

การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน  
เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGNING A MOBILE VIRTUAL SCIENCE LABORATORY IN BLENDED LEARNING TO  
ENHANCE SECONDARY SCHOOL STUDENTS' SCIENCE PROCESS SKILLS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Education in Educational Technology and  
Communications

Department of Educational Technology and Communications

FACULTY OF EDUCATION

Chulalongkorn University

Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University







# # 6280046027 : MAJOR EDUCATIONAL TECHNOLOGY AND COMMUNICATIONS

KEYWORD: MOBILE APPLICATION, VIRTUAL SCIENCE LABORATORY, BLENDED LEARNING, SCIENCE  
PROCESS SKILLS

Nattapon Singsuk : DESIGNING A MOBILE VIRTUAL SCIENCE LABORATORY IN BLENDED LEARNING TO  
ENHANCE SECONDARY SCHOOL STUDENTS' SCIENCE PROCESS SKILLS. Advisor: Asst. Prof. Dr.  
PORNSOOK TANTRARUNGROJ

The objective of this research was to 1) study users' background, experience and needs to develop a virtual science laboratory using mobile application in blended learning 2) develop a virtual science laboratory using mobile application in blended learning to enhance secondary school students' science process skills, and 3) examine the effect of using a virtual science laboratory using mobile application in blended learning. The research divided into three phases according to the research objectives: 1) studying the needs for virtual science laboratory using mobile application in blended learning from 438 secondary school students and 447 secondary school science teachers, 2) developing a virtual science laboratory using mobile application in blended learning to enhance students' science process skills, in which six experts conducted an evaluation and later testing the virtual science laboratory prototype with the sample group of 20 secondary school students, 3) studying the results of using a virtual science laboratory using mobile application in blended learning to enhance students' science process skills of 30 mathayom sukka one students of Wat Intharam School. The data were analyzed by using frequency, percent, mean, standard deviation, and tested the hypothesis with t-test dependent. The research result indicated that 1) most students and teachers used mobile phones running on the Android operating system, 2) the primary needs of students to have a virtual science laboratory using mobile application was to be able to predict future outcome ( $PNI_{Modified} = 3.14$ ) and the primary factor affecting the use of mobile virtual science laboratory applications was beautiful and attractive design ( $\bar{x} = 4.91$ , S.D. = 0.38), meanwhile the primary needs of was to help students to be able to predict future outcome ( $PNI_{Modified} = 3.09$ ) and the primary factor was to support students to do science experiment themselves ( $\bar{x} = 4.83$ , S.D. = 0.51), 3) the result from the experimental group revealed the post-test score of the science process skills was higher than pre-test at the .05 level of significance, and 4) the learners were satisfied with the mobile virtual science laboratory at the most satisfactory level.

Field of Study: Educational Technology and  
Communications

Student's Signature .....

Academic Year: 2022

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความเอาใจใส่ของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระกูลโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษา ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวดี ถังคบุตร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แจ่มจันทร์ ศรีอรุณรัมย์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ยิ่งในการแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชัย กุลตวนิช ดร. รัตตมา รัตนวงศา อาจารย์ทศพล อัมรินทร์ อาจารย์ ณัฐชยาน์ เลขาวัฒนพงษ์ อาจารย์ รุ่งขวัญ บุญพิทักษ์ อาจารย์ ปารีชาติ วังคะฮาด และ อาจารย์ ปารีชาติ พิพัตรสัจจา ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการตรวจแก้ไข ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาทุกท่านที่ให้คำแนะนำ คำสอนและกำลังใจ ในการเรียนเพื่อบรรลุเป้าหมาย และความสำเร็จทางการเรียนและการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา เป็นกำลังใจ และคอยอยู่เคียงข้างกัน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวเป็นอย่างสูง ที่คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจ ตลอดจนให้การสนับสนุนทุกด้านสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้ จนทำให้ผู้วิจัยประสบผลสำเร็จไปด้วยดี คุณค่าและคุณประโยชน์อันเกิดจากการวิจัยครั้งนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาคุณบิดามารดา ตลอดจนครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และอบรมสั่งสอนผู้วิจัยตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน

ณัฐพล สิงสุข

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
คำถามวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	5
ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	11
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
1. ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง.....	15
2. โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้.....	20
3. รูปแบบการเรียนผสมผสาน.....	27
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E.....	36
5. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	39
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	50
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	53

ระยะที่ 1 การวิจัยสำรวจขั้นต้น.....	53
ระยะที่ 2 การสร้างต้นแบบ (Prototype) ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนต้น .....	61
ระยะที่ 3 การนำรูปแบบโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการ เรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไปสู่การ ทดลองปฏิบัติและประเมินผล.....	86
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
ระยะที่ 1 การศึกษาภูมิหลัง ประสบการณ์และความต้องการจำเป็นและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง และนำข้อมูลที่ได้รับมาพัฒนา โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ..	90
ระยะที่ 2 การสร้างต้นแบบ (Prototype) ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนต้น ให้มีคุณภาพที่เหมาะสม.....	102
ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับ การเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น .....	106
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	109
สรุปผลการวิจัย.....	110
อภิปรายผล.....	112
ข้อเสนอแนะ .....	115
บรรณานุกรม.....	117
ภาคผนวก.....	127
ภาคผนวก ก .....	128
ภาคผนวก ข .....	130

ภาคผนวก ค .....	204
ภาคผนวก ง.....	211
ภาคผนวก จ .....	242
ภาคผนวก ฉ .....	255
ประวัติผู้เขียน.....	258



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนและเครื่องมือในการสร้างห้องปฏิบัติการเสมือน.....	19
ตารางที่ 2 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบผสมผสานพร้อมสัดส่วนการเรียนรู้และเทคโนโลยีที่นำมาใช้.....	35
ตารางที่ 3 แสดงการสังเคราะห์พฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ....	45
ตารางที่ 4 แสดงการแนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ .....	49
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามเพื่องานวิจัยระยะที่ 1 ของแบบสอบถามนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.....	58
ตารางที่ 6 ผลการทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามเพื่องานวิจัยระยะที่ 1 ของแบบสอบถามครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา.....	59
ตารางที่ 7 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย (P) ของข้อสอบ .....	84
ตารางที่ 8 เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ .....	84
ตารางที่ 9 รายละเอียดข้อมูลนักเรียนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามสังกัดพื้นที่.....	91
ตารางที่ 10 ผลสำรวจระดับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแต่ละประเภทของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น .....	92
ตารางที่ 11 ผลสำรวจความถี่การใช้ระบบปฏิบัติการโทรศัพท์เคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น .....	93
ตารางที่ 12 ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา .....	93
ตารางที่ 13 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา .....	95
ตารางที่ 14 รายละเอียดข้อมูลครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามวิชาเอกที่สำเร็จการศึกษา สังกัดพื้นที่ และสังกัดโรงเรียน .....	96
ตารางที่ 15 ผลสำรวจระดับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแต่ละประเภทของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา .....	97
ตารางที่ 16 ผลสำรวจความถี่ของประสบการณ์ของครู.....	98
ตารางที่ 17 ผลสำรวจความถี่ของเทคนิครูปแบบ และกลยุทธ์ในการสอนของครู.....	98

ตารางที่ 18 ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา .....	99
ตารางที่ 19 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา.....	101
ตารางที่ 20 รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง .....	106
ตารางที่ 21 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลัง เรียน.....	107
ตารางที่ 22 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือน จริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น .....	108



## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย .....	8
ภาพที่ 2 กระบวนการสร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาประสบการณ์ผู้ใช้และความต้องการจำเป็นของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา.....	56
ภาพที่ 3 รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริงเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน.....	63
ภาพที่ 4 ออกแบบหน้าจอของโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง .....	64
ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงโครงสร้างและลำดับของโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริง.....	65
ภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนการใช้งานโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง .....	66
ภาพที่ 7 ตัวอย่างโครงร่างโมบายล์แอปพลิเคชัน .....	68
ภาพที่ 8 หน้าเข้าสู่บทเรียน .....	71
ภาพที่ 9 หน้ากิจกรรมการตอบคำถาม และทำการทดลอง .....	72
ภาพที่ 10 หน้าแสดงแบบบันทึกผล และวิธีการทดลอง.....	72
ภาพที่ 11 หน้าแสดงผลการทำการทดลอง พร้อมหน้าบันทึกผลการทดลอง.....	73
ภาพที่ 12 หน้ากิจกรรมการสรุปผลการทดลอง .....	74
ภาพที่ 13 ข้อมูลบันทึกย้อนหลังของผู้เรียน.....	75
ภาพที่ 14 แผนภาพแสดงกระบวนการและการพัฒนาโมบายล์แอปพลิเคชันโมบายล์แอปพลิเคชัน ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง โดยใช้หลักการ ADDIE MODEL.....	78
ภาพที่ 15 แผนภาพแสดงกระบวนการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการใช้โมบายล์แอป พลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน .....	81
ภาพที่ 16 แผนภาพแสดงขั้นตอนการพัฒนาแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียนทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์.....	85



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาประเทศ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และการศึกษา หรือผลกระทบจากการแพร่ระบาดของเชื้อโรคโควิด 19 ซึ่งเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนแบบเดิม การจัดการเรียนการสอนเปลี่ยนแปลงเป็นการเรียนแบบออนไลน์ตามที่นโยบายที่คณะกรรมการและศูนย์บริหารสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้กำหนดไว้ สอดคล้องกับ วิทยา วาโย, อภินันท์ เจริญกุล, ฉัตรสุตา กานกายนต์ และจรรยา คนใหญ่ (2563) ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนภายใต้สถานการณ์ฉุกเฉินทางด้านสุขภาพ ภัยพิบัติทางธรรมชาติ รวมทั้งภาวะหยุดชะงักทางการศึกษา (Education Disruption) ที่เกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้ตามปกติ ด้วยสถานการณ์ที่ผันผวนผู้สอนในยุคปัจจุบันจำเป็นต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ควรพิจารณารูปแบบการเรียนการสอนออนไลน์ที่เหมาะสมกับลักษณะรายวิชาและความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละคน อย่างไรก็ตามผลการสำรวจของ สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2563) พบว่าผู้เรียนบางส่วนยังไม่พร้อมกับการเรียนการสอนเต็มรูปแบบ ผู้เรียนยังต้องการพบอาจารย์หรือผู้สอนในชั้นเรียนด้วย การสอนแบบผสมผสาน (Blended Learning) รูปแบบการเรียนการสอนที่ผสมผสานการเรียนทางไกล (Distance Learning) ผ่านระบบเครือข่ายออนไลน์ร่วมกับการเรียนแบบเผชิญหน้า (Face to Face) ที่มีการพิจารณาและออกแบบวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญของการเรียนในยุคภาวะการหยุดชะงักทางการศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานที่มีการเลือกใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้อีกกล่าวคือ การจัดการเรียนการสอนควรมีการจัดสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ เป็นการนำเทคโนโลยีมาช่วยพัฒนาคุณภาพการศึกษา เพิ่มทักษะดิจิทัลให้แก่ผู้เรียน และเพิ่มคุณภาพผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2564) วิธีการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 กล่าวว่าการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ควรจัดทำสื่อที่หลากหลายให้เอื้อต่อคนทุกกลุ่มสามารถเข้าถึงได้ง่าย สะดวกทั่วถึง ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ ควรสนับสนุนให้มีการจัดทำสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถใช้งานผ่านระบบอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นการออกแบบเครื่องมือ สื่อเทคโนโลยีการเรียนรู้ ควรพิจารณาถึงคุณภาพและความต้องการของผู้เรียน

โดยหนึ่งในการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยการเรียนรู้ผ่านอุปกรณ์การสื่อสารเคลื่อนที่ที่สามารถนำมาจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในยุคสมัยนี้ได้ กล่าวคือ อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ที่เป็นที่

นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากง่ายต่อการพกพาและสะดวกต่อการใช้งาน (เกตุแก้ว ยิ่งยืนยง, 2563) ด้วยคุณสมบัติเด่นคือ ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้พลังงานค่อนข้างน้อย สามารถแลกเปลี่ยนข่าวสารกับคอมพิวเตอร์ได้และสามารถตอบสนองผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี จึงเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ในยุคสมัยได้เป็นอย่างดี การพัฒนาโมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อใช้ในการเรียนการสอน โปรแกรมที่ทำงานบนโทรศัพท์มือถือ ที่พัฒนาตามความต้องการของผู้ใช้งาน เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนและการเข้าถึงการจัดการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้สามารถสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของผู้ใช้มากขึ้น และการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันเป็นนวัตกรรมหนึ่งทางการศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนและพัฒนาทักษะของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลาและเป็นสิ่งหนึ่งในการตอบโจทย์ในยุคปัจจุบัน (กาญจนาภา วัฒนธรรม, 2564)

การเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เป็นส่วนที่สำคัญแขนงหนึ่งทางการศึกษา เป็นส่วนในการเปลี่ยนแปลงความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาประเทศชาติเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 เพราะวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับธรรมชาติ โดยบุคคลหรือมนุษย์จะใช้ทักษะการสังเกต สืบค้น ตรวจสอบ และการทดลองต่าง ๆ ทางธรรมชาติ เพื่อหาคำตอบตามข้อเท็จจริงตามหลักการหรือแนวคิดทฤษฎี การนำกระบวนการสืบเสาะมาผนวกเข้ากับการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดแนวคิดพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นอย่างยิ่ง Good (1945) กล่าวว่ากระบวนการสืบเสาะ 5E เป็นหนึ่งในกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบค้น ตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ จึงสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองและสามารถนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นับว่าเป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นทักษะการคิดที่ใช้ในการสร้างความรู้ไตร่ตรองปัญหาและกำหนดผลลัพธ์ รวมถึงเป็นการรับรู้หรือความรู้สึกและความสามารถทางกายภาพและสมรรถภาพ Sholihah, Sarwanto & Aminah (2020) ได้กล่าวว่าเป็นทักษะที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล การเปลี่ยนแปลง การตีความ และการสื่อสาร ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี ประกอบกับเหตุผลของ กุลนิดา ศรีคำเวียง, พงศ์เทพ จิระโร และเสกสรรค์ ทองคำบรรจง (2562) ได้กล่าวว่า นักเรียนจะต้องมีความรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อบูรณาการควบคู่กับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ และเป็นทักษะที่ผู้เรียนต้องได้รับการพัฒนาจึงจะสามารถพัฒนาวิทยาศาสตร์ไปสู่เป้าหมายได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ควรเร่งพัฒนาจึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด กล่าวคือผู้เรียนจะได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม ซึ่งในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ เพราะวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีทั้งความรู้และกระบวนการ

แสวงหาความรู้ ซึ่งนวลจิตต์ เขวากีรติพงศ์ (2560) ได้กล่าวไว้ว่า การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสร้างความรู้ที่ต้องผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และหนึ่งในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็คือ การปฏิบัติการทดลองเพื่อแสวงหาความรู้และข้อเท็จจริง สืบเนื่องจากการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันที่เน้นการเรียนรู้ทางออนไลน์ จึงไม่เอื้อต่อการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการจริง และหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่จะเข้ามามีบทบาทหรือสนับสนุนปัญหาดังกล่าวและให้ผลลัพธ์ทางการศึกษาที่ดีและเด่นชัดในด้านของการใช้งานแบบออนไลน์ได้ กล่าวคือ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง โดยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีแบบจำลองโต้ตอบเสมือน เป็นการใช้อินเทอร์เน็ตจำลองเลียนแบบอุปกรณ์ การทดลองจริง เช่น เครื่องมือวัดต่าง ๆ หรือจำลองสถานการณ์การทดลอง สร้างการเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Animation) มีความคล้ายคลึงกับสื่อของจริงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ จะสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนและผู้เรียนได้ดีในการ เรียนด้วยตนเองที่บ้านหรือสถานที่ที่ผู้เรียนต้องการ

อัญชญา กลิ่นเทียน และวรรณชัย วรรณสวัสดิ์ (2560) ได้กล่าวถึงห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงไว้ว่า เป็นการเรียนที่จะช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยสามารถเลือกเวลา และสถานที่ที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และมีคุณภาพเช่นเดียวกับห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลองจริงทุกประการ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ในการทดลองและตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้รวมทั้งสังเกตผลที่ได้จากการทดสอบทำให้ผู้เรียนไม่เสี่ยงกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลองจริงหรือสถานการณ์จริงที่มีค่าใช้จ่ายสูง และอนุญาตให้ผู้เรียนควบคุมการทดลองได้ และเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ให้คล้ายคลึงกับห้องปฏิบัติการจริงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้ค้นพบหลักการต่าง ๆ ส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน และพัฒนาทักษะกระบวนการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นในปัจจุบันการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เข้ามามีบทบาทสำคัญทางการศึกษาอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนที่ทำให้ผู้เรียนได้มีกระบวนการคิดการเรียนรู้ที่ดีและเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงในด้านวิทยาศาสตร์ แต่ในปัจจุบันพบปัญหาหลักในด้านของผลการทดสอบของนักเรียนในประเทศไทย จากการที่สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (2564) ได้รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขึ้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2564 ภาพรวมระดับประเทศพบว่าจากผู้เข้าสอบทั้งหมดในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 433,062 คน มีคะแนนเฉลี่ย 34.31 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2564 ภาพรวมระดับประเทศพบว่าจากผู้เข้าสอบทั้งหมดในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 335,583 คน มีคะแนนเฉลี่ย 31.45 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2564 ภาพรวมระดับประเทศพบว่าจากผู้เข้าสอบทั้งหมดในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 109,438 คน มีคะแนนเฉลี่ย 28.65 เท่านั้น ซึ่งคะแนนทุกระดับที่รายงานไม่ถึงครึ่งของคะแนนเต็ม

100 คะแนน หรือมีค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ปรากฏว่าไม่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในเรื่องของความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน รวมไปถึงการจัดการเรียนการสอนมีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนให้เรียนรู้แบบความรู้ ความจำมากกว่าการให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นหนึ่งในทักษะที่ผู้เรียนต้องใช้เรียนรู้เพื่อทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจในองค์ความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกฝนจนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักแก้ปัญหาต่างๆ อย่างมีระบบและรู้จักค้นคว้าหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญสำหรับทุกคนในการที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณค่าต่อตนเองและสังคม รวมทั้งการเตรียมคุณลักษณะเด็กไทยในศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งส่งเสริมผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยีสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นปัญหาและกำหนดจุดมุ่งหมายของการศึกษาที่ต้องเน้นการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหา พร้อมทั้งมีการนำเทคโนโลยีโมบายล์ แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการความจริงเสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการในสถานการณ์ปัจจุบันและความแตกต่างของผู้เรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

### คำถามวิจัย

1. การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีลักษณะอย่างไร
2. การใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นได้หรือไม่

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ ความต้องการจำเป็น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษา และนำข้อมูลที่ได้รับมาพัฒนาห้องปฏิบัติการ

วิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อพัฒนานวัตกรรมห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

### สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน

### ขอบเขตของงานวิจัย

#### 1. ขอบเขตด้านประชากร

1.1 ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ได้แก่

1.1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

1.1.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

1.2 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

1.3 ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

#### 2. กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างจากการวิจัย 3 ระยะตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยทั้ง 3 ข้อ ได้แก่

