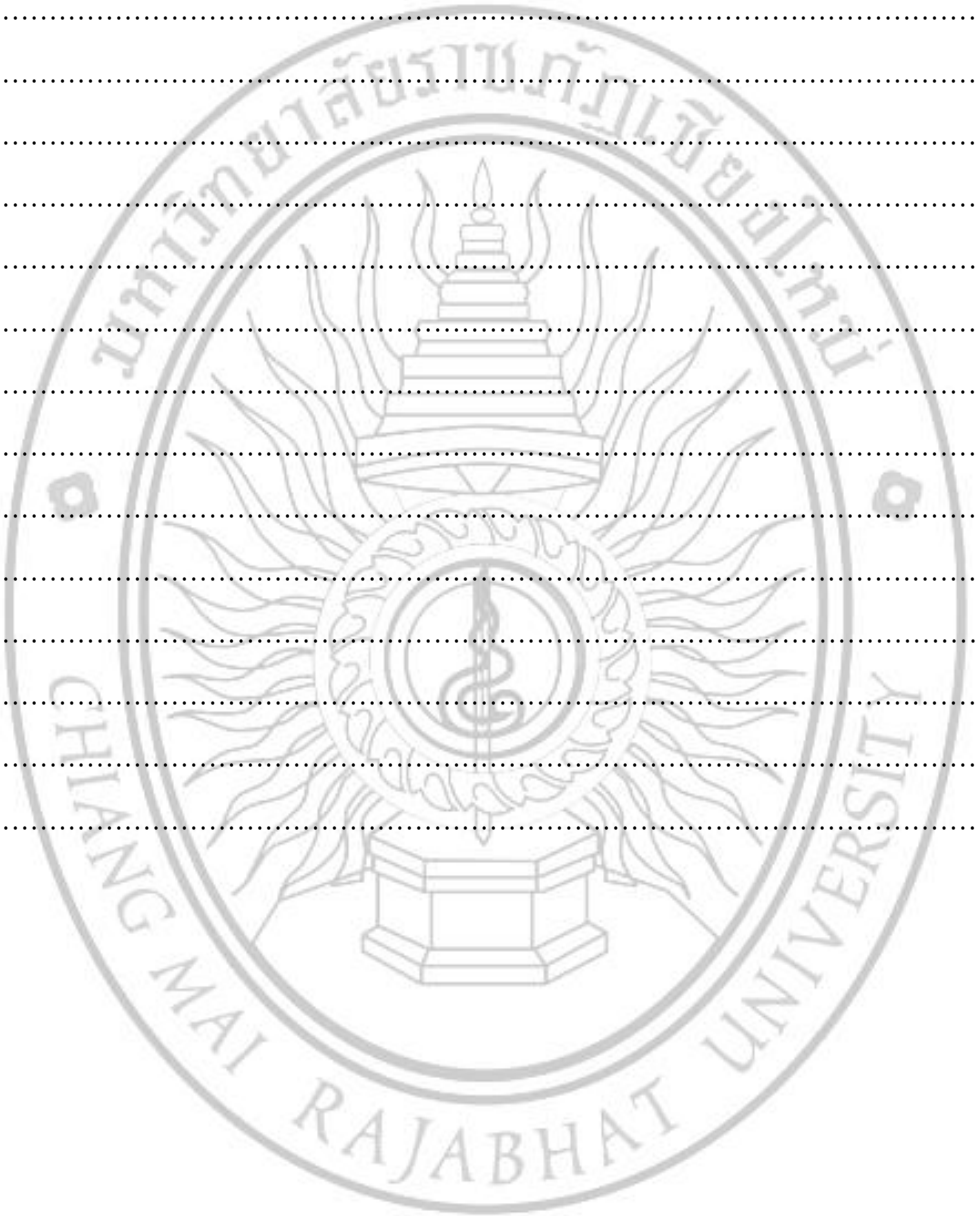
……

……

……

……

……



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายวิชา เคมี 2 (ว30223) **ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4/1**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย **เวลา 15 ชั่วโมง**

เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น **เวลา 3 ชั่วโมง**

ครูผู้สอน นางสาวพิมพิไล ใจดี **ภาคเรียนที่ 2/2565**

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด

2. สาระสำคัญ

การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด ทำได้โดยการละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ในตัวทำละลาย หรือนำสารละลายที่มีความเข้มข้นมาเจือจางด้วยตัวทำละลาย โดยปริมาณของสารที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1. **ด้านความรู้ (Knowledge)**

3.1.1. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนดจากสารละลายเข้มข้น

3.2. **ด้านทักษะกระบวนการ (Process)**

3.2.1. นักเรียนสามารถคำนวณและเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้

3.3. **ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)**

3.3.1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

3.3.2. มีวินัย รับผิดชอบ

3.3.3. มีจิตสาธารณะ

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.1. ความสามารถในการสื่อสาร

4.2. ความสามารถในการคิด

4.3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

5. ชิ้นงาน/ภาระชิ้นงาน

5.1. ใบงานกิจกรรมที่ 4 การเตรียมสารละลายสำหรับชุดทดสอบน้ำกระด้าง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้/วิธีการสอนที่ใช้ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

6.1. **ขั้นสร้างความสนใจ (30 นาที)**

6.1.1. ครูกล่าวทักทายนักเรียน

6.1.2. ครูทบทวนเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์จากคาบที่แล้ว จากนั้นครูถามเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้นหรือการเจือจาง ที่นักเรียนได้ไปค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเตอร์เน็ต จากนั้นจึงนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น

6.2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (30 นาที)**

6.2.1. ครูอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

6.2.2. ครูเปิดวีดิทัศน์หรือสาธิตวิธีการเตรียมสารละลายเพื่อแสดงขั้นตอนการเตรียม จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อแนะนำในการเตรียมสารละลายดังนี้

- การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นถูกต้อง จะต้องชั่งมวลและวัดปริมาตรของสารอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ค่าถูกต้องที่สุด

- การปรับปริมาตร ไม่ควรเติมน้ำกลั่นเพียงครั้งเดียวให้ถึงขีดบอกปริมาตรของขวดกำหนดปริมาตร เพราะจะทำให้ที่ว่างในขวดเหลือน้อย ไม่สะดวกในการเขย่าสาร และไม่ควรปรับปริมาตรเกินขีดบอกปริมาตร เนื่องจากจะไม่สามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายที่ถูกต้องได้

6.2.3. ครูอธิบายว่า การเตรียมสารละลายโดยทำให้เจือจางเป็นการทำให้ความเข้มข้นของสารละลายลดลง เพราะว่าในสารละลายมีจำนวนโมลตัวละลายคงที่ แต่มีการเติมตัวทำละลายลงไปเพื่อทำให้ปริมาตรของสารละลายเพิ่มขึ้น

6.2.4. ครูให้ความรู้เรื่องการหาความเข้มข้นหรือปริมาตรของสารละลายที่ได้จากการทำสารละลายเข้มข้นให้เจือจาง โดยใช้วิธีคำนวณจากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$ พร้อมทั้งแสดงการคำนวณตามตัวอย่างในหนังสือ

6.3. **อธิบาย และลงข้อสรุป (80 นาที)**

6.3.1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 4 เพื่อเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

6.3.2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

6.4. **ขยายความรู้ (30 นาที)**

6.4.1. ครูให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าจากอินเตอร์เน็ตเรื่องน้ำกระด้างและการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

6.5. **ประเมินผล ประเมินจากสิ่งต่อไปนี้ (10 นาที)**

6.5.1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมามีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

7. แหล่ง/สื่อการเรียนรู้

7.1. หนังสือเรียนเคมี ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย

7.2. วิดีโอการเตรียมสารละลาย

CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

8. เกณฑ์การประเมิน

สิ่งที่จะประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่าน
ด้านความรู้ (Knowledge) อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนด จากสารละลายเข้มข้น	ตรวจจากการตอบคำถามในชั้นเรียน	แบบประเมินการตอบคำถามในชั้นเรียน	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการ (Process) นักเรียนสามารถคำนวณและเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้	ประเมินการปฏิบัติการทดลอง ประเมินใบงาน	แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง แบบประเมินใบงาน	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน มีวินัย รับผิดชอบ มีจิตสาธารณะ	ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา	ประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

กิจกรรมที่ 4

การเตรียมสารละลายสำหรับชุดทดสอบน้ำกระด้าง

สมาชิก .....

.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์กิจกรรม 1. คำนวณมวลของตัวละลายเพื่อใช้เตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นตามต้องการ

2. เตรียมสารละลายให้มีปริมาตรตามต้องการ

สารเคมี

4. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ความเข้มข้น 0.2 M
5. สารละลายอีริเออโครม แบล็ค ที (EBT) ความเข้มข้น 4.4×10^{-4} M
6. น้ำกลั่น

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
8. ขวดกำหนดปริมาตร ขนาด 10 ml	2
9. บีกเกอร์ 10 ml	2
10. กระบอกตวง 10 ml	2
11. ขวดน้ำกลั่น	1
12. หลอดหยด	2

การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

1. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 10 ml จากสารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ความเข้มข้น 0.2 M

วิธีคำนวณ ……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2. เตรียมสารละลายอีริเออโครม แบล็ค ที (EBT) ความเข้มข้น 2.2×10^{-4} M ปริมาตร 10 ml จากสารละลายอีริเออโครม แบล็ค ที (EBT) ความเข้มข้น 4.4×10^{-4} M