2.1 การวิจัยระยะที่ 1 ประกอบด้วย

2.1.1 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ทั่วประเทศไทย จำนวนทั้งสิ้น 480 คนใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) โดยเทียบขนาดกลุ่มตัวอย่างตามตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (1973) ที่ความคลาดเคลื่อนร้อยละ

ละ 5 และที่ระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 480 คน โดยแบ่งตามภูมิภาคต่าง ๆ 6 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ภาคละ 4 โรงเรียน โรงเรียนละ 20 คน รวมทั้งหมด 24 โรงเรียน

2.1.2 ครูที่สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ทั่วประเทศไทย จำนวนทั้งสิ้น 480 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) โดยเทียบขนาดกลุ่มตัวอย่างตามตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (1973) ที่ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 และที่ระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 480 คน โดยแบ่งตามภูมิภาคต่าง ๆ 6 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ภาคละเท่า ๆ กัน เก็บข้อมูลภาคละ 80 คน

## 2.2 การวิจัยระยะที่ 2 ประกอบด้วย

2.2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 ท่าน

2.2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน

2.2.3 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คน

ซึ่งกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2.3 การวิจัยระยะที่ 3 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 30 คน ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และพิจารณาจากโรงเรียนเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลและมีการกำหนดคุณสมบัติของโรงเรียนคือ

1. โรงเรียนที่มีการสนับสนุนด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง
2. โรงเรียนที่มีนักเรียนที่มีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีสามารถนำโทรศัพท์มือถือในการเข้าถึงสารสนเทศได้

## 3. ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

## 4. เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

รายวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยผู้วิจัยกำหนดประเด็นของหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 1 หน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยที่ 5 พลังงานความร้อน ประกอบไปด้วย 2 บทเรียน ซึ่งอ้างอิงจากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่มที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้แก่ บทที่ 1 ปัจจัยไต่บ้ำง

ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร และบทที่ 2 ความร้อนส่งผลต่อสสารแต่ละสถานะอย่างไร

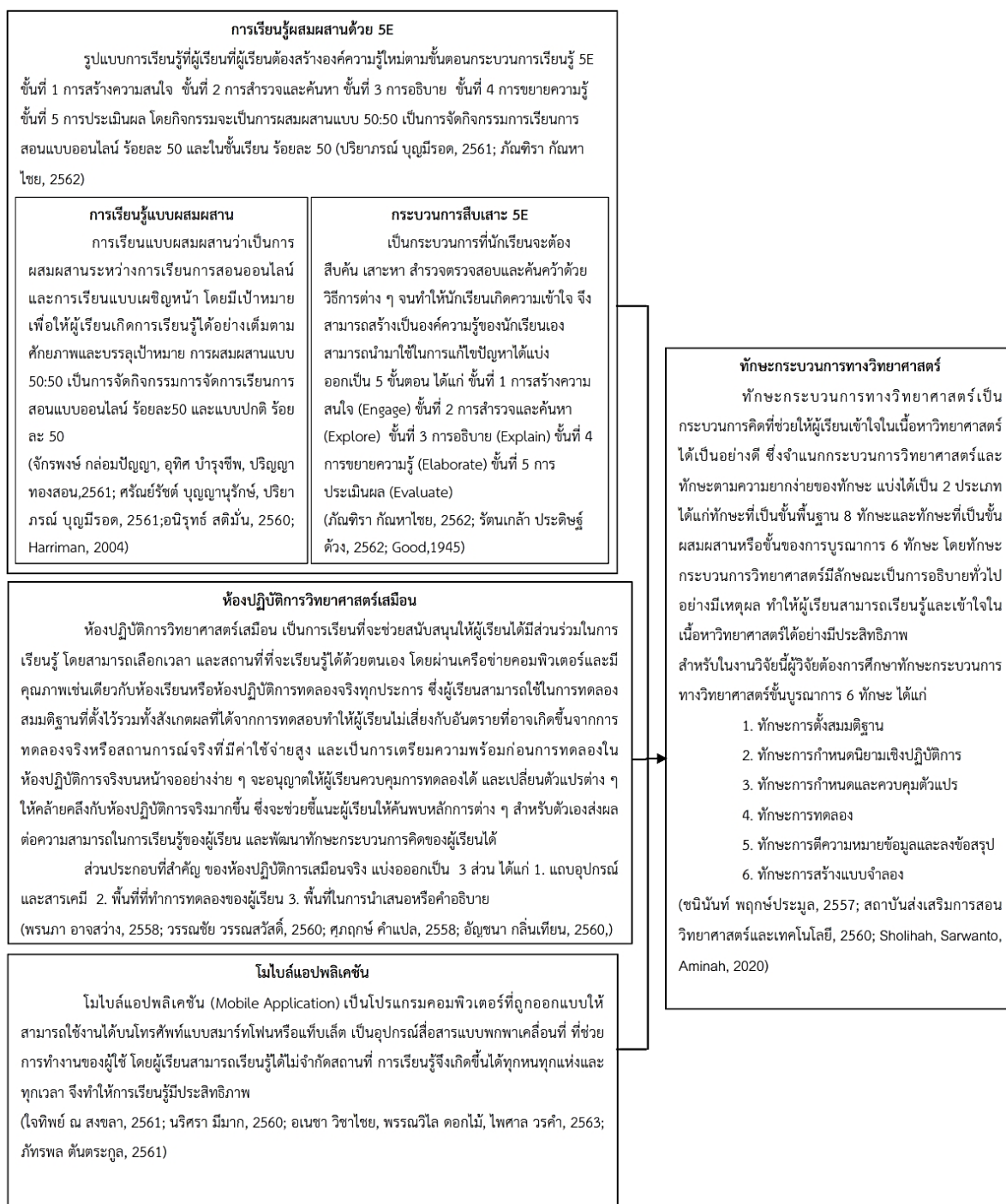
#### 5. ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2564 – ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2565

#### 6. กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดไว้ดังนี้





ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย



## คำอธิบายกรอบแนวคิด ในการวิจัย

### การเรียนรู้แบบผสมผสาน

การเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอนหลากหลายวิธี โดยคำนึงถึงผู้เรียน สภาพแวดล้อม เนื้อหา สถานการณ์ เพื่อตอบสนองการเรียนรู้และความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยสามารถจัดการเรียนการสอนทั้งภายในห้องเรียนและนอกห้องเรียน โดยมีการนำเทคโนโลยีทางการศึกษาแบบออนไลน์และออฟไลน์มาเป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สูงสุด เกิดทักษะ และเกิดการเรียนรู้ที่ทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของแผนการศึกษา การเรียนแบบผสมผสานเป็นการผสมผสานระหว่างการเรียนการสอนออนไลน์ และการเรียนแบบเผชิญหน้า โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มตามศักยภาพและบรรลุเป้าหมาย การผสมผสานแบบ 50:50 เป็นการจัดการกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ร้อยละ 50 และในชั้นเรียนแบบปกติ ร้อยละ 50

(จักรพงษ์ กล่อมปัญญา, อุทิศ บำรุงชีพ, ปริญญา ทองสอน (2561) ศรีณรัชต์ บุญญานุรักษ์, ปริญญา บุญมีรอด (2561) อนิรุทธ์ สติมัน (2560) Harriman (2004))

### กระบวนการสืบเสาะ 5E

กระบวนการสืบเสาะ 5E เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ จึงสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง สามารถนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Explore) ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explain) ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaborate) ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluate)

(ภัณฑิรา กัณฑ์ไชย (2562) รัตนเกล้า ประดิษฐ์ดวง (2562) Good (1945))

### การเรียนรู้ผสมผสานด้วย 5E

การเรียนรู้ผสมผสานด้วย 5E เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องสร้างองค์ความรู้ใหม่ตามขั้นตอนกระบวนการสืบเสาะ 5E ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา ขั้นที่ 3 การอธิบาย ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ ขั้นที่ 5 การประเมินผล โดยกิจกรรมจะเป็นการผสมผสานแบบ 50:50 เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ร้อยละ 50 และในชั้นเรียน ร้อยละ 50

(ปริญญา บุญมีรอด (2561) ภัณฑิรา กัณฑ์ไชย (2562))

### โมบายล์แอปพลิเคชัน

โมบายล์แอปพลิเคชัน เป็นแอปพลิเคชันที่ช่วยการทำงานของผู้ใช้ อุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาเคลื่อนที่ ซึ่งนอกจากจะใช้งานได้ตามพื้นฐานของโทรศัพท์แล้ว ยังทำงานได้ เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่พกพาได้ จึงมีคุณสมบัติเด่น คือ ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้

พลังงานค่อนข้างน้อย ปัจจุบันมักใช้ทำหน้าที่ได้หลายอย่าง ติดต่อ แลกเปลี่ยนข่าวสาร กับคอมพิวเตอร์ได้ และที่สำคัญโมไบล์แอปพลิเคชันช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ไม่จำกัดสถานที่ การเรียนรู้จึงเกิดขึ้นได้ทุกหนทุกแห่งและทุกเวลา จึงทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

(ใจทิพย์ ณ สงขลา (2561) นริศรา มีมาก (2560) อเนชา วิชาไชย, พรรณวิไล ดอกไม้, ไพศาล วรคำ (2563) ภัทรพล ต้นตระกูล (2561) )

### **ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง**

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือน เป็นการเรียนที่จะช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยสามารถเลือกเวลา และสถานที่ที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และมีคุณภาพเช่นเดียวกับห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลองจริงทุกประการ ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ในการทดลองสมมติฐานที่ตั้งไว้รวมทั้งสังเกตผลที่ได้จากการทดสอบทำให้ผู้เรียนไม่เสี่ยงกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลองจริงหรือสถานการณ์จริงที่มีค่าใช้จ่ายสูง และเป็นเตรียมความพร้อมก่อนการทดลองในห้องปฏิบัติการจริงบนหน้าจออย่างง่าย ๆ จะอนุญาตให้ผู้เรียนควบคุมการทดลองได้ และเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ให้คล้ายคลึงกับห้องปฏิบัติการจริงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนให้ค้นพบหลักการต่าง ๆ สำหรับตัวเองส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน และพัฒนาทักษะกระบวนการคิดของผู้เรียนได้

ส่วนประกอบที่สำคัญ ของห้องปฏิบัติการเสมือนจริง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1. แอปพลิเคชันและสารเคมี 2. พื้นที่ทำการทดลองของผู้เรียน 3. พื้นที่ในการนำเสนอหรือคำอธิบาย

(พรนภา อาจสว่าง (2558) วรณชัย วรณสวัสดิ์ (2560) ศุภฤกษ์ คำแปล (2558) อัญชนากลิ้นเทียน (2560))

### **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งจำแนกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะตามความยากง่ายของทักษะ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ทักษะที่เป็นขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะและทักษะที่เป็นขั้นผสมผสานหรือขั้นของการบูรณาการ 6 ทักษะ โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นการอธิบายทั่วไปอย่างมีเหตุผล ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา การแก้ไขปัญหาและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ

สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 6 ทักษะ ได้แก่

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
4. ทักษะการทดลอง
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
6. ทักษะการสร้างแบบจำลอง

(ชวรินทร์ พุทธิ์ประมูล (2557) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560)

Sholihah, Sarwanto, Aminah (2020))

### นิยามศัพท์เฉพาะ

**ภูมิหลัง (Background) และประสบการณ์ของผู้ใช้ (User Experience)** หมายถึง ข้อมูลเฉพาะของ กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัย ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้ ได้แก่ เพศ การสนับสนุนด้านการเรียนรู้จากครอบครัว โรงเรียนที่สังกัด พฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศประเภทต่าง ๆ

**ความต้องการจำเป็น (Needs)** หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างสภาพที่เป็นอยู่จริง ณ ปัจจุบันกับสภาพที่คาดหวังของกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัย

**การเรียนรู้ผสมผสาน หรือเรียกว่า (Blended Learning)** หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผสมผสานรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย มีทั้งการเรียนรู้ในห้องเรียนและการเรียนรู้นอกชั้นเรียน หรือการใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่หลากหลาย เน้นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสร้างสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศในการเรียนรู้ พร้อมทั้งเป็นการเรียนรู้ที่เน้นความยืดหยุ่น เพื่อตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล และมีเป้าหมายอยู่ที่การให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญ

**การเรียนรู้ผสมผสาน 5E (Blended Learning with 5E)** หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผสมผสานรูปแบบการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมในห้องเรียนและการเรียนรู้นอกชั้นเรียน หรือเป็นการเรียนรู้แบบออนไลน์และแบบออฟไลน์ผสมผสานเข้าด้วยกัน โดยเน้นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสร้างสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศในการเรียนรู้ จะเป็นการเรียนรู้ผสมผสานแบบ 50:50 กล่าวก็คือ เป็นการเรียนรู้แบบออนไลน์ 50% และแบบออฟไลน์ 50% ที่บูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Explore) ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaborate) ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluate) โดยขั้นที่ 1-3 จะเรียนแบบออนไลน์ และขั้นที่ 4-5 จะเรียนแบบออฟไลน์

**โมบายล์แอปพลิเคชัน (Mobile Application)** หมายถึง แอปพลิเคชันที่ช่วยการทำงานของ ผู้ใช้ อุปกรณ์สื่อสารแบบพกพา เช่น สมาร์ทโฟน ซึ่งแอปพลิเคชันเหล่านั้นจะทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และไอโอเอส สามารถใช้ได้สะดวกสบายและมีประสิทธิภาพทั้งใน

สภาพแวดล้อมทางการเรียนและการทำงาน ส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นทางการเรียน และมีความรับผิดชอบต่อการเรียนด้วยตนเอง

**โมบายล์แอปพลิเคชันผสมผสาน 5E (Mobile Application with Blended learning 5E)** หมายถึง เป็นการเรียนรู้แบบผสมผสานประกอบไปด้วยออนไลน์และออฟไลน์ โดยการเรียนรู้แบบออนไลน์ ด้วยโมบายล์แอปพลิเคชัน ประกอบด้วย 3 ชั้นแรกของ 5E ได้แก่ ชั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) ชั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Explore) ชั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) และ การเรียนแบบออฟไลน์ ประกอบด้วย 2 ชั้นสุดท้ายของ 5E ได้แก่ ชั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaborate) ชั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluate)

**ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือน (Virtual Science Laboratory)** หมายถึง ห้องปฏิบัติการเสมือนที่เป็นห้องปฏิบัติในรูปแบบ 2 มิติ ช่วยในการสนับสนุนการเรียนการสอนผ่านทางโมบายล์แอปพลิเคชัน โดยใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ ผึกปฏิบัติ เก็บเกี่ยวประสบการณ์ ได้ด้วยตนเองแบบไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ และเวลา อีกทั้งยังสามารถใช้ในการทดลองสมมติฐานที่ตั้งไว้รวมทั้งสังเกตผลที่ได้จากการทดลองทำให้ผู้เรียนไม่เสี่ยงกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลองจริงหรือสถานการณ์จริงที่มีค่าใช้จ่ายสูง และสามารถที่จะทดลองซ้ำ ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและทักษะทางวิทยาศาสตร์ได้ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนเป็นสื่อที่สนับสนุนการเรียนการสอนที่สามารถจำลองการทดลองต่าง ๆ ของทุกขั้นตอนในห้องปฏิบัติการปกติได้

**ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills)** หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา การแก้ไขปัญหาและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบทเรียน พร้อมทั้งยังสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นจึงเป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย 6 ทักษะ ได้แก่ 1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน 2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 4. ทักษะการทดลอง 5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป 6. ทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยมีการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 6 ทักษะด้วยแบบทดสอบแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ (ภาคผนวก ข)

#### **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1) ได้ข้อมูลภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ ความต้องการจำเป็น และปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานของนักเรียน

มัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษา เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนา  
ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน

2) ได้แนวทางในการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการ  
เรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษา  
ตอนต้น

3) ได้นวัตกรรมโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงสำหรับการสอน  
วิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา  
ตอนต้นที่มีคุณภาพที่เหมาะสม



## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

#### ตอนที่ 1 ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

- 1.1 ความหมายของห้องปฏิบัติการเสมือน
- 1.2 ประเภทของห้องปฏิบัติการเสมือน
- 1.3 รูปแบบของปฏิบัติการเสมือน
- 1.4 ข้อได้เปรียบของห้องปฏิบัติการเสมือน

#### ตอนที่ 2 โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้

- 2.1 ความหมายของโมบายล์แอปพลิเคชัน
- 2.2 แนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์
- 2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแอปพลิเคชัน
- 2.4 ขั้นตอนการออกแบบโมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการศึกษา

#### ตอนที่ 3 รูปแบบการเรียนผสมผสาน

- 3.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนผสมผสาน
- 3.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน
- 3.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน
- 3.4 สัดส่วนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน

#### ตอนที่ 4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

- 4.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E
- 4.2 ขั้นตอนกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามวงจรการเรียนรู้ 5E

#### ตอนที่ 5 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- 5.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 5.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ
- 5.3 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 5.4 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 1. ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

### 1.1 ความหมายของห้องปฏิบัติการเสมือน

ห้องปฏิบัติการเสมือนเป็นห้องปฏิบัติการที่สนับสนุนการเรียนการสอนโดยใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ให้แก่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ สามารถกระทำได้เสมือนบรรยากาศการพบกันจริง ๆ (ฉัตรระพี โพธิ์ปิตกุล, 2555)

ศุภฤกษ์ คำแปล (2558) ได้กล่าวโดยสรุปว่าปฏิบัติการเสมือนอิเล็กทรอนิกส์เป็นสื่อสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเสมือนหนึ่งผู้เรียนอยู่ในห้องเรียนปกติซึ่งถูกพัฒนาขึ้นด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่มีคุณสมบัติสร้างเครื่องมือทางการเรียนรู้ที่มีรูปแบบเป็นดิจิทัล แล้วนำเข้าสู่ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์หรืออินเทอร์เน็ตเป็นบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหาองค์ความรู้ โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ ฝึกปฏิบัติ เก็บเกี่ยวประสบการณ์ได้ด้วยตนเองแบบไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่และเวลา ปฏิบัติการเสมือนอิเล็กทรอนิกส์เป็นสื่อสนับสนุนการเรียนการสอนที่สามารถจำลองการทดลองต่าง ๆ ของทุกขั้นตอนในห้องปฏิบัติการปกติ ซึ่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้ซ้ำ ๆ โดยไม่เกิดค่าใช้จ่ายและการเสื่อมสภาพของเครื่องมือ เมื่อผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติทดลองฝึกด้วยตนเองอยู่บ่อยครั้ง จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะและความชำนาญส่งผลให้เกิดองค์ความรู้ที่อยู่กับผู้เรียนอย่างคงทน

อัญชญา กลิ่นเทียน และวรรณชัย วรรณสวัสดิ์ (2560) ได้กล่าวถึงห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงไว้ว่า เป็นการเรียนที่จะช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยสามารถเลือกเวลา และสถานที่ที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และมีคุณภาพเช่นเดียวกับห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลองจริงทุกประการ แต่ไม่มีอาคาร สถานที่และไม่มี การพบหน้ากัน (Face to face contact) ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ในการทดลองสมมติฐานที่ตั้งไว้รวมทั้งสังเกตผลที่ได้จากการทดสอบทำให้ผู้เรียนไม่เสี่ยงกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลองจริงหรือสถานการณ์จริงที่มีค่าใช้จ่ายสูง และเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการทดลองในห้องปฏิบัติการจริงบนหน้าจออย่างง่าย ๆ จะอนุญาตให้ผู้เรียนควบคุมการทดลองได้ และเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ให้คล้ายคลึงกับห้องปฏิบัติการจริงมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนให้ค้นพบหลักการต่าง ๆ สำหรับตัวเองส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน และพัฒนาทักษะกระบวนการคิดของผู้เรียนได้