วิธีคำนวณ ……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

สรุปและอภิปรายผลการทำกิจกรรม

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา เคมี 2 (ว30223) **ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4/1**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย **เวลา 15 ชั่วโมง**

เรื่อง การสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้าง **เวลา 3 ชั่วโมง**

ครูผู้สอน นางสาวพิมพิไล ใจดี **ภาคเรียนที่ 2/2565**

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **โรงเรียนบ้านด้ายเทพกาญจนาอุปถัมภ์**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้ 6. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด

2. สาระสำคัญ

การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด ทำได้โดยการละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ในตัวทำละลาย หรือนำสารละลายที่มีความเข้มข้นมาเจือจางด้วยตัวทำละลาย โดยปริมาณของสารที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1. **ด้านความรู้ (Knowledge)**

3.1.1. อธิบายวิธีการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างได้

3.2. **ด้านทักษะกระบวนการ (Process)**

3.2.1. นักเรียนสามารถสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้

3.3. **ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)**

3.3.1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

3.3.2. นักเรียนมีวินัยความรับผิดชอบ

3.3.3. นักเรียนมีความซื่อสัตย์ สุจริต

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.1. ความสามารถในการสื่อสาร

4.2. ความสามารถในการแก้ปัญหา

4.3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

5. ชิ้นงาน/ภาระชิ้นงาน

5.1. แบบทดสอบน้ำกระด้าง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

กระบวนการจัดการเรียนรู้/วิธีการสอนที่ใช้ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

6.1. **ขั้นสร้างความสนใจ (30 นาที)**

6.1.1. ครูกล่าวทักทายนักเรียน

6.1.2. ครูเปิดภาพเกี่ยวกับน้ำกระด้าง พูดถึงปัญหาและผลกระทบของน้ำกระด้าง จากนั้นจึงนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้าง

6.2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (80 นาที)**

6.2.1. ครูเปิดวิดีโอ การใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

6.2.2. ครูให้นักเรียนออกแบบชุดทดสอบน้ำกระด้างของกลุ่มตัวเอง โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่ายราคาถูก

6.2.3. ครูให้นักเรียนนำสารละลายที่ได้จากการเตรียมสารละลายคาบที่แล้วมาให้ได้ตามปริมาตรที่ครูกำหนดในใบกิจกรรมที่ 5 จากนั้นให้นักเรียนสร้างชุดทดสอบน้ำระด้าง

6.3. **อธิบาย และลงข้อสรุป (30 นาที)**

6.3.1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอชุดทดสอบน้ำกระด้าง

6.3.2. ครูให้นักเรียนลองใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างกับน้ำตัวอย่าง

6.3.3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายเกี่ยวกับผลการทดสอบน้ำกระด้างจากชุดทดสอบน้ำกระด้างของกลุ่มตนเอง

6.4. **ขยายความรู้ (30 นาที)**

6.4.1. ครูอธิบายว่า การเตรียมสารละลายโดยทำให้เจือจางเป็นการทำให้ความเข้มข้นของสารละลายลดลง เพราะว่าในสารละลายมีจำนวนโมลตัวละลายคงที่ แต่มีการเติมตัวทำละลายลงไปเพื่อทำให้ปริมาตรของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยใช้รูป 5.1 ประกอบการอธิบาย

6.4.2. ครูให้ความรู้เรื่องการหาความเข้มข้นหรือปริมาตรของสารละลายที่ได้จากการทำสารละลายเข้มข้นให้เจือจาง โดยใช้วิธีคำนวณจากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$ พร้อมทั้งแสดงการคำนวณตามตัวอย่าง 13 และ 14

6.5. **ประเมินผล ประเมินจากสิ่งต่อไปนี้ (10 นาที)**

6.5.1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่าจากหัวข้อที่เรียนมามีจุดใดบ้างที่ยังไม่เข้าใจหรือยังมีข้อสงสัย ถ้ามีครูช่วยอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเข้าใจ

7. แหล่ง/สื่อการเรียนรู้

7.1. หนังสือเรียนเคมี ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 สารละลาย

7.2. ชุดฝึกทักษะ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย

7.3. อินเตอร์เน็ต

8. เกณฑ์การประเมิน

สิ่งที่จะประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่าน
ด้านความรู้ (Knowledge) อธิบายวิธีการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้างได้	ตรวจใบงาน	แบบประเมินใบงาน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
ด้านทักษะกระบวนการ (Process) นักเรียนสามารถสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้	ประเมินผลงาน	แบบประเมินผลงาน	ระดับคุณภาพดีผ่านเกณฑ์
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน นักเรียนมีวินัยความรับผิดชอบ นักเรียนมีความซื่อสัตย์ สุจริต	ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	ประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	แบบประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

ใบงานที่ 5

การสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้าง

จุดประสงค์ 1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้

2. นักเรียนสามารสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้างได้

สมาชิก .....

.....

.....

.....

.....

วัสดุอุปกรณ์ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สารเคมี 1. วัสดุของแข็ง AXAD-7EBT ปริมาณ 15 mg

2. สารละลายกรดแอสคอร์บิก 0.1 M ปริมาตร 40 µL

3. สารละลายบอแรกซ์ 0.1 M ปริมาตร 200 µL

4. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 500 µL

5. น้ำตัวอย่าง 500 µL

วิธีการสร้างชุดทดสอบน้ำกระด้าง

1. ผสมสารละลาย แอสคอร์บิก 0.1 M ปริมาตร 40 µL, สารละลายบอแรกซ์ 0.1 M ปริมาตร 200 µL, สารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 500 µL และน้ำตัวอย่าง 500 µL ลงในวัสดุอุปกรณ์ที่เตรียมมาให้ได้ทั้งหมด 10 ช่อง
2. เติมวัสดุของแข็ง AXAD-7EBT ปริมาณ 15 mg ลงไปในแต่ละช่อง ทิ้งไว้ 5 นาที สังเกตการเปลี่ยนสีเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ดังรูปที่ 1

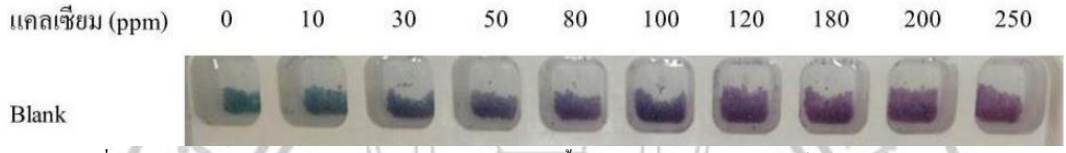


Figure 1การเปลี่ยนแปลงสีบน AXAD-7EBT. จากการหาปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่างด้วยตาเปล่า, กลัยรัตน์ กมุทชาติ และวรางคณา เขาดี, 2558.

วิธีการใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง (บอกมาเป็นข้อๆ)

……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

ผลการทดสอบกับน้ำตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปและอภิปรายผล

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1
2. ลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 30 ข้อ ใช้เวลา 40 นาที
3. ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจ และเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในระดายคำตอบ

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

1. อาตาทดลองใช้สารละลายน้ำตาลกลูโคสชะลอความเหี่ยวของดอกไม้ โดยใช้สารละลายกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ อาตาควรตั้งสมมติฐานการทดลองว่าอย่างไร

   ก. หากดอกไม้ได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอจะช่วยลดการเหี่ยวลงได้

   ข. ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมีผลต่อการเหี่ยวของดอกไม้

   ค. ดอกไม้เจริญเติบโตได้ดีในสารละลายกลูโคส

   ง. อุณหภูมิและแสงแดดมีผลต่อการเหี่ยวของดอกไม้

2. อ่องทดลองนำสาร A, B และ C ไปละลายในน้ำและน้ำมันที่อุณหภูมิเดียวกัน ได้ผลดังตาราง

สาร (ตัวละลาย)	การละลายในตัวทำละลาย	
	น้ำ	น้ำมัน
A	ละลาย	ไม่ละลาย
B	ไม่ละลาย	ละลาย
C	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย

จากข้อมูลข้างต้น อ่องจะตั้งสมมติฐานการทดลองนี้ว่าอย่างไร

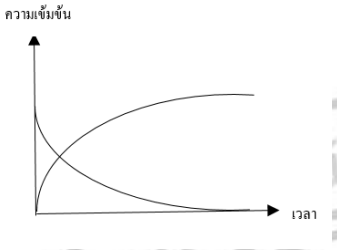
ก. อุณหภูมิมีผลต่อการละลาย

ข. ปริมาณตัวละลายมีผลต่อการละลาย

ค. สภาพขั้วของตัวละลายมีผลต่อการละลาย

ง. ที่อุณหภูมิเดียวกันสารจะละลายได้ไม่เท่ากัน

3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารและเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนจะตั้งสมมติฐานการทดลองนี้ว่าอย่างไร



ก. เวลามีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
ข. สารที่มีความเข้มข้นน้อยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดี
ค. อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
ง. ความเข้มข้นของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. สถานการณ์ “นายกล้า มีอาชีพเป็นพนักงานยกของร้านอุปกรณ์ก่อสร้าง ซึ่งในแต่ละวันนายกล้าจะต้องใช้แรงและกำลังในการทำงานอย่างมาก ก่อนไปทำงานนายกล้ามักจะดื่มเหล้าเพื่อให้ร่างกายกระปรี้กระเปร่าและหลังเลิกงานก็ดื่มอีกรอบเพื่อช่วยให้หลับสบาย” นักเรียนเห็นด้วยกับการปฏิบัติตนของนายกล้าหรือไม่