Pramono, Prajanti, Wibawanto (2019) ได้ให้คำนิยามของห้องปฏิบัติการเสมือนจริงไว้ว่า ห้องปฏิบัติการเสมือนคือสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่จำลองโลกแห่งความเป็นจริงเพื่อจุดประสงค์ในการค้นพบการเรียนรู้ ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงสามารถจัดหาเครื่องมือวัสดุและชุดปฏิบัติการให้กับนักเรียนบนหน้าจอเพื่อทำการทดลองด้วยตนเองตามอัธยาศัย ในห้องทดลองเสมือนนักเรียนจะโต้ตอบกับเครื่องมือทดลองเสมือนจริง โดยนักเรียนสามารถโต้ตอบกับวัตถุเสมือนที่สร้างโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ห้องปฏิบัติการเสมือนเป็นห้องปฏิบัติการที่สนับสนุนการเรียนการสอนโดยใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ ผึกปฏิบัติ เก็บเกี่ยวประสบการณ์ ได้ด้วยตนเองแบบไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่และเวลา อีกทั้งยังสามารถใช้ในการทดลองสมมติฐานที่ตั้งไว้รวมทั้งสังเกตผลที่ได้จากการทดลองทำให้ผู้เรียนไม่เสี่ยงกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลองจริงหรือสถานการณ์จริงที่มีค่าใช้จ่ายสูง ห้องปฏิบัติการเสมือนเป็นสื่อสนับสนุนการเรียนการสอนที่สามารถจำลองการทดลองต่าง ๆ ของทุกชั้นตอนในห้องปฏิบัติการปกติได้

## 1.2 ประเภทของห้องปฏิบัติการเสมือน

ประเภทของห้องปฏิบัติการเสมือนตามระบบความเป็นจริงเสมือน ตามวิธีการใช้ และหลักการทำงานของอุปกรณ์เทคโนโลยีที่แตกต่างกันไว้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ ระบบสัมผัสเต็มรูปแบบ (Fully-immersive VR) ระบบรับสัมผัสบางส่วนหรือกึ่งรับสัมผัส (Semi immersive VR) และระบบความเป็นจริงเสมือนผ่านหน้าจอ (Non-immersive VR หรือ Desktop VR) (พรพิมลประพศิตติ, 2561)

1. ระบบรับสัมผัสเต็มรูปแบบระบบรับสัมผัสเต็มรูปแบบ (Fully-immersive VR) เป็นระบบที่ให้ประสบการณ์เสมือนที่ดีที่สุด และเป็นต้นแบบของระบบความเป็นจริงเสมือนที่เกิดขึ้นในยุคแรกยังคงได้รับความสนใจตลอดมาจนกระทั่งปัจจุบันเป็นระบบที่ผู้เรียนสามารถรับรู้ข้อมูลด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 อย่างเต็มรูปแบบ โดยผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เสริมพิเศษ ผู้เรียนต้องสวม เพื่อเป็นตัวช่วยรับสัมผัสกับคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์เหล่านี้จะครอบคลุมอวัยวะสัมผัสของผู้ที่ใช้ได้แก่ ตา มือ และผิวหนัง ซึ่งเป็นอวัยวะที่ทำให้เราสามารถติดต่อกับโลกภายนอกได้ และเมื่อผู้เรียนสวมจอภาพประกอบด้วยจอมอนิเตอร์ ทำหน้าที่แสดงภาพ 3 มิติ และเครื่องรับรู้ที่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในจอภาพจะส่งข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของศีรษะไปยังคอมพิวเตอร์วงจรไฟฟ้า และซอฟต์แวร์จะจัดการให้เกิดภาพในจอมอนิเตอร์ในขณะที่เรามองดูรอบรอบ ๆ ด้วยการหันศีรษะก้มหรือเงย โดยรูปที่แสดงผลจะเปลี่ยนมุมมองเลื่อนไปตามสายตาของผู้เรียนเช่นเดียวกับการมองปกติ

2. ระบบรับสัมผัสบางส่วน หรือกึ่งรับสัมผัสระบบรับสัมผัสบางส่วน หรือกึ่งรับสัมผัส (Semi-immersive VR) เป็นระบบที่นำเอาแนวความคิดมาจากการจำลองการบินมาใช้ประมวลผลกราฟิกสมรรถภาพสูง หลักการทำงานคล้ายกับรุ่นแรกคือระบบรับสัมผัสเต็มรูปแบบ แต่พัฒนาระบบจอภาพให้มีมุมกว้างออกไป(Wide angle display) ส่งสัญญาณเป็นความถี่สูง และจอภาพขนาดใหญ่จะทำให้ผู้เรียนงานมีความรู้สึกสมจริงอย่างไรก็ตามการทำให้ได้รูปที่มีคุณภาพจำเป็นต้องอาศัยความชำนาญในการติดตั้งอุปกรณ์ฉายภาพเพื่อให้ได้สี รูปทรง และความคมชัดตรงกับความเป็นจริง ความละเอียดของระบบฉายภาพต้องอยู่ในช่วง 1000-3000 เส้น ซึ่งแสดงภาพได้ละเอียดกว่าจอภาพสวมศีรษะ หากต้องการภาพในระดับสูงสุดจำเป็นต้องใช้ระบบฉายภาพแบบ Multiple projection systems ซึ่ง



มีราคาแพง อุปกรณ์แสดงผลจอหลัก ได้แก่ จอภาพมอนิเตอร์ขนาดใหญ่ (A large screen monitor) ระบบจอภาพอย่างกว้าง (Wide- screen projection systems) และแว่นตามองภาพ 3 มิติ (Shutter glasses) เป็นต้น อุปกรณ์ในส่วนข้อมูลนำเข้า ได้แก่ จอยสติค หรือคั่นโยก (Joystick) และอุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ในสิ่งแวดล้อม 3 มิติ

3. ระบบความเป็นจริงเสมือนผ่านหน้าจอ ระบบความเป็นจริงเสมือนผ่านหน้าจอหรือที่เรียกว่า ระบบเสมือนแบบเทียม (Artificial reality) เป็นระบบที่ให้ประสบการณ์เสมือนที่น้อยที่สุดเป็นการรับสัมผัสด้วยการใช้ประสาทสัมผัสทางตาคุณภาพผ่านจอมอนิเตอร์ และควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยมือบังคับอุปกรณ์เพื่อเปลี่ยนมุมมอง เสมือนว่าได้เคลื่อนที่อยู่ในสถานที่นั้นจริง ซึ่งผู้เรียนจะต้องใช้จินตนาการสูงกว่าประเภทอื่น ๆ และมีปฏิสัมพันธ์กับระบบ โดยจะนั่งอยู่หน้าจอ และใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยมือ เช่น คีย์บอร์ด (Keyboard) เมาท์ (Mouse) แทร็กบอล (Trackball) เป็นต้น ระบบความเป็นจริงเสมือนผ่าน หน้าจอนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาในยุคหลังเพื่อพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ในเชิงธุรกิจ ซึ่งต่อมาก็ได้รับความนิยมและมีการพัฒนามาใช้ในวงการต่าง ๆ มากขึ้นเนื่องจากระบบรับสัมผัสเต็มรูปแบบ ต้องใช้อุปกรณ์เสริมที่มีราคาแพง และขนาดใหญ่จึงมีการหันมาพัฒนาทางด้านซอฟต์แวร์แทนเพื่อลดการใช้อุปกรณ์เสริมลงให้เหลือเพียงการทำงานบนจอคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะพัฒนาระบบเสมือนแบบเทียม (Artificial reality) รับสัมผัสด้วยการใช้ประสาทสัมผัสทางตาคุณภาพผ่านจอคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน และควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยมือบังคับเมาส์ (Mouse) หรือนิวส์ที่ใช้ในการสัมผัสหน้าจอเพื่อควบคุมในการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือน

### 1.3 รูปแบบของปฏิบัติการเสมือน

รูปแบบปฏิบัติการเสมือน ประกอบด้วย 3 รูปแบบโดยมีรายละเอียดดังนี้ (คันสนีย์ สังสรรค์ อนันต์, 2551)

1. การทดลองเกิดขึ้นพร้อมกัน (Concurrent Model) เป็นรูปแบบที่ทำปฏิบัติการทดลองโดยผู้เรียนเลือกที่จะทำปฏิบัติการทดลองใดก่อนก็ได้ โดยเลือกจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ใน การทดลอง ในการทดลองรูปแบบนี้หากผู้เรียนไม่มีทักษะอาจเกิดความสับสนเนื่องจากไม่มีการกำหนดขั้นตอนให้ผู้เรียน

2. การทดลองตามกำหนด (Serial Model) เป็นรูปแบบที่ผู้เรียนต้องทำการทดลองตามที่กำหนดและต้องปฏิบัติตามทุกขั้นตอน เมื่อผู้เรียนทดลองเสร็จแล้ว การทดลองต่อไปจะปรากฏขึ้นตามลำดับ ในการทดลองรูปแบบนี้ผู้เรียนจะเข้าใจขั้นตอนได้ง่ายและมีการทดลองเป็นขั้นตอน อีกทั้งง่ายต่อการออกแบบเนื่องจากการทดลองถูกกำหนดไว้เป็นขั้นตอน

3. การทดลองแบบผสม (Combined Model) เป็นการรวมการทดลองทั้ง 2 รูปแบบไว้ด้วยกัน ผู้เรียนสามารถเลือกทำการทดลองได้ตามความต้องการ โดยช่วงแรกผู้เรียนจะเรียนตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ จากนั้นผู้เรียนเลือกตามความต้องการได้

#### 1.4 ข้อได้เปรียบของห้องปฏิบัติการเสมือน

ข้อได้เปรียบของการใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน มีดังต่อไปนี้ (ฉัตรแก้ว ศรีวงศ์, 2556)

1. สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากอันตรายอันอาจเกิดขึ้นได้เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง ตัวอย่างเช่น การจำลองเหตุการณ์ในสถานพยาบาลเมื่อแพทย์หรือพยาบาลต้องการทำการตรวจ วินิจฉัยและรักษาคนไข้ซึ่งมีอาการในลักษณะที่แตกต่างกัน การตรวจวินิจฉัยโรคที่ไม่ถูกต้องอาจจะส่งผลให้คนไข้มีอาการหนักและถึงแก่ชีวิตได้ การได้ฝึกจากห้องปฏิบัติการเสมือนจะช่วยเตรียมความพร้อมให้แก่แพทย์และพยาบาลก่อนทำการตรวจจริงเป็นการลดความเสี่ยงซึ่งอาจเกิดขึ้นได้

2. ช่วยลดค่าใช้จ่าย เมื่อเปรียบเทียบการเรียนการสอนโดยใช้ของจริง เช่นการจำลองการฝึกบิน เพื่อให้นักบินได้สร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือต่าง ๆ ในห้องเครื่อง รวมทั้งการฝึกบิน (ขั้นต้น) กับปฏิบัติการเสมือน ทั้งนี้หากเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องบินจริง ๆ แล้ว การใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้มาก

3. สามารถทำให้การเรียนการสอนในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งยากแก่การสังเกตหรือมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาเป็นความจริงขึ้นมาได้ เช่น การจำลองการเติบโตและการพัฒนาของเมืองซึ่งต้องใช้เวลานานในการศึกษาผลลัพธ์จากการตัดสินใจของผู้เรียน หรือการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ปรากฏการณ์เรือนกระจก ฯลฯ โดยห้องปฏิบัติการเสมือน สามารถที่จะช่วยขยายระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้ผู้เรียนสามารถทำการศึกษาได้ เช่น การจำลองการเดินทางของแสง ซึ่งเกิดขึ้นเร็วมากโดยที่ไม่สามารถสังเกตได้ เป็นต้น

4. ในด้านแรงจูงใจของผู้เรียนนั้น มีการนำเสนอเหตุการณ์และทางเลือกให้ผู้เรียนตัดสินใจในรูปแบบของกิจกรรมหลากหลายรูปแบบซึ่งเป็นการให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างสม่าเสมอและต่อเนื่องทั้งบทเรียน ดังเช่นการได้โต้ตอบทำให้ผู้เรียนย่อมจะได้รับแรงจูงใจหรือกระตือรือร้นที่จะพยายามรักษาคนไข้ให้หายจากโรคได้มากกว่าการอ่านจากตำรา (ทางการแพทย์) เป็นต้น

5. ช่วยให้เกิดการถ่ายโอนความรู้หรือความสามารถของผู้เรียนในการประยุกต์ใช้ทักษะหรือความรู้ที่เรียนจากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้เป็นอย่างดีเพราะการที่ได้มีส่วนร่วมในสถานการณ์จำลองจะช่วยสร้างความพร้อมให้กับผู้เรียนเป็นอย่างดีก่อนที่จะทำการลงมือปฏิบัติ ดังนั้นหลังจากการใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนแล้ว ผู้เรียนย่อมจะมีความพร้อมได้ดีกว่าจากการอ่านจากตำรา แต่เพียงอย่างเดียว

สามารถสรุปข้อได้เปรียบของห้องปฏิบัติการเสมือนได้ว่าห้องปฏิบัติการเสมือนช่วยลดความเสี่ยงจากอันตรายอันอาจเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการจริง ช่วยลดค่าใช้จ่าย เพิ่มแรงจูงใจให้กับผู้เรียน ทำให้การเรียนการสอนง่ายขึ้น และเกิดการถ่ายโอนความรู้หรือความสามารถของผู้เรียนในการประยุกต์ใช้ทักษะหรือความรู้ที่เรียนจากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนที่ผู้วิจัยทำนี้จะช่วยลดความเสี่ยงจากอันตรายของการแตกหักของอุปกรณ์ และลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่าง ๆ ในการฝึกปฏิบัติการของผู้เรียน อีกทั้งช่วยให้การเรียนการสอนง่ายขึ้น พร้อมทั้งลดระยะเวลาในการทำปฏิบัติการ เพิ่มแรงจูงใจให้กับผู้เรียน ช่วยสร้างความพร้อมให้กับผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนและเครื่องมือในการสร้างห้องปฏิบัติการเสมือน

หัวข้อ	การพัฒนาห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน เรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (พรนภา อางสว่าง, 2558)	การพัฒนาบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องสารละลายกรดและเบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (สุรจิรา บุญเลิศ และ มะยูโซ๊ะ ฎโน, 2557)
องค์ประกอบของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือน	<p>ส่วนที่ 1 แล็บอุปกรณ์และสารเคมี เป็นแล็บที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในการทำการทดลอง</p> <p>ส่วนที่ 2 พื้นที่การทำงานหรือพื้นที่ทำการทดลอง เป็นพื้นที่ที่ให้นักเรียนสามารถทำการทดลอง</p> <p>ส่วนที่ 3 พื้นที่ในการนำเสนอ เป็นส่วนที่ให้นักเรียนนำเสนอสิ่งต่างๆ ที่ผู้วิจัยต้องการสร้างให้สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องนั้นๆ เช่น ข้อความ คำอธิบาย</p>	<p>ส่วนที่ 1 แล็บอุปกรณ์และสารเคมี</p> <p>ส่วนที่ 2 พื้นที่การทำงานหรือพื้นที่ทำการทดลอง เป็นพื้นที่ที่ให้นักเรียนสามารถทำการทดลองได้</p> <p>ส่วนที่ 3 พื้นที่ในการนำเสนอ เป็นส่วน ที่ผู้วิจัยต้องการสร้างให้สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องนั้นๆ เช่น ข้อความ คำอธิบาย</p>
เครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง	Yenka Science chemical	Yenka Science Chemistry

จากตารางที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1. แล็บอุปกรณ์และสารเคมี 2. พื้นที่ทำงานหรือทำการทดลอง 3.

พื้นที่ในการนำเสนอ ดังนั้นการออกแบบห้องปฏิบัติการเสมือนเคลื่อนที่ควรประกอบไปด้วยองค์ประกอบทั้ง 3 ส่วนนี้

## 2. โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้

### 2.1 ความหมายของโมบายล์แอปพลิเคชัน

โมบายล์เลิร์นนิงเป็นการเรียนในยุคดิจิทัลที่ได้ผนวกรวมชีวิตประจำวันและเคลื่อนที่ไปตามสถานที่และเวลาของผู้เรียน ด้วยเครื่องมืออุปกรณ์สื่อสารที่ผู้เรียนพกพาติดตัว การเรียนรู้จึงเกิดขึ้นได้ทุกหนทุกแห่งและทุกเวลา (ใจทิพย์ ณ สงขลา, 2561)

นริศรา มีมาก (2560) ได้กล่าวถึงโมบายล์แอปพลิเคชัน (Mobile Application) ประกอบขึ้นด้วยคำสองคำ คือ โมบาย (Mobile) คืออุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการพกพา ซึ่งนอกจากจะใช้งานได้ตามพื้นฐานของโทรศัพท์แล้ว ยังทำงานได้ เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่พกพาได้ จึงมีคุณสมบัติเด่น คือ ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้พลังงานค่อนข้างน้อย ปัจจุบันมักใช้ทำหน้าที่ได้หลายอย่าง ติดต่อ แลกเปลี่ยนข่าวสาร กับคอมพิวเตอร์ได้ และที่สำคัญคือสามารถเพิ่มหน้าที่การทำงานได้ สำหรับ แอปพลิเคชัน (Application) จะหมายถึง ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อช่วยการทำงานของผู้ใช้ (User) โดย แอปพลิเคชัน จะต้องมีส่วนที่เรียกว่า ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface: UI) เพื่อเป็นตัวกลางการใช้งานต่าง ๆ ดังนั้น โมบายล์แอปพลิเคชัน หมายถึง แอปพลิเคชันที่ช่วยการทำงานของผู้ใช้ อุปกรณ์สื่อสารแบบพกพา เช่น สมาร์ทโฟน ซึ่งแอปพลิเคชันเหล่านั้นจะทำงานบนระบบปฏิบัติการ (Operation System: OS) ที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่าง เช่น แอปพลิเคชันเฟซบุ๊ก (Facebook Application) ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส (IOS) ของเครื่องไอโฟน (iPhone) และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ของเครื่องซัมซุง (Samsung)

ภัทรพล ต้นตระกูล (2561) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนแบบโมบายล์เลิร์นนิง (Mobile learning) หรือเอ็มเลิร์นนิง หมายถึง การเรียนรู้จากกระบวนการสื่อสารผ่านช่องทางการใช้เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย และแบบพกพาที่สามารถกระทำได้ในทุกเวลา ทุกสถานที่ ตามศักยภาพการเชื่อมโยงของเทคโนโลยีที่ใช้นั้น และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของการศึกษาเรียนรู้จากการกระทำดังกล่าวของผู้เรียน หรือ ผู้ใช้สำหรับพัฒนาการเรียนแบบโมบายล์เลิร์นนิง (Mobile learning : M-learning) จะเป็นพัฒนาการที่มีความสัมพันธ์ และพัฒนามาจากการเรียนการสอนในระบบการเรียนรู้ออนไลน์ (Distance learning : D-learning) และการเรียนแบบอิเล็กทรอนิกส์หรือแบบอีเลิร์นนิง (Electronics learning : E-learning) ในทางปฏิบัติแล้วเอ็มเลิร์นนิงจะเป็นการเรียนในรูปแบบแบบอีเลิร์นนิงที่ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์แบบพกพาเพื่อเข้าถึงบทเรียน และเพิ่มประสบการณ์ทางการเรียนของผู้เรียน

อนเนชา วิชาไชย, พรรณวิไล ดอกไม้, ไพศาล วรคำ (2563) ได้กล่าวถึงโมบิลแอปพลิเคชันเป็นการเปลี่ยนสภาพการเรียนรู้จากที่ยึดผู้สอนเป็นศูนย์กลางไปสู่การสร้างปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับนักเรียนจึงเป็นการส่งเสริมให้มีการสื่อสารกับเพื่อนและผู้สอนมากขึ้น สามารถรับข้อมูลที่ไม่มีการระบุชื่อได้ ซึ่งทำให้นักเรียนที่ไม่มีความมั่นใจกล้าที่จะแสดงออกมากขึ้นสามารถส่งข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้สอนได้ ใช้ได้สะดวกสบายและมีประสิทธิภาพทั้งในสภาพแวดล้อมทางการเรียนและการทำงาน ส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นทางการเรียน และมีความรับผิดชอบต่อการเรียนด้วยตนเอง

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า โมบิลแอปพลิเคชัน หมายถึงแอปพลิเคชันที่ช่วยการทำงานของผู้ใช้ อุปกรณ์สื่อสารแบบพกพา เช่น สมาร์ทโฟน ซึ่งแอปพลิเคชันเหล่านั้นจะทำงานบนระบบปฏิบัติการ (Operation System: OS) ที่แตกต่างกันไป สามารถใช้ได้สะดวกสบายและมีประสิทธิภาพทั้งในสภาพแวดล้อมทางการเรียนและการทำงาน ส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นทางการเรียน สามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา โดยไม่จำกัดสถานที่ และมีความรับผิดชอบต่อการเรียนด้วยตนเอง

## 2.2 แนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์

แนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มีทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ Native apps, HTML5 apps และ Hybrid apps ซึ่งนักพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ควรมีความเข้าใจในแต่ละรูปแบบ ดังต่อไปนี้ (รัฐภัทร เมฆลาย, 2560)

1. Native apps คือ การพัฒนาแอปพลิเคชันแบบอิง Platform เช่น IOS หรือ Android โดยจะมีเครื่องมือและภาษาที่ใช้พัฒนาที่กำหนดมาให้ เช่น Android Studio กับ ภาษา JAVA หรือ Xcode กับ Objective-C เป็นต้น

2. HTML5 apps คือ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน โดยการใช้ HTML5, Javascript และ CSS โดยสามารถทำงานได้ทุก platform และทุกอุปกรณ์ แต่จะไม่สามารถเข้าถึงการทำงานอื่นของโทรศัพท์ได้ เช่น กล้อง ปฏิทิน หรือสมุดโทรศัพท์ เป็นต้น

3. Hybrid apps คือ การฝัง HTML5 apps ลงไปใน Native apps ซึ่งเป็นการรวมองค์ประกอบของ Native และ HTML5 เข้าด้วยกัน

อภิศักดิ์ อัจฉินันท์ (2557) ได้กล่าวถึงโมบายแอปพลิเคชัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. เนทีฟแอปพลิเคชัน (Native Application) คือ แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นด้วยชุดคำสั่งเพื่อเอาไว้สำหรับพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันของ OS Mobile นั้นโดยเฉพาะ ข้อดีคือผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้ง่าย จาก Google Play หรือ Apple's App Store รวมถึงการทำงานแบบไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในบางแอปพลิเคชัน ทำให้ผู้ใช้งานสะดวก

2. ไฮบริดแอปพลิเคชัน (Hybrid Application) คือ แอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยจุดประสงค์ที่ต้องการให้สามารถรันบนระบบปฏิบัติการได้ทุก OS โดยใช้ชุดคำสั่งเข้าช่วย เพื่อให้

สามารถทำงานได้ทุกระบบปฏิบัติการ และหลายแพลตฟอร์ม ในแอปพลิเคชันเดียว จึงมีข้อดีคือทำให้ผู้พัฒนาไม่ต้องเสียเวลาในการพัฒนาเพราะเขียนชุดคำสั่งครั้งเดียว สามารถใช้ได้ทุกแพลตฟอร์มและเสียค่าใช้จ่ายน้อย

3. เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) คือ แอปพลิเคชันที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อเป็น Browser สำหรับการใช้งานเว็บเพจต่าง ๆ ซึ่งถูกปรับแต่งให้แสดงผลแต่ส่วนที่จำเป็น เพื่อเป็นการลดทรัพยากรในการประมวลผลของตัวเครื่องสมาร์ทโฟน หรือ แท็บเล็ต ทำให้โหลดหน้าเว็บไซต์ได้เร็วขึ้น ข้อดีคือใช้งานง่ายได้สะดวกทุกที่ ทุกเวลา รวมถึงมีการอัปเดต แก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา และใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม

แนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชันทั้ง 3 รูปแบบ ค้นพบว่าหากต้องการ แอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถเข้าถึงฟังก์ชันการทำงานของแต่ละ Platform ได้เต็ม ประสิทธิภาพควรเลือกแนวการพัฒนาแบบ Native หากต้องการประหยัดทรัพยากรที่ใช้ในการพัฒนา ทั้งแรงงาน เวลา และงบประมาณ ควรเลือกแนวการพัฒนาแบบ Hybrid หรือ HTML5

## 2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแอปพลิเคชัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันมีเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.3.1 MIT App Inventor

MIT App Inventor เป็นสภาพแวดล้อมการเขียนโปรแกรมด้วยภาพที่ใช้งานง่ายซึ่งช่วยให้ทุกคนแม้กระทั่งเด็ก ๆ ก็สามารถสร้างแอปพลิเคชันที่ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์สำหรับสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต สามารถสร้างแอปพลิเคชันบนมือถือคือ Android ได้หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นเกมส์ หรือโปรแกรมเพื่อการศึกษา ผู้ที่เพิ่งเริ่มใช้ MIT App Inventor สามารถมีแอปพลิเคชันแรกที่ใช้ได้ง่ายได้ภายในเวลาไม่ถึง 30 นาที และนอกจากนี้คำสั่งที่อยู่ในรูปแบบของบล็อกช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างแอปที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพ ใช้เวลาน้อยกว่าการเขียนโปรแกรมแบบเดิมอย่างมาก (ภูมินทร์ ดวงหาค้าง, พัฒน์นรี ศรีสมพันธ์ และโรเบิร์ต แบทซิงเงอร์, 2560)

MIT App Inventor พัฒนาโดยบริษัท Google ร่วมมือกับสถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology) เป็นเครื่องมือที่ใช้สร้างแอปพลิเคชันที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์(Android) โดย MIT App Inventor ใช้หลักการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงคอมโพเนนต์ (Component-based Software Development) ทำให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันได้ง่าย โดยไม่ต้องเขียนรหัสคำสั่ง (Source code) ภาษาจาวา

MIT App Inventor เป็นสัญญาอนุญาตแบบ เปิดกว้างโดยสงวนสิทธิเฉพาะแหล่งที่มา (Creative Commons Attribution 4.0 International License) คือ อนุญาตให้นำแอปพลิเคชันไปใช้ได้ดัดแปลงแก้ไขแอปพลิเคชันได้ และนำแอปพลิเคชันไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ แต่ต้องอ้างอิงถึงแหล่ง

ที่มาหรือเจ้าของผลงาน ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งกับเจ้าของแอปพลิเคชัน ที่ยังคงมีสิทธิในแอปพลิเคชัน และยังสามารถเผยแพร่และแบ่งปันให้ผู้อื่นนำแอปพลิเคชันนั้นไปใช้งาน และพัฒนาต่อยอดได้

**การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์** ขั้นตอนของการพัฒนาแอปพลิเคชันบน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยทั่วไป จะมี 4 ขั้นตอนดังนี้

1. สร้างโปรเจกต์ในการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยจะต้องจัดเตรียมโพลเดอร์เพื่อจัดเก็บรหัสคำสั่ง และไฟล์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชัน
2. ออกแบบและพัฒนาหน้าจอส่วนติดต่อกับ ผู้ใช้ (User interface) โดยใช้ภาษาเอกซ์เอ็มแอล XML (Extensible Markup Language) ซึ่งจะได้ไฟล์ชื่อ main.xml สำหรับใช้เป็นตัวควบคุมเค้าโครง (Layout) ของส่วนประกอบต่างๆ เก็บไว้ในโพลเดอร์res/layout
3. เขียนรหัสคำสั่งสำหรับการทำงานของแอปพลิเคชันตามที่ต้องการ โดยใช้รหัสคำสั่งภาษาจาวา (Java) ซึ่งรหัสนี้จะเก็บไว้ในโพลเดอร์ src/package
4. ทดสอบแอปพลิเคชันที่พัฒนาในอุปกรณ์เสมือน AVD (Android Virtual Device) หรือบนอุปกรณ์ ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

#### ลักษณะของโปรแกรม MIT App Inventor

โปรแกรมประกอบด้วยหน้าต่างการใช้งาน ดังนี้

ส่วนที่ 1 User interface เป็นหน้าต่างรวมคุณสมบัติที่เราต้องการเช่น ปุ่มกด ปุ่มวาง ตำแหน่งของภาพ การใส่ตำแหน่งข้อความ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 Components เป็นหน้าต่างที่บอกเราได้ว่าในแอปพลิเคชันของเรานั้น ได้ทำการใส่องค์ประกอบส่วนใดเข้าไปบ้าง Advertisement

ส่วนที่ 3 Properties หน้าต่างที่ทำให้เราเลือกปรับแต่งคุณสมบัติเพิ่มเติมได้เช่น ขนาดและรูปแบบของปุ่ม ตำแหน่งข้อความ เป็นต้น

ส่วนที่ 4 Blocks เป็นหน้าหลักในการออกแบบการเขียนโปรแกรมโดยใช้การทำงานคล้ายตัวต่อเลโก้

**ข้อจำกัดของ MIT App Inventor** แอปพลิเคชันที่พัฒนาโดยใช้ AI2 ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น คอมโพเนนต์ในกลุ่มที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้บางตัว ยังมีข้อจำกัดบางประการ ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการเข้าถึงอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ เนื่องจากยังขาดคอมโพเนนต์ที่ทำหน้าที่บางอย่าง เช่น การขาดคอมโพเนนต์ที่ทำหน้าที่ในการบันทึกและอ่านแฟ้ม (File) ที่อยู่ในระบบจัดเก็บแฟ้มของโทรศัพท์มือถือ และการขาดคอมโพเนนต์ที่ทำหน้าที่จัดการกับรายชื่อผู้ติดต่อ (Contact list) ยังขาดคอมโพเนนต์สำหรับเข้าถึงเว็บโดยตรง ต้องติดต่อผ่าน API คือ ต้องทำการเขียนรหัสคำสั่งเพื่อสร้างช่องทางการเชื่อมต่อเตรียมไว้บนเว็บไซต์

### 2.3.2 Unity 3D

**Unity** เป็นเครื่องมือ (engine) ที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรม ที่เกี่ยวกับงานสามมิติหรือสองมิติ ซึ่งสามารถทำงานได้บนหลายแพลตฟอร์ม อีกทั้งยังรองรับการพอร์ตเกมลงบนวินโดวส์ (Windows), โอเอสเอ็กซ์ (OS X) ซึ่งปัจจุบันได้เพิ่มความสามารถในการพอร์ตลงบนไอโอเอส (iOS), แอนดรอยด์ (Android) และล่าสุคบนแฟลชเพลเยอร์ (Flash Player) อีกด้วย

โดยวิธีการทำงานของ Unity จะแปลงตัว Unity โปรเจคซึ่งเป็น C# หรือ JavaScript ให้กลายเป็น Native ของ Platform นั้นๆ โดยใช้คำสั่งผ่าน Unity Api ทำให้ผู้ใช้งานสามารถพัฒนางานที่มีความหลากหลาย และสามารถลดต้นทุนในการทำงานได้มากขึ้น เนื่องจาก สามารถทำครั้งเดียวไปใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์มที่ Unity รองรับ

**2.3.3 Visual Studio Code** เป็นโปรแกรม Code Editor ที่ใช้ในการแก้ไขและปรับแต่งโค้ดเหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Windows, macOS และ Linux สนับสนุนทั้งภาษา JavaScript, TypeScript และ Node.js สามารถเชื่อมต่อกับ Git ได้ นำมาใช้งานได้ไม่ซับซ้อน มีเครื่องมือส่วนขยายต่าง ๆ ให้เลือกใช้อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็น 1.การเปิดใช้งานภาษาอื่น ๆ ทั้งภาษา C++, C#, Java, Python, PHP หรือ Go 2.Themes 3.Debugger 4.Commands โดยการนำ Visual Studio Code เข้ามาพัฒนาแอปพลิเคชันการจัดการโครงการเนื่องจากมี Tools ที่เข้าใจได้ง่าย มีการใช้งานง่ายกว่าโปรแกรมอื่นๆ เมื่อพิมพ์คำสั่งเข้าไปมีการรันคำสั่งต่างๆขึ้นมาโชว์เพื่อลดการทำงานให้แก่ผู้พัฒนาอีกด้วย และ Visual Studio Code ก็ยังรองรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยภาษา PHP, HTML, CSS ด้วย

**2.3.4 Construct 2** คือ เกมเอ็นจิน (Game Engine) ที่ใช้ในการสร้างเกมในรูปแบบ 2 มิติ จุดเด่นคือ ลดการเขียนโปรแกรม โดยใช้วิธีลากวาง (Drag and Drop) วัตถุต่าง ๆ และสามารถปรับแต่งคุณสมบัติของวัตถุนั้น ๆ ได้ ซึ่ง Construct 2 สามารถสร้าง ซอร์สโค้ด (Source code) เป็นภาษา HTML5 ทำให้เกมที่สร้างโดยใช้โปรแกรมนี้ สามารถนำไปรันได้บนหลากหลายอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต เป็นต้น โดยที่ผู้พัฒนาสร้างเกมเพียงครั้งเดียว

#### คุณสมบัติของโปรแกรม Construct 2

1. Quick & Easy การสร้างเกมด้วย Construct 2 สามารถทำได้ง่าย มีขั้นตอนน้อยไม่ซับซ้อน โดยการคลิกลาก และวางวัตถุ (Object) ลงบนหน้าจอเพิ่มพฤติกรรม (Behavior) ให้วัตถุ และทำให้วัตถุมีชีวิตด้วยเหตุการณ์ (Event) ทั้งนี้ผู้พัฒนาสามารถ Preview เพื่อทดสอบดูผลงานได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง

2. Powerful Event System ระบบการเขียนเหตุการณ์ของเกมถูกออกแบบมาให้ดูง่าย และใช้ภาษาที่ใกล้เคียงภาษามนุษย์ เพียงแค่ผู้พัฒนาเข้าใจระบบตรรกะ (Logic) พื้นฐาน จะสามารถ



สร้างเกมง่าย ๆ ได้ โดย Construct 2 จะบังคับให้ผู้พัฒนาเขียนตรรกะของเกมโดยใช้เหตุการณ์เท่านั้น ทำให้ผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องสนใจซอร์สโค้ดของเกม

3. Flexible Behaviors โปรแกรม Construct 2 จะเตรียมสิ่งที่เรียกว่า พฤติกรรมหลากหลายรูปแบบ เช่น กระทบได้ เป็น วัตถุทรงตัน (Solid) ขยับได้ 8 ทิศทาง สำหรับเพิ่มให้กับวัตถุในเกม ทำให้ลดขั้นตอนการทำงานลงได้มาก

4. Instant Preview ระบบ Preview ในโปรแกรม Construct 2 สามารถทำได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ license version ยังมี ระบบ Preview Over WIFI ที่ช่วยให้สามารถ preview เกมจาก Pc ด้วยมือถือหรือ Tablet ผ่าน WIFI ได้ทันที

5. Stunning Visual Effects โปรแกรม Construct 2 ได้เตรียม plug-in ที่เกี่ยวกับ effect ไว้มากมายเช่นกัน รวมไปถึง particle plug-in ที่ช่วยให้ผู้พัฒนาสามารถสร้าง effect สวย ๆ ได้

6. Multiplatform Export เพราะใช้ภาษา HTML5 เป็นหลัก Construct 2 จึงสามารถสร้างเกมสำหรับรันบนอุปกรณ์หลาย ประเภท โดยไม่ต้องแก้ไขไฟล์เกมมากนัก ซึ่งการเผยแพร่เกมไปยัง iOS หรือ Android จะต้องใช้ โปรแกรมอื่น ๆ เข้ามาช่วย

7. Easy Extensibility แม้ว่า Construct 2 จะมี Plug-in มากมายให้เลือกใช้อยู่แล้ว แต่ถ้าผู้พัฒนาต้องการใช้งานมากกว่านั้น ผู้พัฒนา สามารถเขียน Plug-in เอง หรือแบ่งปันกับเพื่อน ๆ นักพัฒนาได้ โดยการเขียน Plug-in จำเป็นต้องใช้ความรู้ ทางด้าน Java script หรือ GLSL

**ประโยชน์ของการใช้ Construct 2** ด้วยโปรแกรม Construct 2 ที่ใช้ในการสร้างเกม 2 มิติ ในโปรแกรมสามารถปรับแต่งคุณสมบัติของวัตถุนั้น ๆ ได้ ซึ่ง Construct 2 เป็นการสร้างเกม 2D ด้วยภาษา HTML5 แบบ WebGL ซึ่งเป็นเว็บเบราว์เซอร์ที่ถูกเขียนด้วย Java script เป็นตัวที่ทำให้ดึงประสิทธิภาพของ Graphic card ในการช่วยประมวลผลเพื่อทำให้การแสดงผลของเกมหรือห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงบนเบราว์เซอร์นั้นทำงานได้ดี สั้นไหลและไม่กระตุก

จากข้อมูลดังกล่าว งานวิจัยนี้มีการพิจารณาแล้ว ผู้วิจัยเห็นว่าโปรแกรม Construct 2 เหมาะสมเพื่อช่วยในการพัฒนาจึงเลือกใช้ในการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือน

## 2.4 ขั้นตอนการออกแบบโมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการศึกษา

ภสิทธ เมตตพันธ์ (2556) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการศึกษา ดังนี้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) มีการวิเคราะห์ เนื้อหา วัตถุประสงค์ แนวคิดและหลักการของการเรียนรู้ ให้มีความสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้แล้ววัตถุประสงค์ของบทเรียน
2. ขั้นตอนการออกแบบ (Design) มีการออกแบบโมบายแอปพลิเคชันตามรูปแบบการเรียนรู้

3. ขั้นการประเมิน (Evaluation) คือการสร้างแบบประเมินตามความเหมาะสมของโมบายแอปพลิเคชันโดยตามข้อคำถามกับการประเมินความเหมาะสมของโมบายแอปพลิเคชันซึ่งจะแบ่งข้อคำถามเป็น 2 ส่วน