ก. เห็นด้วย เพราะช่วยให้นายกล้าสามารถทำงานได้อย่างเต็มที่
ข. เห็นด้วย เพราะการดื่มเหล้าจะช่วยให้ร่างกายกระปรี้กระเปร่าและหลับสาย
ค. ไม่เห็นด้วย เพราะการดื่มเหล้าเป็นประจำจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
ง. ไม่เห็นด้วย เพราะการดื่มเหล้าเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

5. “ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมฮอร์โมนจะมีสีสวยกว่ากว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารธรรมดา” จากเหตุการณ์ข้างต้นจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

ก. ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมฮอร์โมนจะมีสีสวยกว่าปลาที่ไม่ได้เลี้ยงด้วยอาหารเสริมฮอร์โมน
ข. ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมฮอร์โมนจะมีสีสวยเหมือนกับปลาที่ไม่ได้เลี้ยงด้วยอาหารเสริมฮอร์โมน
ค. สีสันของปลาขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม
ง. ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการตั้งสมมติฐาน

6. “การทำไอติมหลอด จะต้องเติมเกลือลงไปผสมกับน้ำแข็งที่อยู่ภายในถังไอติม ยิ่งเติมเกลือมาก ไอติมก็จะยิ่งแข็งได้เร็วขึ้นเท่านั้น” จากคำถามข้างต้นจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร
   ก. ถ้าปริมาณเกลือมีผลต่ออุณหภูมิ ดังนั้นน้ำแข็งที่ใส่เกลือก็จะยิ่งมีอุณหภูมิต่ำลงเท่านั้น
   ข. ถ้าปริมาณเกลือมีผลต่ออุณหภูมิ ดังนั้นน้ำแข็งที่ใส่เกลือก็จะยิ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่านั้น
   ค. ถ้าปริมาณเกลือมีผลต่ออุณหภูมิ ดังนั้นปริมาณน้ำก็มีผลต่ออุณหภูมิเช่นกัน
   ง. ปริมาณเกลือขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำแข็ง

7. ในอุณหภูมิห้อง เติมน้ำปริมาณเท่ากันใส่ในภาชนะที่แตกต่างกัน พบว่า “น้ำในแก้วจะระเหยช้ากว่าน้ำในถ้วย” นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร
   ก. การระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อน
   ข. ถ้าพื้นที่ผิวของภาชนะกว้าง อัตราการระเหยของน้ำก็จะมากยิ่งขึ้น
   ค. ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นน้ำยิ่งระเหยได้มากขึ้น
   ง. ที่อุณภูมิเดียวกัน ความดันอากาศมีผลต่อการระเหยของน้ำ

8. เมื่อสาร A ผสมกับสาร B จะมีฟองแก๊สเกิดขึ้น นักเรียนคนหนึ่งจึงได้ศึกษาอัตราการเกิดแก๊สของสาร A และ B ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยการทดลองครั้งที่ 1 นำสาร A ผสมกับสาร B ที่อุณหภูมิ 70 °C และครั้งที่ 2 นำสาร A ผสมกับสาร B ที่อุณหภูมิ 10 °C แล้ววัดอัตราการเกิดแก๊ส จากการทดลองนี้นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร
   ก. ถ้าอุณหภูมิของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดแก๊ส ดังนั้นสารตั้งต้นที่อุณหภูมิต่ำจะมีอัตราการเกิดแก๊สสูง
   ข. ถ้าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดแก๊ส ดังนั้นสารตั้งต้นที่มีความเข้มข้นสูงจะมีอัตราการเกิดแก๊สสูง
   ค. ถ้าอุณหภูมิของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดแก๊ส ดังนั้นสารตั้งต้นที่อุณหภูมิสูงจะมีอัตราการเกิดแก๊สสูง
   ง. ถ้าความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดแก๊ส ดังนั้นสารตั้งต้นที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีอัตราการเกิดแก๊สต่ำ

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

9. ในการทดลองปลูกพืชในสภาวะอากาศที่แตกต่างกันและดูการเจริญเติบโตของพืช โดยการวัดความสูงของพืชทุกสัปดาห์ ข้อใดกำหนดนิยามคำว่า “เจริญเติบโต” ได้ถูกต้อง
   ก. เจริญเติบโต หมายถึง พืชมีใบมากขึ้น
   ข. เจริญเติบโต หมายถึง พืชมีความสูงมากขึ้น
   ค. เจริญเติบโต หมายถึง พืชมีการแตกกิ่งก้านสาขามากขึ้น
   ง. เจริญเติบโต หมายถึง พืชติดดอกและผล