3.1 แบบประเมินความเหมาะสมของโมบายแอปพลิเคชันการเรียนรู้ที่มีเกณฑ์การประเมินในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านตัวอักษร ด้านภาพประกอบ ด้านสี ด้านสัญลักษณ์รูปและปุ่ม ด้านการจัดการ รูปแบบ ด้านการนำเสนอเนื้อหา ด้านฟังก์ชันสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้

3.2 ข้อเสนอแนะและแบบประเมินเป็นแบบ Rating Scale 5 ระดับตาม Likert Scale และส่วนของการแสดงความคิดเห็นคำถามปลายเปิด ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

4. ขั้นการทดสอบ (Testing) นำโมบายแอปพลิเคชันไปทดสอบประสิทธิภาพโดยการทดสอบแบบ 1 ต่อ 13 คน (คัดเลือกนักเรียนจากผลการเรียน 3 ระดับ คือ เก่ง กลาง อ่อน ระดับละ 1 คน) และทดสอบกลุ่มเล็ก 9 คน (คัดเลือกนักเรียนจากผลการเรียน 3 คือ เก่ง กลาง อ่อน ระดับละ 3 คน)

5. นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขให้พร้อมก่อนนำไปใช้จริง

สวียา สุรมณีและรุ่งนภาพร ภูษาดา (2558) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการศึกษา ดังนี้

1. ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) ศึกษาเอกสารงานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์หลักสูตร กำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและองค์ประกอบในการสร้างโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา เพื่อให้ใช้เครื่องมือในการสร้างและพัฒนาที่เหมาะสม

2. ขั้นการออกแบบ (Design) ออกแบบและจัดทำโครงสร้างเนื้อหาของโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ เรื่ององค์ประกอบของระบบสารสนเทศ รวมถึงเขียนบทดำเนินเรื่องสตอรี่บอร์ดตามทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเยนาเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขบทเรียน

3. ขั้นการพัฒนา (Development) ดำเนินการสร้างโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ตามขั้นตอนที่ได้วางแผนออกแบบไว้ข้างต้นพร้อมนำโมบายแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น นำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและประเมินคุณภาพของโมบายแอปพลิเคชันและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4. ขั้นทดลองใช้ (Implementation) ผู้ศึกษานำโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง การทดลองให้กลุ่มตัวอย่างเรียนโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนแท็บเล็ต โดยให้ผู้เรียน 1 คน ต่อแท็บเล็ต 1 เครื่อง เป็นเวลา 60 นาที

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ และ ความพึงพอใจของผู้เรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

Cieza and Lujan (2018) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการศึกษา ดังนี้

1. ขั้นการวางแผน ลักษณะของผู้ใช้งานและวัตถุประสงค์ ความต้องใช้งานสำหรับโมบายแอปพลิเคชัน เช่น ปุ่มต่างๆบนหน้าจอ
2. ขั้นการออกแบบมีการออกแบบตามพฤติกรรมของผู้ใช้และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
3. ขั้นตอนการพัฒนาสำหรับขั้นตอนนี้มีการเลือกใช้ให้เหมาะกับโมบายแอปพลิเคชันของตนเอง
4. ขั้นการทดลองใช้การทดสอบนี้มีการทดลองเพื่อสามารถระบุข้อผิดพลาดของโมบายแอปพลิเคชัน

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่า ขั้นตอนการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการศึกษาที่สามารถครอบคลุมในการพัฒนาตามหลักการของ Addie Model ประกอบไปด้วย 5 ขั้น ได้แก่ 1. ขั้นการวิเคราะห์ 2. ขั้นการออกแบบ 3. ขั้นการพัฒนา 4. ขั้นทดลองใช้ 5. ขั้นประเมินผล

### 3. รูปแบบการเรียนผสมผสาน

#### 3.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนผสมผสาน

การจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน คือการเรียนที่ผสมการเรียนออนไลน์และการเรียนในชั้นเรียน โดยที่เนื้อหาส่วนใหญ่ส่งผ่านระบบออนไลน์ ใช้การอภิปรายออนไลน์มีการพบปะกันในชั้นเรียนบ้าง และมีส่วนที่น่าสนใจการ อภิปรายออนไลน์ถือเป็นการส่งผ่านเนื้อหาออนไลน์ (จักรพงษ์ กล่อมปัญญา, อุทิศ บำรุงชีพและปริญญา ทองสอน, 2561)

ธีรวดี ถึงบุตร (2552) กล่าวโดยสรุปไว้ว่า การเรียนแบบผสมผสานคือการนำเอาการเรียนการสอนในชั้นเรียนหรือการเรียนการสอนแบบเผชิญหน้าและแนวคิดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี มาใช้ในการเรียนการสอนหรือการเรียนการสอนออนไลน์ โดยการเรียนแบบนี้เป็นการเรียนแบบผสมผสานการเรียนทั้งสองแบบเพื่อให้ตอบสนองความต้องการของแต่ละบุคคล การนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย โดยการเรียนออนไลน์ที่ให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ติดต่อสื่อสาร และมีส่วนร่วมในการเรียนให้เมื่อกับการเรียนแบบปกติ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียน และพัฒนาความรู้ ความสามารถตามจุดประสงค์ที่กำหนด

ศรัณย์รัชต์ บุญญานุกรักษ์ และอนิรุทธ์ สติมัน. (2560) กล่าวโดยสรุปไว้ว่า การเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) เป็นการนำข้อดีของการเรียนแบบเผชิญหน้าในชั้นเรียนและการเรียนแบบออนไลน์มารวมกัน โดยการออกแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมว่าผสมผสานในระดับใด รูปแบบใด วิธีการสอนใด มีกิจกรรมการเรียนการสอนและเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ใด โดยผู้เรียนจะเรียนรู้เนื้อหาไปในทิศทางเดียวกัน มีความเข้าใจตรงกันผ่านสื่อออนไลน์ที่ไม่จำกัดเรื่องเวลา

สถานที่ สามารถเรียนรู้และทบทวนบทเรียนเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจได้เพิ่มขึ้นนอกเหนือจากการเรียนในห้องเรียนปกติ อีกทั้งยังมีการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบของสื่อมัลติมีเดีย ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และทักษะการสืบค้น ซึ่งการเรียนแบบผสมผสาน สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ท้าทายการตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลและศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของตนเองได้ดีขึ้น

โสภิตา สุวุฒโท (2555) กล่าวโดยสรุปไว้ว่า การเรียนแบบผสมผสานเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสร้างสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศในการเรียนรู้ วิธีการสอนของผู้สอน รูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน สื่อการเรียนรู้ช่องทางการสื่อสาร และรูปแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับเนื้อหา ผู้เรียนกับบริบทในการเรียนรู้ที่หลากหลาย และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นความยืดหยุ่น เพื่อตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากการเรียนรู้

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปว่า การเรียนรู้แบบผสมผสาน หรือที่เรียกว่า Blended learning หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผสมผสานรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย มีทั้งการเรียนรู้ในห้องเรียนและการเรียนรู้นอกชั้นเรียน หรือการใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่หลากหลาย เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสร้างสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศในการเรียนรู้ พร้อมทั้งเป็นการเรียนรู้ที่เน้นความยืดหยุ่น เพื่อตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล และมีเป้าหมายอยู่ที่การให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญ

### 3.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน

โสภิตา สุวุฒโท (2555) การเรียนรู้แบบผสมผสานประกอบด้วย 2 องค์ประกอบสำคัญดังนี้

1. ประเภทออฟไลน์ (Offline) หมายถึงการเรียนรู้ ในแบบที่ใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิมไม่มีการเชื่อมต่อกันโดยเทคโนโลยีเครือข่าย การเรียนรู้จึงเกิดขึ้นเฉพาะสถานที่ได้แก่

1.1 การเรียนรู้ ในสถานที่ทำงาน (Workplace Learning) หรือการเรียนรู้ในที่พักอาศัยได้แก่ การศึกษาบทเรียนหรือการเรียนรู้ จากงาน/การทำโครงการ การติดตามผลการศึกษารายกรณี และการเรียนรู้จากการเยี่ยมชม

1.2 การสอนเสริมแบบเผชิญหน้า (Face-to-Face Tutoring) ได้แก่ การสอนเสริม (Tutoring) การให้คำแนะนำ (Coaching) หรือการให้คำปรึกษา (Mentoring) ที่กระทำในลักษณะเผชิญหน้ากัน

1.3 การเรียนรู้ ในชั้นเรียน (Classroom Learning) เช่น การเรียนรู้ในชั้นเรียนปกติ การสัมมนา การศึกษาในสถานการณ์จำลอง การปฏิบัติ การจำลอง บทบาทสมมติและการประเมินผล

2. ประเภทออนไลน์ (Online) หมายถึง การเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์นวัตกรรม การสอน และวิธีการที่มีการใช้งานร่วมกันหลายคน ทั้งผู้สอน ผู้เรียน ผู้สอนเสริม หรือผู้ที่เกี่ยวข้องเข้ามาพบปะกันในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หรือเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ประกอบด้วยประเภทต่าง ๆ ดังนี้

2.1 การเรียนรู้ แบบออนไลน์ (Online Learning) เช่น e-Learning, Online Learning

2.2 การสอนเสริมแบบการใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-Tutoring) เช่น e-Coaching, e-Mentoring

2.3 การเรียนรู้ แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) เช่น e-Learning, Video Conferencing

2.4 การจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online Knowledge Management) ได้แก่ระบบบริหารการจัดการบทเรียน (Learning Management System : LMS) ระบบบริหารการจัดการเนื้อหาบทเรียน (Content Management System : CMS) ระบบบริหารการจัดการแบบทดสอบ (Testing Management : TMS) และระบบบริหารการจัดการนำส่งบทเรียน (Delivery Management System : DMS) รวมทั้งระบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการ เช่น ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) และคลังข้อมูล (Data Mining) เป็นต้น

2.5 การจัดการเรียนรู้ผ่านเว็บ (Web) เช่น เว็บช่วยสอน (Web base Instruction : WBI/Web Base Training : WBT) และเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีบริการอยู่บนเว็บ ได้แก่ การสนทนาผ่านเครือข่าย (Internet Chat) การประชุมทางไกลผ่านเครือข่าย (Conferencing) การสัมมนาผ่านเว็บ (Webinars) เป็นต้น

2.6 การเรียนรู้ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Learning) เช่น บทเรียน m-Learning บน PDA (Personal Digital Assistants) เป็นต้น

Singh and Reed (2001) ได้สรุปองค์ประกอบที่สำคัญในการเรียนรู้แบบผสมผสานไว้ดังนี้

1. ผู้เรียน ควรพิจารณาว่าผู้เรียนจะต้องเรียนรู้อะไร ระดับความรู้ต่างกันเพียงใด และผู้เรียนมาเรียนด้วยความตั้งใจหรือจำต้องมาเรียน

2. เนื้อหา เนื้อหาบางอย่างเหมาะกับการเรียนแบบออนไลน์ บางอย่างมีความซับซ้อนควรเลือกว่าจะนำมาสอนแบบใด

3. โครงสร้างพื้นฐาน หากมีข้อจำกัดในด้านสถานที่อาจจำเป็นต้องจัดการเรียนแบบออนไลน์ แต่ถ้าการเรียนนั้นไม่มีความจำเป็นต้องมีการเกี่ยวข้องกับภายนอกมากนัก อาจไม่มีความจำเป็นที่จะต้องจัดการเรียนแบบออนไลน์

### 3.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน

โสภิตา สุวุฒโท (2555) ได้กล่าวถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน มีดังนี้

1. การประเมินความต้องการทางการเรียนรู้ และตัวผู้เรียน จากผลการประเมินดังกล่าวจะเป็นสิ่งที่ช่วยในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้เนื่องจากการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ แบบผสมผสาน ดังนั้นเมื่อผู้ออกแบบได้กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนอย่างชัดเจนและมีเป้าหมายแล้วย่อมส่งผลต่อกระบวนการวางแผนการจัดกิจกรรมได้อย่างเป็นระบบโดยคำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียนในแต่ละเนื้อหาอย่างเป็นขั้นตอน

2. การวิเคราะห์ผู้เรียน การวางแผนพัฒนาการเรียนรู้ และการพัฒนากลยุทธ์การประเมินผล ในขั้นตอนนี้ เมื่อได้กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้แล้ว การวิเคราะห์ลักษณะของผู้เรียนทั้งทางด้านความรู้ และทักษะพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ความต้องการของผู้เรียน การวางแผนเพื่อการจัดลักษณะการเรียนรู้ในรูปแบบที่เหมาะสม เช่น การเรียนรู้ ด้วยตนเอง การเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อน หรือการเรียนรู้แบบร่วมมือให้เหมาะสมกับลักษณะบริบทสังคม

3. การวัดและประเมินผลผู้เรียน ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีที่มีอยู่รวมถึงการพัฒนากลยุทธ์การประเมินผลโดยการเตรียมระบบการประเมินผลอย่างเหมาะสมสอดคล้องกับการวางแผนการจัดการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้

4. การเตรียมระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านฮาร์ดแวร์และการเตรียมระบบซอฟต์แวร์รวมถึงช่องทางนำเสนอเนื้อหา ลักษณะของเนื้อหาที่ต้องการถ่ายทอด การพัฒนาเนื้อหา ลักษณะของระบบที่สร้างขึ้นให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายเพื่อประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนหรือการเลือกเนื้อหาบทเรียนให้เหมาะสมกับลักษณะและรูปแบบการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ ตลอดจนคำนึงถึงความพร้อมของการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีที่ได้รับเพื่อสามารถจัดเตรียมให้แก่ผู้เรียนได้จริง

5. การดำเนินการตามแผน กระบวนการติดตามผลและการประเมินผลเมื่อดำเนินการตามกระบวนการข้างต้นแล้วจะเข้าสู่การเริ่มต้นโปรแกรม หรือแผนงานโดยขั้นตอนที่ปฏิบัติควบคู่กันคือการติดตามผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ แบบผสมผสานซึ่งสามารถวัดและประเมินผลที่เกิดขึ้นทั้งจากการเรียนรู้ภายในชั้นเรียนแบบเผชิญหน้าและการเรียนรู้ภายนอกชั้นเรียน เพื่อนำข้อบกพร่องที่พบกลับมาแก้ไขและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ และบทเรียนจนเกิดความสมบูรณ์ และเหมาะสม

การจัดการเรียนรู้ แบบผสมผสานไม่ว่าจะเป็นการเรียนในชั้นเรียนแบบเผชิญหน้าหรือการเรียนนอกห้องเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ ย่อมมีทั้งข้อดีและข้อจำกัดซึ่งผู้สอนควรพิจารณาอย่างรอบคอบ การเรียนแบบผสมผสานที่นำมาปรับใช้ในการเรียนรู้มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดบางประการที่ควรคำนึงถึง ดังนี้

### ข้อดีของการเรียนแบบผสมผสาน

1. สามารถแบ่งเวลาเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้เนื้อหา
2. เป็นการสร้างมนุษยสัมพันธ์ หรือสร้างความสัมพันธ์ทางสังคมได้อย่างรวดเร็วและง่าย
3. เกิดการแลกเปลี่ยน การเชื่อมโยงทางความคิดระหว่างผู้เรียนอย่างรวดเร็วจากคำตอบหรือการอภิปราย ซึ่งสามารถเผยแพร่ไปสู่เพื่อนร่วมชั้น และผู้เรียนยังสามารถค้นพบความรู้จากการจัดประสบการณ์ในชั้นเรียนด้วยตนเอง
4. สามารถเข้าร่วมอภิปรายในช่วงเวลาและสถานที่ที่เอื้ออำนวย มีความยืดหยุ่นทางการเรียนและความสะดวกให้กับผู้เรียน
5. เลือกสถานที่เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในชั้นเรียนปกติหรือนอกชั้นเรียน
6. เป็นรูปแบบการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้แบบเดิมกับรูปแบบการเรียนรู้ในอนาคต
7. เป็นการเรียนรู้ที่เน้นด้วยสื่อผสมหลากหลายรูปแบบ
8. เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
9. สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ได้ดี
10. สามารถสร้างแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ดี
11. มีช่องทางในการเรียนรู้ได้หลากหลายและสามารถเข้าถึงผู้สอนหรือแหล่งข้อมูลได้ดี
12. สามารถมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ได้เนื่องจากไม่รู้สีกกดดันหรือถูกบังคับ
13. มีเวลาในการคิดพิจารณาอย่างรอบคอบมากขึ้นในการจัดเตรียมหรือหาความรู้ อย่างลึกซึ้งและชัดเจน ตลอดจนใส่ใจในการหาคำตอบ เป็นการปลูกฝังการหาความรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน
14. มีช่องทางในการเรียนรู้ได้หลากหลายสามารถเข้าถึงผู้สอนหรือแหล่งข้อมูลได้ดี
15. สามารถทบทวนความรู้เดิมและสืบค้นความรู้ใหม่ได้ตลอดเวลา
16. มีเวลาในการค้นคว้าข้อมูลได้อย่างอิสระ สามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลได้ดี
17. สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองตามระดับและอัตราการเรียนรู้ (Self-paced)

### ข้อจำกัดของการเรียนแบบผสมผสาน

1. ต้องมีความรับผิดชอบต่อตนเองค่อนข้างสูงในการเรียนรู้รูปแบบนี้
2. ความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละคนเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้แบบผสมผสาน
3. การเรียนภายในชั้นเรียนเป็นการเรียนที่มีเวลาอันจำกัดส่งผลให้บางครั้งผู้เรียนไม่สามารถไปถึงจุดมุ่งหมายทางการเรียนได้ลึกซึ้ง ขาดความยืดหยุ่นทางการเรียน เช่น ช่วงเวลาการอภิปรายในหัวข้อทางการเรียนที่ผู้เรียนต้องการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เรียนคนอื่น ๆ
4. ความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละคนเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้
5. การเรียนลักษณะนี้ไม่สามารถสร้างหรือสนับสนุนการแลกเปลี่ยน การมีส่วนร่วมทางการเรียน การเชื่อมโยงทางความคิดระหว่างผู้เรียนรวดเร็วเท่ากับการเรียนภายในชั้นเรียน

6. การเรียนภายนอกชั้นเรียน อาจก่อให้เกิดนิสัยการผลัดวันประกันพรุ่ง เช่น การเข้าไปเรียนตามความพึงพอใจเข้าศึกษาบทเรียนล่าช้ามักคิดว่าสามารถเข้าไปศึกษาเมื่อใดก็ได้

7. การเรียนนอกชั้นเรียนทำให้ขาดปฏิสัมพันธ์แบบเผชิญหน้าระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และมักไม่ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์อย่างแท้จริง จึงส่งผลให้ผู้เรียนในรูปแบบนี้อาจเกิดความพึงพอใจต่ำเนื่องจากขาดการเข้ากลุ่มทางสังคม

8. การเรียนภายในชั้นเรียน ผู้เรียนไม่สามารถมีส่วนร่วมได้ทุกคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าผู้เรียนมีลักษณะที่แตกต่างกันมากภายในชั้นเรียน

9. หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการใช้เครือข่ายหรือระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอาจเกิดปัญหาหรือเป็นจุดบอดในด้านการรับส่งสัญญาณ

10. ผู้เรียนต้องมีความรับผิดชอบต่อตนเองค่อนข้างสูงในการเรียนรู้รูปแบบนี้

11. รูปแบบการเรียนแบบผสมผสานอาจใช้งานค่อนข้างยาก โดยเฉพาะผู้ที่ขาดทักษะความรู้ด้านซอฟต์แวร์ ฉะนั้นผู้เรียนต้องมีทักษะ ความรู้ความเข้าใจในด้านงานคอมพิวเตอร์เพื่อการเข้าถึงข้อมูลในโลกอินเทอร์เน็ต

12. การใช้คอมพิวเตอร์หรือซอฟต์แวร์บางอย่างอาจไม่มีความพร้อมและมีราคาแพง

13. รูปแบบการเรียนแบบผสมผสานอาจมีความล่าช้าในการปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน

จากที่ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัด ในการจัดการเรียนรู้จะทำการเรียนแบบผสมผสานถึงจะประสบความสำเร็จ Sharpe, Benfield, and Francis (2006) กล่าวว่า การเรียนแบบผสมผสานจะประสบความสำเร็จและเกิดประสิทธิภาพสูงสุดต้องปฏิบัติตามปัจจัยพื้นฐานสำคัญในประเด็นต่อไปนี้

1. การใช้กระบวนการเรียนรู้แบบผสมผสานที่ถูกต้องตามหลักการทฤษฎีที่กำหนด ผู้ปฏิบัติต้องมีทักษะและความรู้ความเข้าใจที่ชัดเจนในการออกแบบการสอนเชิงปฏิสัมพันธ์

2. การใช้กระบวนการเรียนรู้ แบบผสมผสานควรพิจารณาบริบทของงานให้ละเอียด ความสำเร็จของการเรียนแบบผสมผสานเกิดจากศักยภาพของการปรับและยอมรับในเทคโนโลยีที่มีต่อการพัฒนาการเรียนรู้ ความสำเร็จต้องเริ่มตั้งแต่การออกแบบหลักสูตรการเรียนในลักษณะของการเรียนแบบผสมผสานสู่การปฏิบัติจริง

3. การใช้รูปแบบการเรียนแบบผสมผสานเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหลักสูตรที่ออกแบบไว้ ความสำเร็จดังกล่าวของการเรียนแบบผสมผสานย่อมก่อให้เกิดประสิทธิภาพทั้งในด้านการพัฒนาเชิงวิชาการ การสร้างโอกาสและการเข้าถึงข้อมูล



4. การช่วยเหลือผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาความคิดรวบยอดในกระบวนการเรียนรู้ แบบผสมผสานเป็นยุทธศาสตร์ ของการสร้างกระบวนการและกิจกรรมทางการเรียนรู้ ผ่านระบบการเรียนรู้แบบผสมผสาน โดยเรียนผ่าน e-Learning กับการเรียนในชั้นเรียนปกติหลายรูปแบบ

5. มีการวิจัยและพัฒนาารูปแบบการเรียนรู้ ให้เกิดนวัตกรรมทางการเรียนรู้ที่แพร่หลาย โดยการเผยแพร่และสื่อสารในลักษณะของนวัตกรรมการเรียนแบบผสมผสานให้เป็นที่ยอมรับและนำไปสู่การปฏิบัติในวงกว้างต่อไป

### 3.4 สัดส่วนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน

เกวลิน กาญจนพันธ์ (2557) อ้างถึงใน ปริยาภรณ์ บุญมีรอด (2561) ได้กล่าวถึง สัดส่วนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning Ratio) มีดังนี้

1. การผสมผสานแบบ 50:50 เป็นการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ร้อยละ 50 และแบบปกติร้อยละ 50 แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานแนวตั้ง (Vertical Blended Learning) หมายถึงการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย การเรียนปกติกับการเรียนแบบออนไลน์ที่จัดในเวลาเดียวกัน แต่จัดการเรียนรู้ผสมกันทั้งสองแบบ เช่น วิชาเรียน 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ในการสอนหนึ่งครั้ง ผู้สอนจะเจอนักศึกษาก่อนโดยใช้กิจกรรมการเรียนแบบเผชิญหน้า 2 ชั่วโมง เพื่อชี้แจง วัตถุประสงค์ บรรยายทำความเข้าใจในการเรียนหลังจากนั้น ให้นักศึกษาเรียนด้วยตนเองบนเว็บอีก 2 ชั่วโมง ให้นักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ทำแบบฝึกหัด ส่งงาน และเรียนรู้เพิ่มเติมจาก เว็บไซต์ที่ผู้สอนจัดให้หรือในสถาบันการศึกษาที่จัดการศึกษานอกที่ตั้งในศูนย์การเรียนต่างจังหวัด ที่ผู้สอนและผู้เรียนห่างไกลกันผู้สอนใช้กิจกรรมการเรียนแบบเผชิญหน้าในช่วงแรก หลังจากนั้นให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองและทำ กิจกรรมต่างๆ ตามที่ผู้สอนกำหนดไว้ถือว่ามีส่วนการ ผสมผสานร้อยละ 50:50 ซึ่งรวมถึงเนื้อหาของรายวิชาแบ่งออกในสัดส่วนที่เท่ากันระหว่างเรียนปกติกับเนื้อหาออนไลน์

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานแนวนอน (Horizontal Blended Learning) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยการเรียนปกติกับ การเรียนแบบออนไลน์โดยการจัดช่วงเวลาในการเรียนรู้แตกต่างกัน โดยใช้ทั้งวิธีการแต่คนละช่วงเวลากัน เช่น การจัดการเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง 20 สัปดาห์ จัดให้มีการเรียนปกติ 10 สัปดาห์จากนั้นจัดให้มีการเรียนออนไลน์ 10 สัปดาห์ถือว่า เป็นการเรียนแบบผสมผสานร้อยละ 50:50 โดยเนื้อหาการสอนแบบปกติกับการสอน ออนไลน์จะเป็นเนื้อหาคนละส่วนกัน

2. การผสมผสานแบบ 70:30 เป็นการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ร้อยละ 70 และแบบปกติร้อยละ 30 คือจัดกิจกรรมในห้องเรียนแบบเผชิญหน้าก่อน เช่น การปฐมนิเทศ การฝึกใช้เครื่องมือ ประมาณร้อยละ 10 จากนั้น เรียนด้วยตนเองบนเว็บ ประมาณร้อยละ

60 จากนั้น จึงมีการสอบกลางภาคเพื่อทบทวนเนื้อหาบทเรียนที่ได้เรียนมาแล้ว ประมาณร้อยละ 10 จากนั้นจึงให้ผู้เรียนมาสรุปผลเรียน นำเสนอผลงาน หรือทำแบบทดสอบหลังเรียน อีกประมาณร้อยละ 20

3. การผสมผสานแบบ 80:20 เป็นการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ร้อยละ 80 และแบบปกติร้อยละ 20 คือจัดกิจกรรมในห้องเรียนแบบเผชิญหน้าก่อน เช่น การปฐมนิเทศ การฝึกใช้เครื่องมือ ประมาณร้อยละ 10 จากนั้นให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองแบบออนไลน์ ประมาณร้อยละ 80 เมื่อสิ้นสุดการเรียนจะให้ผู้เรียนมาสรุปผลเรียน นำเสนอผลงาน หรือทำแบบทดสอบหลังเรียน อีกประมาณร้อยละ 10

จักรพงษ์ กลุ่มปัญญา, อุทิศ บำรุงชีพและปริญญา ทองสอน (2561) กล่าวว่านวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน คือการเรียนที่ผสมการเรียนออนไลน์และการเรียนในชั้นเรียน โดยที่เนื้อหาส่วนใหญ่ส่งผ่านระบบออนไลน์ ใช้การอภิปรายออนไลน์มีการพบปะกันในชั้นเรียนบ้าง และมีส่วนที่น่าสนใจการ อภิปรายออนไลน์ถือเป็นการส่งผ่านเนื้อหาออนไลน์ การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้คุณลักษณะที่ตรงระหว่างกิจกรรมการสอนแบบเผชิญหน้า (Face to Face) และกิจกรรมการสอนผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ต (e-Learning) โดยการใช้คุณสมบัติที่ดีของการเรียนแบบเผชิญหน้า และการเรียนแบบออนไลน์ในสัดส่วนออนไลน์ 30-70 เปอร์เซ็นต์ มาผสมผสานกัน โดยที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีส่วนร่วม ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามศักยภาพตามขั้นตอนของกิจกรรมที่แตกต่างระหว่างการเรียนการสอนแบบเผชิญหน้า (Face to Face) และการเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (e-Learning) ผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญในการเลือกใช้สื่อการเรียน การสอน เพื่อสร้างสิ่งเร้าและสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความรู้ ความสามารถได้อย่างเต็มศักยภาพ ในขณะเดียวกัน ผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกจัดกิจกรรมการเรียนรู้อัตนมือถือแบบผสมผสานโดยผสมผสานวิธีการเรียนรู้แบบออนไลน์และวิธีการเรียนรู้แบบในชั้นเรียนปกติเข้าไว้ด้วยกัน โดยใช้การจัดการเรียนการสอนบนมือถือที่มีการนำเสนอบทเรียนผ่านอินเทอร์เน็ตหรือศึกษาสื่อออนไลน์โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านโมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อ ทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกับการเรียนในชั้นเรียนที่มีการอภิปรายทำแบบทดสอบแบบฝึกหัดและเติมเต็มประสบการณ์การเรียนรู้ โดยจะใช้สัดส่วนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานแบบ 50:50 คือ จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบออนไลน์ร้อยละ 50 และแบบในห้องเรียนปกติร้อยละ 50

ตารางที่ 2 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบผสมผสานพร้อมสัดส่วนการเรียนรู้และเทคโนโลยีที่นำมาใช้

<p><b>หัวข้อ</b></p>	<p>การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานด้วยการเรียนการสอนแบบร่วมมือ (ปิยนันท์ ปานน้อม, 2559)</p>	<p>การสังเคราะห์รูปแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงด้วยการเรียนแบบผสมผสานเพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (อัญชญา กลิ่นเทียน และวรรณชัย วรรณสวัสดิ์, 2560)</p>	<p>ผลการเรียนแบบผสมผสานด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ข้อมูลและสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมสิริวัณวรี ๓ ฉะเชิงเทรา (ศรัณย์รัชต์ บุญญานุกรักษ์ และอนิรุทธ์ สติมัน, 2560)</p>
<p><b>กิจกรรมการเรียนรู้</b></p>	<p><b>ขั้นก่อนการสอน</b> - แบ่งกลุ่มผู้เรียน - ทดสอบก่อนเรียน</p> <p><b>ขั้นระหว่างการสอน</b> 1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน 2. ขั้นสอน 3. ขั้นฝึกทักษะ 4. ขั้นทดสอบ 5. ขั้นสรุปและประเมินผล</p> <p><b>ขั้นหลังการสอน</b> -ทดสอบหลังเรียน</p>	<p><b>ขั้นก่อนการสอน</b> - ปฐมนิเทศ - ทดสอบก่อนเรียน - ศึกษาข้อมูล</p> <p><b>ขั้นระหว่างการสอน</b> 1. นำเสนอเนื้อหาที่เรียน 2. ตั้งคำถามหรือปัญหา 3. ทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือน</p> <p>4. อภิปรายและบันทึกผล 5. สรุปผล 6. ทำโครงการงาน</p> <p><b>ขั้นหลังการสอน</b> -ทดสอบหลังเรียน - ประเมินผล</p>	<p><b>ขั้นตอนการสอนในชั้นเรียน</b> - บรรยาย อภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน และนำเสนอผลงาน และกิจกรรมการ<b>ขั้นตอน</b></p> <p><b>สอบแบบออนไลน์</b> - การศึกษาใบความรู้และสื่อการเรียนออนไลน์ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก การสนทนาออนไลน์ การอภิปรายออนไลน์ การส่งงาน</p> <p><b>การจัดกิจกรรมตามขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน</b> <b>ขั้นที่1</b> สร้างความสนใจโดยใช้คำถามกระตุ้นความสนใจในชั้นเรียน <b>ขั้นที่2</b> สำรวจและค้นหาให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเนื้อหาบทเรียนจากสื่อการเรียนแบบออนไลน์ <b>ขั้นที่3</b> อธิบายและลงข้อสรุปนักเรียนร่วมกัน อภิปราย วิเคราะห์ สรุปผลงานในระบบแบบออนไลน์</p>

หัวข้อ	การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานด้วยการเรียนการสอนแบบร่วมมือ (ปิยนันท์ ปานน้อม, 2559)	การสังเคราะห์รูปแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงด้วยการเรียนแบบผสมผสานเพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (อัญชญา กลิ่นเทียน และวรรณชัย วรรณสวัสดิ์, 2560)	ผลการเรียนแบบผสมผสานด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ข้อมูลและสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมสิริวัณวรี ๓ ฉะเชิงเทรา (ศรัณย์รัชต์ บุญญานุกรักษ์ และอนิรุทธ์ สติมัน, 2560)
			<p><b>ขั้นที่4</b> ขยายความรู้ นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้มาอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ โดยการทำใบงาน ตอบคำถาม และนำเสนอผลงานในชั้นเรียน</p> <p><b>ขั้นที่5</b> ประเมินครูประเมินความรู้ของนักเรียนจากการส่งใบงาน การอภิปรายตอบข้อซักถามในระบบแบบออนไลน์</p>
สัดส่วนการเรียน	Online50 : Offline50	Online70 : Offline30	Online50 : Offline50
เทคโนโลยีที่นำมาใช้	เว็บไซต์	ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง	(LMS) เว็บไซต์ <a href="http://www.krusaran.com">www.krusaran.com</a>

#### 4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

##### 4.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E

รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E หมายถึงรูปแบบการเรียนการสอนที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรณคินิยมที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน ซึ่งจะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับสิ่งเคยที่เข้าใจอยู่แล้ว โดยทฤษฎีนี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการพัฒนาทางสติปัญญาของเพียเจียต์ ที่ผู้เรียนต้องนำสิ่งที่เคยได้เรียนรู้มาสร้างโครงสร้างทางปัญญาด้วยตนเอง โดยอยู่ภายใต้ภาวะไม่สมดุล เกิดข้อขัดแย้งทางปัญญา เพื่อให้ผู้เรียนนำประสบการณ์ที่

ได้รับมาใหม่ ไปปรับให้เข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อแก้ไขปัญหาหรือข้อขัดแย้ง การที่ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองได้จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (ภณทิรา ภณหาไชย, 2562)

Good (1945) ได้ให้นิยามของการสอนแบบการสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นเทคนิคหรือกลวิธีอย่างหนึ่งในการจัดให้เกิดการเรียนรู้เนื้อหาบางอย่างของวิชาวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นเสาะแสวงหาความรู้โดยการถามคำถามและพยายามค้นหาคำตอบให้พบด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังให้แนวคิดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นวิธีการเรียนโดยการแก้ปัญหาจากกิจกรรมที่จัดขึ้น และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรม ซึ่งปรากฏการณ์ใหม่ๆ ที่นักเรียนเผชิญแต่ละครั้งจะเป็นตัวกระตุ้นการคิด การสังเกต เกี่ยวกับสิ่งที่สรุปพบอย่างชัดเจน และประดิษฐ์คิดค้น ตีความหมายภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงใช้วิธีการอย่างชาญฉลาดในการทดสอบและสรุปได้อย่างมีเหตุผล

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปความหมายได้ว่า เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหาสำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้

#### 4.2 ขั้นตอนกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามวงจรการเรียนรู้ 5E

นักการศึกษาจากกลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Society) ได้เสนอกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เป็นความรู้หรือแนวคิดของนักเรียนเอง เรียกววงจรการเรียนรู้ว่า Inquiry cycle หรือ 5Es มีขั้นตอนดังนี้ Bybee et al (2006) อ้างถึงใน รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง (2562)

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียน จุดประสงค์ที่สำคัญของขั้นตอนนี้ คือ ทำให้นักเรียนสนใจ ใคร่รู้ในกิจกรรมที่จะนำเข้าสู่บทเรียน ควรจะเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้เดิมกับปัจจุบัน และควรเป็นกิจกรรมที่คาดว่าจะกำลังเกิดขึ้น ซึ่งทำให้นักเรียนสนใจจดจ่อที่จะศึกษาความคิดรวบยอด กระบวนการหรือทักษะ และเริ่มคิดเชื่อมโยงความคิดรวบยอดกระบวนการหรือทักษะกับประสบการณ์เดิม

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Explore) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้างและพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะโดยการให้เวลาและโอกาสแก่นักเรียนในการทำกิจกรรมการสำรวจและค้นหาสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นนักเรียนแต่ละคน หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละคนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เกี่ยวกับการคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมสำรวจและค้นหา เป็นโอกาสที่นักเรียนจะได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของนักเรียนที่ยังไม่ถูกต้อง

และยังไม่สมบูรณ์ โดยการให้นักเรียนอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียน ครูควรระลึกอยู่เสมอเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียนตามประเด็นปัญหา ผลจากการที่นักเรียนมีใจจดจ่อในการทำกิจกรรม นักเรียนควรจะสามารถเชื่อมโยงการสังเกต การจำแนกตัวแปร และคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้นได้

ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explain) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ครูควรให้โอกาสแก่นักเรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับทักษะหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ การอธิบายนั้นต้องการให้นักเรียนได้ใช้ข้อสรุปร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมนี้ครูควรชี้แนะนักเรียนเกี่ยวกับการสรุปและการอธิบายรายละเอียด แต่อย่างไรก็ตามครูควรระลึกอยู่เสมอว่ากิจกรรมเหล่านี้ยังคงเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นั่นคือ นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายด้วยตัวนักเรียนเอง บทบาทของครูเพียงแต่ชี้แนะผ่านทางกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสอย่างเต็มที่ในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้ชัดเจน ในที่สุดนักเรียนควรจะสามารถอธิบายความคิดรวบยอดได้อย่างเข้าใจ โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaborate) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทักษะและปฏิบัติตามที่นักเรียนต้องการ ในกรณีที่นักเรียนไม่เข้าใจหรือยังสับสนอยู่หรืออาจจะเข้าใจเฉพาะข้อสรุปที่ได้จากการปฏิบัติการสำรวจและค้นหาเท่านั้น ควรให้ประสบการณ์ใหม่ นักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น เป้าหมายที่สำคัญของขั้นนี้คือ ครูควรชี้แนะให้นักเรียนได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะเพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluate) ขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง ระหว่างการเรียนการสอนในขั้นนี้ของรูปแบบการสอน ครูต้องกระตุ้นหรือส่งเสริมให้นักเรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และยังเปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของนักเรียนด้วย

ภิญทิรา กัณหาไชย (2562) ได้กล่าวถึงกลยุทธ์การเรียนการสอนที่ผู้เรียนได้ค้นหาและสร้างความรู้ด้วยตนเอง และสามารถเชื่อมโยงความรู้เก่าและความรู้ใหม่เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหา ได้มีขั้นตอนการเรียน ดังนี้

1. ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement) ครูเป็นผู้ประเมินความรู้เดิมและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนผ่านกิจกรรมสั้น ๆ เช่น การถามคำถาม การอภิปรายปัญหา สถานการณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ควรเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้เดิมและประสบการณ์ใหม่ของผู้เรียน