10. การทดลองใช้สารละลายน้ำตาลกลูโคสชะลอความเหี่ยวของดอกไม้ นักเรียนจะกำหนดนิยามของ “ความเหี่ยวของดอกไม้” จากการทดลองนี้ได้ว่าอย่างไร
   ก. ความเหี่ยวของดอกไม้ หมายถึง ดอกไม้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ กิ่งแห้ง ดอกร่วง
   ข. ความเหี่ยวของดอกไม้ หมายถึง กลีบดอกไม้มีรอยย่น และกลีบดอกร่วงบางกลีบ
   ค. ความเหี่ยวของดอกไม้ หมายถึง ดอกไม้แห้ง มีสีน้ำตาล
   ง. ความเหี่ยวของดอกไม้ หมายถึง ดอกไม้ขาดน้ำ แห้ง ก้านมีสีน้ำตาล

11. ในการทดลองการดูดซับน้ำของวัสดุต่างๆ ข้อใดกำหนดนิยามของ “การดูดซับน้ำ” ได้ถูกต้อง
   ก. การดูซับน้ำ หมายถึง การดูดและคายน้ำของวัสดุ
   ข. การดูซับน้ำ หมายถึง การไหลของน้ำผ่านผิววัสดุ
   ค. การดูซับน้ำ หมายถึง การดูดซับของผิววัสดุ
   ง. การดูซับน้ำ หมายถึง การที่น้ำถูกดูดซึมเข้าไปในวัสดุหนึ่ง ๆ

12. ข้อใดกำหนดนิยามของ “ตัวนำความร้อน” ได้ถูกต้อง
   ก. ตัวนำความร้อน หมายถึง วัตถุที่ยอมให้ความร้อนผ่าน
   ข. ตัวนำความร้อน หมายถึง วัตถุที่ไม่ยอมให้ความร้อนผ่าน
   ค. ตัวนำความร้อน หมายถึง วัตถุที่ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่าน
   ง. ตัวนำความร้อน หมายถึง วัตถุที่ไม่ยอมให้ไฟฟ้าและความร้อนไหลผ่าน

13. จากสสมติฐาน “ถ้าพื้นที่ผิวของภาชนะกว้าง อัตราการระเหยของน้ำก็จะมากยิ่งขึ้น” ข้อใดคือนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “อัตราการระเหย”

ก. อัตราการระเหย หมายถึง การที่บริเวณผิวหน้าของของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ ซึ่งคำนวณจากปริมานของเหลวที่หายไปต่อเวลาที่กำหนด

ข. อัตราการระเหย หมายถึง การเปลี่ยนสถานะของของเหลว

ค. อัตราการระเหย หมายถึง การที่ของเหลวเริ่มเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ

ง. อัตราการระเหย หมายถึง จำนวนโมเลกุลของของเหลวที่เปลี่ยนสถานะเป็นไอต่อวินาที

14. จากสมมติฐาน “ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมฮอร์โมนจะมีสีสวยกว่าปลาที่ไม่ได้เลี้ยงด้วยอาหารเสริมฮอร์โมน” ข้อใดคือนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “อาหารเสริมฮอร์โมน”

ก. อาหารเสริมฮอร์โมน หมายถึง ฮอร์โมนเพิ่มเฉดสีให้ปลามีสีสันสวยงาม

ข. อาหารเสริมฮอร์โมน หมายถึง อาหารปลาที่เพิ่มฮอร์โมนที่ช่วยให้เฉดสีปลาขึ้นเร็วและมีเฉดสีสวยงาม

ค อาหารเสริมฮอร์โมน หมายถึง อาหารปลาที่ผสมวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต

ง. อาหารเสริมฮอร์โมน หมายถึง อาหารปลาที่เพิ่มฮอร์โมนเพาะพันธุ์ปลา

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

จงใช้สมมติฐานการทดลองนี้ ตอบคำถามข้อ 15-17

“วัสดุที่มีรูพรุนมากจะสามารถดูดซับน้ำได้มาก”

15. ข้อใดคือตัวแปรต้น

ก. ชนิดของวัสดุ ข. ชนิดของน้ำ ค. ปริมาณของน้ำ ง. การดูดซับน้ำของวัสดุ

16. ข้อใดคือตัวแปรควบคุม

ก. ชนิดของวัสดุ ข. ชนิดของวัสดุและปริมาณน้ำ

ค. ขนาดของวัสดุและปริมาณของน้ำ ง. ขนาดของวัสดุ ปริมาณของน้ำ และเวลา

17. ข้อใดคือตัวแปรควบคุม

ก. ชนิดของวัสดุ ข. ชนิดของวัสดุและปริมาณน้ำ

ค. ขนาดของวัสดุและปริมาณของน้ำ ง. ขนาดของวัสดุ ปริมาณของน้ำ และเวลา

18. การศึกษาความสามารถในการละลายของตัวทำละลายอินทรีย์แต่ละชนิด ข้อใดที่ต้องกำหนดให้เหมือนกัน