2. **ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration)** ขั้นนี้นักเรียนต้องใช้ทักษะและกระบวนการในการแสวงหาความรู้ใหม่ โดยอาจเป็นการทำกิจกรรมปฏิบัติการที่ใช้ความรู้เดิมมา เชื่อมโยงสร้างแนวคิดใหม่ การสำรวจและค้นหาเหตุการณ์ต่าง ๆ และออกแบบการสำรวจตรวจสอบ ครูจะเป็นผู้อำนวยการความสะดวกและให้การชี้แนะในการสืบค้นหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ

3. **ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** นักเรียนจะต้องแสดงความเข้าใจในโมทัศน์ใหม่ ครูจะเป็นผู้ทำหน้าที่ให้คำแนะนำแล้วให้นักเรียนเป็นผู้อธิบายความเข้าใจในโมทัศน์เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจโมทัศน์มากขึ้น ขั้นนี้นักเรียนจะต้องทำการวิเคราะห์และสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รวบรัด แบบจำลอง เป็นต้น

4. **ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration)** นักเรียนจะนำโมทัศน์ใหม่ แบบจำลอง หรือข้อสรุปมาขยายความเข้าใจโดยเชื่อมโยงจากประสบการณ์ที่เคยได้รับ หรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เป็นประเด็นที่นักเรียนสนใจ เพื่อทำให้ความรู้ขยายกว้างขวางมากขึ้น

5. **ขั้นการประเมินผล (Evaluation)** เป็นการประเมินความเข้าใจโมทัศน์และทักษะที่นักเรียนได้รับ ทั้งครูและนักเรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมินผล การประเมินอาจแทรกอยู่ใน แต่ละขั้นในการเรียนการสอน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามวงจรการเรียนรู้ 5E มีทั้งหมด 5 ขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นการสร้างความรู้ความสนใจ 2) ขั้นการสำรวจและค้นหา 3) ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นการขยายความรู้ 5) ขั้นการประเมินผล

## 5. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้า ดังเอกสารดังนี้

### 5.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เกิดจากการคิด เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual skills) ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น สามารถแสดงออกได้จากการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ในชั้นเรียนได้ (ชนินันท์ พงษ์ประมุข, 2557)

ภาณุเดช หงษ์วงศ์ (2548) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางการปฏิบัติควบคู่ไปกับทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ และช่วยให้เกิดกระบวนการคิดอย่างมีเหตุ รวมทั้งการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิด

ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ สามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองไปสู่กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์ (2556) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา การแก้ไขปัญหาและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การค้นคว้าหาความรู้ จากการสำรวจตรวจสอบ หรือจากการทดลอง

อารักษ์ ไชยหลาก (2556) ได้สรุปความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ที่มีระเบียบแบบแผน มีขั้นตอนและมีการฝึกฝนในการปฏิบัติอย่างมีระบบจนเกิดความชำนาญกล่าวโดยสรุปความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง พฤติกรรมหรือความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ไปใช้แก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องคล่องแคล่ว

Sholihah, Sarwanto & Aminah (2020) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการคิดที่ใช้ในการสร้างความรู้ไตร่ตรองปัญหาและกำหนดผลลัพธ์ รวมถึงเป็นการรับรู้หรือความรู้สึกและความสามารถทางกายภาพและสมรรถภาพ และเป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาคาหรูปัญหาคารรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการตีความและการสื่อสาร

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา การแก้ไขปัญหาและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบทเรียน พร้อมทั้งยังสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นจึงเป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ และทักษะที่จำเป็นต่อการพัฒนาและต่อยอดจากทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานและเป็นทักษะสำคัญสำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาอีกด้วย ซึ่งก็คือทักษะขั้นบูรณาการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กล่าวว่าทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการเป็นทักษะขั้นสูงที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ซึ่งผู้เรียนควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญมาก่อน จึงจะทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเน้นศึกษาที่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ



## 5.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 6 ทักษะ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการว่ามีทั้งหมด 6 ทักษะดังต่อไปนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคิดหาคำตอบหรือการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะทำการทดลอง โดยต้องอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้าที่ยังไม่ทราบถึงผลหรือยังไม่เป็นหลักการกฎหรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้านี้มักจะกล่าวถึงไว้เป็นข้อความที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อที่จะสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operation) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องทดลองให้เกิดความเข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในการตั้งสมมติฐานหนึ่งๆ ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ สิ่งที่เป็นเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผล อันเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรตามจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ตัวแปรควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกจากตัวแปรต้นที่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน จึงจะทำให้ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนของการทดลองได้

4. ทักษะการทดลอง (Experiment) หมายถึง กระบวนการลงมือปฏิบัติงานเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอนคือ

4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนทดลองก่อนลงมือทดลองเพื่อกำหนดวิธีการทดลอง อุปกรณ์และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลอง

4.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติในการทำการทดลอง

4.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การสำรวจ การวัด หรือวิธีอื่น ๆ

5. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making) หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายของข้อมูลในบางครั้งอาจจะต้องใช้ทักษะอื่น ๆ เช่น การสังเกต การคำนวณ เป็นต้น ส่วนการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองได้

6. การสร้างแบบจำลอง (Formulating Models) หมายถึง ความสามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองแบบต่าง ๆ

### 5.3 ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ การแสดงออกถึงความรู้และความสามารถที่แสดงออกมา ที่สามารถระบุได้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้านั้นมักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม วิธีหนึ่งที่จะใช้พิจารณาว่าข้อความเป็นสมมติฐานหรือไม่ ก็โดยนำข้อความนั้นมาเขียนให้อยู่ในรูปของประโยค ถ้า...แล้วจะ...หรือเมื่อ...แล้วจะ...ถ้าเขียนได้ข้อความนั้นก็จะเป็นสมมติฐาน และการตั้งสมมติฐานนั้น ที่ตั้งไว้อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ โดยจะทราบภายหลังจากการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการมักจะสามารถบรรยายถึงวิธีการทดลองในนิยามให้ชัดเจน พร้อมทั้งระบุสิ่งที่สังเกตไว้ในนิยาม

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรคือต้องสามารถชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้

4. ทักษะการทดลอง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ ออกแบบทดลองโดย

4.1 กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม

4.2 ระบุอุปกรณ์และสารเคมีซึ่งจะต้องใช้ในการทดลองได้

4.3 บันทึกผลการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง

5. ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุปความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

5.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

5.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

6. ทักษะการสร้างแบบจำลอง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ

6.1 สามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

6.2 สามารถนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองแบบต่าง ๆ

## 5.4 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### 5.4.1 ตัวชี้วัดในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มี 2 แบบ คือการประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (multiple choice paper and pencil tests) และการประเมินจากพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (performance assessment) การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบเป็นวิธีเก่าคงเดิม ในขณะที่การประเมินพฤติกรรมเป็นแนวทางเลือกใหม่ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นวัตถุประสงค์สำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (วรรณทิพา รอดแรงค์, 2544)

ชนินันท์ พุกษ์ประมุล (2557) กล่าวถึงการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในช่วงของการประเมินผลย่อยหรือการประเมินผลความก้าวหน้า (Formative assessment) นั้น ตัวชี้วัดมีส่วนช่วยให้ครูสามารถมุ่งประเด็นไปสู่พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้ช่วยสื่อความหมายของแต่ละพฤติกรรมนั้น และช่วยชี้ให้เห็นถึงจุดบกพร่องหรือส่วนที่ควรพัฒนาต่อหรือเพิ่มเติมสำหรับนักเรียน ช่วยให้เห็นถึงความก้าวหน้าของแต่ละทักษะได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ตัวชี้วัดอาจจะอยู่ในรูปแบบของคำถามที่แสดงพฤติกรรม ยกตัวอย่างประกอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) อาจใช้ตัวชี้วัดในลักษณะของคำถาม ดังนี้

- ผู้เรียนแสดงถึงความตระหนักรู้และยอมรับว่าอาจมีคำอธิบายอื่น ๆ นอกเหนือจากของตนเองที่

สามารถอธิบายเรื่องหรือหลักฐานนั้นได้

- ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือแนะแนวทางในการสังเกตสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้หรือไม่
- ผู้เรียนแสดงถึงความตระหนักรู้ว่าคำอธิบายหรือข้อมูลมีความหลากหลายเป็นไปได้หลายทาง (Tentative) มีความสงสัยและต้องการพิสูจน์

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operation) อาจใช้ตัวชี้วัดในลักษณะของคำถาม ดังนี้

- ผู้เรียนสามารถบรรยายถึงวิธีการทดลองในนิยามได้อย่างชัดเจน
- ผู้เรียนสามารถระบุสิ่งที่สังเกตไว้ในนิยามได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) อาจใช้ตัวชี้วัดในลักษณะของคำถาม ดังนี้

- ผู้เรียนตั้งคำถามที่สามารถตรวจสอบได้หรือสามารถระบุตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้หรือไม่

- ผู้เรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับตัวแปร ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้ตามตัวแปรเหตุ หรือการเปรียบเทียบตัวแปรหรือไม่
4. ทักษะการทดลอง (Experimenting) อาจใช้ตัวชี้วัดในลักษณะของคำถาม ดังนี้
- ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดลองได้หรือไม่
  - ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลอง ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้หรือไม่
  - ผู้เรียนสามารถบันทึกผลการทดลองได้หรือไม่
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and making conclusion) อาจใช้ตัวชี้วัดในลักษณะของคำถาม ดังนี้
- ผู้เรียนอภิปรายความสัมพันธ์ของสิ่งที่ค้นพบกับคำถามเริ่มต้นได้หรือไม่
  - ผู้เรียนเปรียบเทียบผลที่ได้กับสิ่งที่ได้พยากรณ์ไว้ได้หรือไม่
  - ผู้เรียนแปลความหมายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้หรือไม่
  - ผู้เรียนระบุรูปแบบหรือแนวโน้มในการสังเกตหรือการวัดต่อไปได้หรือไม่
  - ผู้เรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดได้หรือไม่
6. ทักษะการสร้างแบบจำลอง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้วคือ
- ผู้เรียนสามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้หรือไม่
  - ผู้เรียนสามารถนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองแบบต่าง ๆ ได้หรือไม่

Wendy McColskey & Rita O'Sullivan (2000) ได้กล่าวถึงจากตัวอย่างตัวชี้วัดในลักษณะคำถามตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาเราสามารถกำหนดตัวชี้วัดเหล่านี้จากนิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หากเราทราบถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงทักษะเหล่านั้น ก็จะสามารถกำหนดตัวชี้วัดแล้วนำตัวชี้วัดมาแปลงเป็นเกณฑ์เพื่อกำหนด เป็น Rubric score ต่อไป ซึ่งจะทำให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้องตรงประเด็น เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงการเรียนการสอนให้ตอบโจทย์ความสามารถที่หลากหลายของผู้เรียนต่อไป

ตารางที่ 3 แสดงการสังเคราะห์พฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

พฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ	ชื่อนันท พฤษ์ประมุข (2557)	ภาพิสุทธิ ภูวณพงค์ (2557)	The American Association for the Advanceme nt of Science: AAAS (1967)	อติดิย ชูตระกูลวงศ์ (2556)
<b>1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน</b>				
- ผู้เรียนแสดงถึงความตระหนักรู้และยอมรับว่าอาจมีคำอธิบายอื่น ๆ นอกเหนือจากของตนเองที่สามารถอธิบายเรื่องหรือหลักฐานนั้นได้	✓			
- ผู้เรียนสามารถอธิบายหรือแนะแนวทางในการสังเกตสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้	✓		✓	✓
- ผู้เรียนแสดงถึงความตระหนักรู้ว่าในคำอธิบายหรือข้อมูลมีความหลากหลายเป็นไปได้หลายทาง (Tentative) มีความสงสัยและต้องการพิสูจน์	✓			
- บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้			✓	✓
<b>2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ</b>				
- ผู้เรียนสามารถบรรยายถึงวิธีการทดลองในนิยามได้อย่างชัดเจน	✓			
- ผู้เรียนสามารถระบุสิ่งที่สังเกตไว้ในนิยามได้	✓		✓	✓
- ผู้เรียนสามารถกำหนดนิยามและขอบเขตสิ่งที่ต้องการศึกษาได้			✓	✓
<b>3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร</b>				
- ผู้เรียนตั้งคำถามที่สามารถตรวจสอบได้หรือสามารถระบุตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้	✓			✓
- ผู้เรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับตัวแปร ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้ตามตัวแปรเหตุ หรือการเปรียบเทียบตัวแปรได้	✓		✓	✓
- ผู้เรียนบ่งชี้ถึงตัวแปรต้น ตาม และควบคุมได้			✓	✓

<p>พฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้น บูรณาการ</p>	<p>ขนินันท์ พฤษ์ประมุข (2557)</p>	<p>ภาพิสุทธิ์ ภูวณพนงค์ (2557)</p>	<p>The American Association for the Advanceme nt of Science: AAAS (1967)</p>	<p>อติติย ชุตระกุลวงค์ (2556)</p>
<b>4. ทักษะการทดลอง</b>				
- ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดลองได้	✓	✓	✓	✓
- ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลอง ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้	✓	✓	✓	✓
- ผู้เรียนสามารถบันทึกผลการทดลองได้	✓	✓	✓	✓
- กำหนดวิธีการทดลองได้ โดยคำนึงถึงตัวแปร		✓	✓	
- ระบุอุปกรณ์และสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้ในการทดลองได้				✓
<b>5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป</b>				
- ผู้เรียนอธิบายความสัมพันธ์ของสิ่งที่ค้นพบกับคำถามเริ่มต้นได้	✓		✓	
- ผู้เรียนเปรียบเทียบผลที่ได้กับสิ่งที่ได้พยากรณ์ไว้ได้				
- ผู้เรียนแปลความหมายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้	✓	✓	✓	
- ผู้เรียนระบุรูปแบบหรือแนวโน้มในการสังเกตหรือการวัดต่อไปได้	✓	✓		
- ผู้เรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดได้	✓	✓	✓	✓
<b>6. ทักษะการสร้างแบบจำลอง</b>				
- ผู้เรียนสามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้	✓			
- ผู้เรียนสามารถนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบจำลองแบบต่าง ๆ ได้	✓			

สรุปจากตารางที่ 3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการประกอบไปด้วย 6 ทักษะ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้จะมีความสามารถหรือการปฏิบัติใดที่แสดงให้เห็นถึงการเกิดขึ้นของทักษะนั้น ๆ

#### 5.4.2 แนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

The Exploratorium and Institute for Inquiry (2006) การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเป้าประสงค์หลักที่ต้องเกิดในตัวผู้เรียน ทักษะเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญของทักษะการคิดซึ่งแสดงถึงผลลัพธ์ (Outcome) ของการศึกษา ช่วยพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียน และพัฒนาความสามารถในการระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ ครูต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะเหล่านี้ ซึ่งการประเมินผลความก้าวหน้า (Formative assessment) ถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้ครูสามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนได้ ซึ่งแนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลาย ชินินันท์ พุกษ์ประมุข (2557) ได้นำเสนอแนวทางการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยรวมไว้ดังนี้

1. การใช้กระบวนการสังเกต เป็นวิธีการใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน โดยจะเกิดขึ้นในระหว่างผู้เรียนปฏิบัติการทดลองหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียน แบ่งออกได้ 3 แบบ ได้แก่

1.1 การสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ (Informal observation form) เป็นการสังเกตโดยไม่มีประเด็นชี้เฉพาะ สังเกตโดยภาพรวม ไม่กำหนดบุคคลที่ต้องการสังเกต จึงได้ข้อมูลอย่างคร่าว ๆ

1.2 การสังเกตที่มีโครงสร้าง (Structured observation) เป็นการสังเกตโดยมีประเด็นทักษะชัดเจนและเป็นระบบ มีการกำหนดกลุ่มผู้เรียน มีแบบสังเกตทำให้ได้ข้อมูลความก้าวหน้าของผู้เรียนทั้งรายกลุ่มและรายบุคคลและครูสามารถให้ผลสะท้อนกลับแก่ผู้เรียนได้

1.3 การสังเกตแบบเล่าเรื่อง (Narrative) เป็น การสังเกตพฤติกรรมที่ซับซ้อน เช่น การทำงานกลุ่ม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม ที่ไม่สามารถตอบได้ด้วย checklist การบันทึกการสังเกต จะใช้การเขียนบรรยายแบบเล่าเรื่องราว จะทำให้ทราบปัญหาที่ลึกซึ้ง และสามารถแก้ปัญหาได้

2. การใช้คำถาม (Question) สามารถใช้ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ในรูปแบบที่หลากหลาย เช่นการสัมภาษณ์ (Interview) แบบสอบถามเพื่อประเมินตนเอง (Self-assessment questionnaire) การทดสอบ (Testing) เป็นต้น

2.1 การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นวิธีการประเมินที่ต้องใช้เวลาและส่งผลต่อการจัดการชั้นเรียน แต่ก็ยังเป็นวิธีที่มีคุณค่า โดยเฉพาะสำหรับผู้เรียนที่มีลักษณะเฉพาะตัว มีปัญหาในการเรียนรู้ หรือมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาอย่างเร่งด่วน ประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อให้ได้คำตอบที่ทำให้ครูสามารถหาแนวทางในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียน และวิธีการนี้ยังทำให้ผู้เรียนรู้สึกได้ว่าครูให้ความสำคัญและสนใจ ซึ่งมีส่วนช่วยในการเปลี่ยนแปลงทัศนคติและส่งเสริมการเรียนรู้ อีกทั้งยังเหมาะกับนักเรียนที่มีปัญหาการถ่ายทอดข้อความผ่านการเขียนตอบและเหมาะสำหรับการติดตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งวิธีการนี้สามารถจัดเป็น

การสัมภาษณ์รายกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้ สามารถกระทำได้ทั้งการ สัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured interview) การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) และการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview)

2.2 แบบสอบถามเพื่อประเมินตนเอง (Self-assessment questionnaire) เป็นอีกเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับผู้เรียนในการวิเคราะห์ตนเองว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นอย่างไรและสามารถใช้ได้ในด้านอื่น เช่นความรู้ ผลงานที่ตนเองทำ เจตคติ ฯลฯ เป็นการสะท้อนความคิดของผู้เรียนที่มีต่อตนเองให้ครูได้รับรู้ สามารถประเมินตนเองว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะเป็นอย่างไรและตนเองยังควรต้องพัฒนาปรับปรุงส่วนไหน อย่างไร ครูสามารถใช้ผลจากการประเมินตนเองของผู้เรียนประกอบกับเครื่องมืออื่น ๆ ที่ครูใช้ประเมิน อาจทำเป็นแบบสอบถามในรูปแบบคำถามปลายเปิด (Open-ended questions) มาตรฐานประมาณค่า (Rating scale) และอีกหลากหลายรูปแบบ

2.3 การทดสอบ (Testing) ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถประเมินได้จากการใช้แบบทดสอบ การประเมินทักษะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงสิ่งที่ตนเองรู้มากกว่าการจดจำความรู้ ครูสามารถประเมินนักเรียนในขณะที่ลงมือทำกิจกรรม ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อสอบที่เป็นข้อคำถามความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมีความแตกต่างอยู่ที่ข้อคำถามและรูปแบบการตอบ