ก. ชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์

ข. ชนิดและปริมาณของตัวทำละลายอินทรีย์

ค. ปริมาณ อุณหภูมิ และเวลา

ง. ชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ ปริมาณ อุณหภูมิและเวลา

19. ต้องการทดสอบว่าน้ำในคลองแต่ละที่มีความกระด้างต่างกันไหม ข้อใดคือตัวแปรต้น

ก. น้ำคลอง

ข. ความกระด้าง

ค. ปริมาณน้ำ

ง. อุณหภูมิและเวลาในการทดสอบ

20. ในการทดลองต้องการทราบว่าน้ำดื่มแต่ละยี่ห้อมีปริมาณแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) แตกต่างกันหรือไม่ นักเรียนต้องกำหนดสิ่งใดให้แตกต่างกัน

ก. ยี่ห้อของน้ำดื่ม

ข. ปริมาณน้ำและเวลา

ค. ยี่ห้อและปริมาณของน้ำ

ง. วิธีการตรวจหาปริมาณแคลเซียมไอออน (Ca^{2+})

21. เมื่อสาร A ผสมกับสาร B จะมีฟองแก๊สเกิดขึ้น นักเรียนคนหนึ่งจึงได้ศึกษาอัตราการเกิดแก๊สของสาร A และ B ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยการทดลองครั้งที่ 1 นำสาร A ผสมกับสาร B ที่อุณหภูมิ 70 °C และครั้งที่ 2 นำสาร A ผสมกับสาร B ที่อุณหภูมิ 10 °C แล้วจึงวัดอัตราการเกิดแก๊ส ข้อใดคือตัวแปรต้น

ก. อุณหภูมิสาร A

ข. อุณหภูมิสาร B

ค. อุณหภูมิสารตั้งต้น

ง. อุณหภูมิสารผลิตภัณฑ์

ทักษะการทดลอง

22. หากต้องการทดสอบว่าน้ำในคลองมีสิ่งมีชีวิตใดอาศัยอยู่บ้าง โดยนักเรียนมีน้ำตัวอย่างเพียง 2-3 หยด นักเรียนควรใช้อุปกรณ์ใดในการทดสอบ

ก. แว่นขยาย
ข. กล้องโทรทัศน์
ค. กล้องจุลทรรศน์
ง. ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

23. หากต้องการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของวัสดุ 3 ชนิด นักเรียนคนไหนออกแบบการทดลองได้เหมาะสมที่สุด

ก. เอ ใช้การทดลองชุดเดียว โดยนำวัสดุทั้ง 3 ชนิดมาดูดซับน้ำพร้อมกันในภาชนะเดียวกัน
ข. บี ทำการทดลองซ้ำ 3 โดยนำวัสดุทั้ง 3 ชนิดมาดูดซับน้ำพร้อมกันในภาชนะเดียวกัน
ค. ซี ทำการทดลองเป็น 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะใช้วัสดุต่างชนิดกันมาทดสอบการดูดซับน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน
ง. ดี ทำการทดลองเป็น 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะใช้วัสดุต่างชนิดกันมาทดสอบการดูดซับน้ำในปริมาณที่เท่ากันและจับเวลาที่ใช้ในการดูดซับน้ำ

24. ห้องปฏิบัติการมีปิเปตต์แบบใช้ตวงขนาด 2 ml 5 ml และ 10 ml หากต้องการของเหลวปริมาตร 2.5 mlมิลลิลิตร ควรเลือกใช้ปิเปตต์ขนาดใด

ก. ปิเปตต์แบบ 2 ml
ข. ปิเปตต์แบบ 5 ml
ค. ปิเปตต์แบบ 10 ml
ง. ปิเปตต์แบบ 25 ml

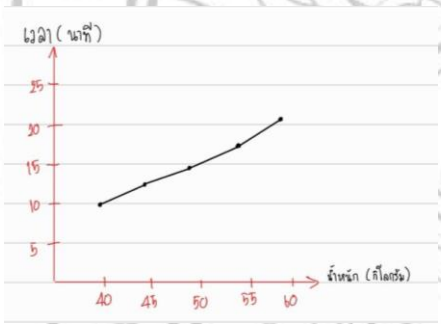
25. ถ้านักเรียนออกแบบการทดลองหาความกระด้างของน้ำดื่ม 3 ยี่ห้อ โดยใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง สิ่งที่นักเรียนควรทำเป็นอย่างแรกคือข้อใด

ก. สังเกตการเปลี่ยนแปลง
ข. เตรียมน้ำดื่มที่ต้องการใช้ทดสอบ
ค. บันทึกผลการทดลอง
ง. ทดสอบความกระด้างโดยใช้ชุดทดสอบน้ำกระด้าง

26. บีต้องการทดลองว่า “ฮอร์โมนแอสตร้าแซนทินมีผลทำให้ปลามีเฉดสีที่สวยงาม” บีดำเนินการทดลองโดยใช้ปลาคราฟ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่ม วิธีการทดลองข้อใดเหมาะสมที่สุด
    ก. กลุ่มที่ 1 ให้อาหารปกติ กลุ่มที่ 2 เพิ่มปริมาณอาหารเป็น 2 เท่าของกลุ่มที่ 1
    ข. กลุ่มที่ 1 ให้อาหารปกติ กลุ่มที่ 2 ให้อาหารในปริมาณเท่ากับกลุ่มที่ 1 และเพิ่มฮอร์โมนแอสตร้า แซนทีน
    ค. กลุ่มที่ 1 ให้อาหารปกติและเพิ่มฮอร์โมนแอสตร้าแซนทีนปริมาณน้อย กลุ่มที่ 2 ให้อาหารปริมาณเท่ากับกลุ่ม 1 และเพิ่มฮอร์โมนแอสตร้าแซนทีนปริมาณน้อย
    ง. กลุ่มที่ 1 ให้อาหารปกติ กลุ่มที่ 2 เพิ่มปริมาณอาหารเป็น 2 เท่าของกลุ่มที่ 1 และเพิ่มฮอร์โมนแอสตร้าแซนทีน

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล

27. การวัดสมรรถนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจับเวลาวิ่งรอบสนาม ได้ข้อมูลดังกราฟ จากข้อมูลจะสรุปได้ว่าอย่างไร



    ก. น้ำหนักมากจะใช้เวลาวิ่งน้อยลง
    ข. น้ำหนักมากจะใช้เวลาวิ่งมากขึ้น
    ค. น้ำหนักมากจะวิ่งได้เร็ว
    ง. น้ำหนักมากจะวิ่งได้ช้า

28. บอยกำจัดวัชพืชแบบไม่ใช้สารเคมี โดยวิธีการนำพลาสติกมาคลุมดินเพื่อไม่ให้วัชพืชได้รับแสงและไม่สามารถเจริญเติบโตได้ การกระทำของบอยมีผลดีต่อระบบนิเวศอย่างไร
    ก. ช่วยทำให้ระบบนิเวศเกิดความสมดุล
    ข. ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม
    ค. สามารถกำจัดหญ้าได้
    ง. ทำให้สิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารดำเนินต่อไปได้

29. แก้วทำการทดลองนำเหรียญมาขูดบนวัสดุต่าง ๆ ได้ข้อมูลดังตาราง

วัสดุ	**การเปลี่ยนแปลง**
กระจก	ไม่เกิดรอย
กระเบื้อง	ไม่เกิดรอย
ไม้	เกิดรอย
พลาสติก	เกิดรอย

ข้อใดเป็นการตีความหมายและลงข้อสรุปของการทดลองนี้ได้ครอบคลุมที่สุด

ก. กระจกและกระเบื้องไม่เกิดรอย

ข. ไม้และพลาสติกเกิดรอย

ค. วัสดุมีทั้งเกิดรอยและไม่เกิดรอย

ง. กระเบื้องและกระจกมีความแข็งมากกว่าไม้และพลาสติก เมื่อนำเหรียญมาขูดจึงไม่ทำให้เกิดรอย

30. แสงพลอยทำการบันทึกสถิติเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นจากขอบฟ้าในแต่ละวัน ณ สถานที่แห่งหนึ่ง ได้ผลดังนี้

วัน	เวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นจากขอบฟ้า
1	06.28
2	06.26
3	06.27
4	06.28
5	06.30

ข้อใดสรุปผลจากตารางนี้ได้ถูกต้องที่สุด

ก. วันที่ 1 ดวงอาทิตย์ขึ้นช้าที่สุด

ข. วันที่ 3 ดวงอาทิตย์ขึ้นจากขอบฟ้าเร็วที่สุด ที่เวลา 06.26 น.

ค. เวลาที่ดวงอาทิตย์ลับขับฟ้าจะแตกต่างกัน

ง. เวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นเป็นช่วงฤดูหนาวเพราะดวงอาทิตย์ขึ้นจากขอบฟ้าช้า

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล นางสาวพิมพิไล ใจดี

วัน เดือน ปีเกิด 30 มกราคม 2539

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 198 หมู่ 7 ตำบลป่าซาง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย
รหัสไปรษณีย์ 57110

อีเมล์แอดเดรส pimpilaipim.123@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2563	หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2565 – ปัจจุบัน	ครูผู้ช่วย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เชียงราย เขต 3
พ.ศ. 2563 – 2564	ครูผู้ช่วย สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จังหวัดยโสธร