3. การประเมินจากผลงานนักเรียน (Looking at students work) เป็นการพิจารณาจากการตอบคำถามในใบงาน (Worksheet) การเขียนอนุทิน (Journal) โครงการ ชิ้นงาน แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) แต่วิธีการเหล่านี้มักใช้เวลาในการตรวจประเมินและให้คะแนน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอแนะแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ (2539) ดังนี้

1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งต้องแจ่มแจ้งให้ชัดเจน โดยครูต้องศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วมาแจ่มแจ้งให้เป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีสถานการณ์พฤติกรรมที่คาดหวัง เกณฑ์ ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ

2. การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นในบทหนึ่ง ๆ ควรกำหนดว่าทักษะใด เนื้อหาใดเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ทักษะนั้นและเนื้อหานั้นก็ควรปรากฏในข้อสอบ

3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรม ทักษะ ซึ่งมีความมุ่งหมายที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าใด อย่างละกี่ข้อ จะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังทราบต่อไปว่า ข้อสอบวัดพฤติกรรมทักษะใดมีส่วนมากน้อยเพียงใด



4. การเลือกแนวทางการออกข้อสอบ ควรถือหลักว่า ควรใช้การสอบแบบใดจึงจะสามารถตรวจวัดพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมมากที่สุด ตลอดทั้งเหมาะสมกับวัยของเด็ก ประหยัดเวลาและง่ายต่อการปฏิบัติด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่มีความสำคัญที่มุ่งให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น โดยปฏิบัติตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์อย่างคล่องแคล่วและชำนาญ ดังนั้นในการสอนจึงต้องปลูกฝังให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าว ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควรดำเนินการดังนี้ กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน สร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมใดอย่างละกี่ข้อ สร้างสถานการณ์และข้อคำถามที่ต้องการทักษะทางวิทยาศาสตร์ การตรวจสอบจะต้องมีความเป็นปรนัยในการให้คะแนน กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ใช้วิธีประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือการประเมินด้วยแบบทดสอบ

ตารางที่ 4 แสดงการแนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	เกตุแก้ว ยิ่งยง (2562)	วีรญาดา บางแบ่ง (2558)	ฤกษ์ ชมภู วิเศษ, พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ (2563)	ธนภรณ์ ก้องเสียง และรินตี พรวิริยะสกุล (2560)	ภัณฑิรา กัณหไชย (2562)	ภาณุตา ญาศรี, สมเกียรติ อินท สิงห์ และ นัท อัศภาภรณ์ (2563)
การสังเกตที่อย่างเป็นทางการ (การสังเกต)		✓				
การสังเกตที่ไม่มีโครงสร้าง (การสังเกต)						
การสังเกตแบบเล่าเรื่อง (การสังเกต)						
การสัมภาษณ์ (การใช้คำถาม)						
การทำแบบสอบถามเพื่อประเมินตนเอง (การใช้คำถาม)						
การทดสอบ (การใช้คำถาม)	✓	✓		✓	✓	✓
การประเมินจากผลงานนักเรียน	✓		✓			

**สรุปตารางที่ 4** แนวทางในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าการใช้การทดสอบหรือเป็นการใช้คำถามและการสังเกตเพื่อเป็นการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกตูแก้ว ยิ่งยืนยง (2562) ได้มีการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนรู้ เรื่องเซลล์และโครงสร้างของเซลล์ พบว่า ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.50/17.40 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และโครงสร้างของเซลล์ พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากแอปพลิเคชัน ถูกออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจในเนื้อหา และปฏิบัติตามได้ง่ายขึ้น อีกทั้งผู้เรียนสามารถเข้าดูได้ทุกที่ทุกเวลาตามที่ต้องการ ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเนื้อหาและทบทวนเนื้อหาได้บ่อยครั้งตามที่ต้องการ และเป็นการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่ออีกด้วย จึงทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำได้ดียิ่งขึ้น และทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ไทยสงคราม, นงนิตย์ มรกต และณัฐธาดาเนตร นันทบุตร (2555) ได้เปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยวิธีการสอนแบบผสมผสานกับวิธีการสอนแบบปกติ พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนรู้แบบผสมผสานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลงและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบผสมผสาน ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้วิธีการสอนที่ เน้นกระบวนการกลุ่มให้นักเรียนร่วมมือกันและช่วยเหลือ ซึ่งกันและกัน นั่นคือรูปแบบการสอนแบบเทคนิคการต่อภาพ (Jigsaw) เทคนิคการเรียนรู้แบบเป็นทีมรูปแบบ STAD (Student Teams-Achievement Division) และเทคนิควัฏจักรการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดขยายต่อเนื่องจากความคิดเดิมที่มีอยู่ในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เป็นวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้นและไม่น่าเบื่อ จึงทำให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องสารและการเปลี่ยนแปลงและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบผสมผสานสูงกว่าแบบปกติ

พรนภา อาจสว่าง (2558) ได้มีการพัฒนาห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น เนื่องจากว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อเสมือนจริง ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง จะเห็นได้ว่าผู้เรียนมีผลการเรียนรู้หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ผู้เรียนรู้จักที่จะเรียนรู้ด้วยตนเอง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดที่ดีมากขึ้น ผู้เรียนมีความสนใจ ที่อยากจะเรียน มีความพึงพอใจต่อสื่อเสมือนจริง และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนมากขึ้น ห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนช่วยกระตุ้นความสนใจ

ให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ อีกทั้งผู้เรียน ยังสามารถฝึกทำการทดลองกับอุปกรณ์เสมือนจริงด้วยตนเองจนกว่าจะเข้าใจและสามารถฝึกทดลอง ผิด ลองถูกได้โดยไม่จำกัดจำนวนครั้ง และไม่ต้องกังวลในเรื่องของอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการทดลอง เหมือนกับการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการจริง ซึ่งสามารถพัฒนาความรู้ และความเข้าใจของ นักเรียนได้เป็นอย่างดี แสดงให้เห็นว่า สื่อเสมือนจริงมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

ภัทริกา เจริญสุข, จารุวัส หนูทอง, ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ และปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต (2014) ได้มีการพัฒนาการทดลองเสมือน พบว่าผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องมาจากการทดลองเสมือนมีลักษณะคล้ายกับการเรียนรู้ห้องปฏิบัติการเสมือน และการทดลองเสมือนนั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่จำลองหลักการและทฤษฎี และกระบวนการทดลองมานำเสนอในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวควบคู่กับวีดิทัศน์ เข้ามาช่วยในกระบวนการทดลองให้แก่ผู้เรียนได้เห็นในเชิงประจักษ์ ควบคู่ไปกับการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างระบบ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนได้มีการนำเทคโนโลยีมัลติมีเดียแบบโต้ตอบเพื่อเข้ามาช่วยในการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนให้มีลักษณะคล้ายกับการเรียนแบบปกติ แต่การทดลองแบบเสมือนจริงจะมีการจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการ สารเคมี และอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ในการทดลองเสมือน จึงทำให้นักเรียนรู้สึกว่าตัวเองได้ลงมือปฏิบัติทำการทดลองจริง

ราวรรณ แสงอยู่ (2556) ได้ทำวิจัยเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐานที่ (t-test) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อน

วิชญ์ วงศ์อ่อนดาว (2559) ค้นพบว่าการเรียนแบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก (4.48) และมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 81.92/78.50 เป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ เนื่องจากว่าการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอนตามยุคสมัย โดยเปลี่ยนบทบาทจากผู้ให้ความรู้เป็นผู้แนะแนวทางและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ออกแบบและจัดการสื่อการเรียนรู้ สารสนเทศและสภาพแวดล้อมทางการศึกษา รวมถึงการออกแบบและพัฒนาระบบการเรียนการสอน โดยการประยุกต์เอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการจัดกิจกรรมให้

เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนแต่ละคนให้เกิดการเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถและมีทักษะในการแสวงหาความรู้และสามารถนำไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ให้เกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดชีวิต ซึ่งถือว่าเป็นเป้าหมายสำคัญสูงสุดในกระบวนการจัดการเรียนการสอน

Haryadi and Pujiastuti (2019) ได้ทำวิจัยการเรียนรู้โดยใช้ซอฟต์แวร์ PhET เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องอนุกรมและความร้อน ซอฟต์แวร์ PhET มีลักษณะคล้ายกับการเรียนรู้แบบห้องปฏิบัติการเสมือนหรือเรียกได้ว่าเป็นอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ที่สามารถแสดงแนวความคิดนามธรรม ที่ไม่สามารถแสดงบนอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการจริงได้ ผลการวิจัยพบว่า การใช้ซอฟต์แวร์ PhET เป็นการเรียนรู้เชิงตอบโต้ มีลักษณะเป็นการเรียนแบบเสมือนจริง มีผลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูง ดังนั้น PhET สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากว่าการเรียนรู้บนซอฟต์แวร์ PhET ผู้เรียนได้ลงมือผ่านกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง ได้ฝึกได้ทำด้วยตนเอง กระตุ้นความสนใจผู้เรียนให้ผู้เรียนจดจ่อกับบทเรียนของตัวเอง และทำให้นักเรียนเองรู้สึกได้ว่า แนวคิดที่กำลังทำการสอนกำลังเป็นไปในบริบทที่แท้จริง นอกจากนี้นักเรียนยังมีอิสระในการเรียนรู้ของตนเอง ผ่านกิจกรรมดังกล่าว

Safitri, Fahrudin and Ju madi (2020) ได้มีการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการทดลองและห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เรื่องกฎอาร์คิมิดีส โดยในกิจกรรมใช้การปฏิบัติการเสมือนได้ใช้ซอฟต์แวร์ PhET มาช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้นี้ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่เรียนในห้องปฏิบัติการเสมือนมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่สูงกว่าผู้เรียนในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากว่า PhET ที่สร้างเป็นแอนิเมชันนั้นนักเรียนใช้งานได้ง่ายและเข้าใจได้ง่ายและแน่นอนว่าสื่อจำลองของ PhET เข้าถึงเป้าหมายการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องการ พร้อมทั้งนักเรียนได้เรียนรู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จึงทำให้เกิดการพัฒนาทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ และจากผลการศึกษาครั้งนี้คาดว่านักเรียนสามารถใช้ห้องปฏิบัติการทั้งสองพร้อมกันได้ทั้งห้องทดลองและห้องทดลองเสมือนจริงเพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวความคิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และพัฒนาทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ได้ดีขึ้นอีกด้วย

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะดังต่อไปนี้

**ระยะที่ 1 การวิจัยสำรวจขั้นต้น** เป็นการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้และความต้องการจำเป็น และปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ของกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

**ระยะที่ 2 การสร้างต้นแบบ** ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยออกแบบต้นแบบโมบายล์แอปพลิเคชันและกระบวนการจัดการเรียนรู้ ตามหลักการออกแบบของ ADDIE MODEL

**ระยะที่ 3 การนำต้นแบบไปสู่การทดลองปฏิบัติและประเมินผล** โดยการนำห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ไปทดลองปฏิบัติและทำการประเมินผล

โดยแต่ละขั้นตอนนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### ระยะที่ 1 การวิจัยสำรวจขั้นต้น

การวิจัยในระยะที่ 1 เป็นการสำรวจนำร่อง เพื่อศึกษา ประเมิน และทำความเข้าใจภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

**กลุ่มตัวอย่างการวิจัยระยะที่ 1** ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยผู้เชี่ยวชาญรวมทั้งสิ้นจำนวน 5 ท่าน ใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

1.1 เป็นอาจารย์ผู้สอน หรือผู้มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี ในด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา และ / หรือ

1.2 เป็นผู้มีประสบการณ์ในการเขียนหนังสือ หรือตำรา หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

2.1 เป็นอาจารย์ผู้สอน หรือผู้ที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี ในด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และ / หรือ

2.2 เป็นผู้มีประสบการณ์ในการเขียนหนังสือ หรือตำรา หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์

**ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับชั้นระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นทั่วประเทศไทย และเป็นคุณครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาทั่วประเทศไทย

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ทั่วประเทศไทย จำนวนทั้งสิ้น 438 คนใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) โดยเทียบขนาดกลุ่มตัวอย่างตามตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (1973) ที่ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 และที่ระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 480 คน โดยแบ่งตามภูมิภาคต่าง ๆ 6 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ภาคละ 4 โรงเรียน รวมทั้งหมด 24 โรงเรียน เก็บข้อมูลโรงเรียนละ 20 คน รวมแบบสอบถามที่ส่งไปทั้งหมด 480 ชุด เพื่อป้องกันอัตราการตอบกลับที่ไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ผล ผู้วิจัยได้รับแบบสอบถามกลับคืนจำนวน 438 ชุด เป็นชุดที่มีข้อมูลสมบูรณ์ครบถ้วน คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 91

2.2 เป็นครูที่สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ทั่วประเทศไทย จำนวนทั้งสิ้น 447 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster sampling) โดยเทียบขนาดกลุ่มตัวอย่างตามตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (1973) ที่ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 และที่ระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 480 คน โดยแบ่งตามภูมิภาคต่าง ๆ 6 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ภาคละเท่า ๆ กัน เก็บข้อมูลภาคละ 80 คน รวมแบบสอบถามที่ส่งไปทั้งหมด 480 ชุด เพื่อป้องกันอัตราการตอบกลับที่ไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดซึ่ง

จะเป็นผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ผล ผู้วิจัยได้รับแบบสอบถามกลับคืนจำนวน 447 ชุด เป็นชุดที่มีข้อมูลสมบูรณ์ครบถ้วน คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 93

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามเพื่อ งานวิจัย และแบบสอบถามเพื่องานวิจัยเรื่อง ประสพการณ์ใช้ ความต้องการจำเป็น และปัจจัยที่ส่งผล ต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ **นักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น** มีข้อคำถามจำนวนรวมทั้งสิ้น 57 ข้อ โดยแบ่งเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นแบบ ตรวจสอบรายการ (Check List) และการจัดอันดับ (Ranking)

ตอนที่ 2 ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale)

ตอนที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริงเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยปัจจัยดังกล่าวเป็นประเด็นที่นักเรียนเห็นว่ามี ความจำเป็นต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชัน เป็นแบบ มาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามเพื่อ งานวิจัย และแบบสอบถามเพื่องานวิจัย เรื่อง ประสพการณ์ใช้ ความต้องการจำเป็น และปัจจัยที่ ส่งผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ **ครูผู้สอนวิชา วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา** ซึ่งสร้างจากตัวแปรที่กำหนดในกรอบแนวคิดการวิจัย มีข้อ คำถามจำนวนรวมทั้งสิ้น 57 ข้อ โดยแบ่งเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นแบบ ตรวจสอบรายการ (Check list) และการจัดอันดับ (Ranking)

ตอนที่ 2 ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริงของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา เป็นแบบมาตราส่วน ประเมินค่า (Rating scale)

ตอนที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริงของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยปัจจัยดังกล่าวเป็นประเด็นที่ ครูผู้สอนเห็นว่ามี ความจำเป็นต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชัน เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale)

### ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ



ภาพที่ 2 กระบวนการสร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาประสบการณ์ผู้ใช้และความต้องการจำเป็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา



## วิธีดำเนินการวิจัยระยะที่ 1

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ความต้องการจำเป็น และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์และร่างเป็นแบบสอบถาม

2. นำร่างแบบสอบถามเพื่อการวิจัยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ จากนั้นนำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาไปทำการแก้ไขปรับปรุงให้แบบสอบถามมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3. นำแบบสอบถามที่แก้ไขสมบูรณ์แล้วจากข้อที่ 2 ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of Item-objective congruence) จากนั้นคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามซึ่งข้อคำถามทั้ง 57 ข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมินทุกข้อ และได้รับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแบบสอบถามให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

3.1 ข้อคำถามบางข้ออาจมีความหมายใกล้เคียงกัน ควรมีการปรับในส่วนของข้อคำถามให้กระชับและชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.2 เพิ่มคำชี้แจงอธิบายในแบบสอบถามเพื่อให้ผู้ทำแบบสอบถามเข้าใจตรงกันกับวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย

4. ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่สมบูรณ์แล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 ชุด เพื่อทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) และวิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟาของ Cronbach ซึ่งการทดสอบความเชื่อมั่นของข้อคำถามจัดกระทำขึ้นเพื่อให้มั่นใจว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นสูง ค่าสถิติที่ได้ต้องไม่ต่ำกว่า 0.6 จึงจะยอมรับได้ว่ามีความเชื่อมั่น (Nunnally, 1978) ซึ่งแบบสอบถามเพื่องานวิจัยในระยะที่ 1 มีทั้งหมด 3 ตอน จำนวนรวม 57 ข้อ และทุกข้อผ่านเกณฑ์ทดสอบค่าความเชื่อมั่น โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6

5. สร้างแบบสอบถามออนไลน์ และดำเนินการขอความอนุเคราะห์จากโรงเรียนของกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูล

6. นำข้อมูลที่ได้รับมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS จากนั้นสรุปผลและอภิปรายผลจากข้อมูลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ และเขียนรายงานการวิจัย

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามเพื่องานวิจัยระยะที่ 1 ของแบบสอบถามนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

Item Reliability Statistics	If item dropped
	Cronbach's Alpha
<b>ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง</b>	0.904
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้	0.896
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันมีทิศทางในการทดลองหาคำตอบ	0.900
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันกำหนดขอบเขตของการทดลอง	0.904
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันกำหนดตัวแปรได้	0.893
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้	0.898
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันสามารถสรุปผลจากการทดลองได้	0.900
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันออกแบบการทดลองได้	0.902
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันบันทึกผลและสรุปการทำการทดลองได้	0.894
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้ฉันสามารถเสนอแนวคิดว่าขยายได้	0.893
PNI <sub>Modified</sub> สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้	0.904
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยลดระยะเวลาในการทดลองได้	0.899
PNI <sub>Modified</sub> สามารถทดลองซ้ำๆ ได้	0.895
PNI <sub>Modified</sub> สามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ	0.889
PNI <sub>Modified</sub> ฉันรู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจากการทดลอง	0.894
<b>ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง</b>	0.964
เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย	0.964
มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน	0.962
มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ตนเองเบื้องต้น	0.962
การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ	0.958
มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน	0.957
สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม	0.958
ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง	0.965
สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง	0.961
ซ้เป็นการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา	0.963

Item Reliability Statistics	If item dropped
	Cronbach's Alpha
<b>ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง</b>	0.904
สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง	0.959
สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา	0.963
สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้นหรือครูได้	0.962

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามเพื่องานวิจัยระยะที่ 1 ของแบบสอบถามครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

Item Reliability Statistics	If item dropped
	Cronbach's Alpha
<b>ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง</b>	0.877
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้	0.852
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนมีทิศทางในการทดลองหาคำตอบ	0.867
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนกำหนดขอบเขตของการทดลอง	0.871
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนกำหนดตัวแปรได้	0.870
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้	0.876
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลจากการทดลองได้	0.874
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนออกแบบการทดลองได้	0.869
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนบันทึกผลและสรุปการทำการทดลองได้	0.859
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนสามารถเสนอแนวคิดรวบยอดได้	0.868
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้นอกสถานที่ได้	0.872
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยลดระยะเวลาในการทดลองได้	0.868
PNI <sub>Modified</sub> นักเรียนสามารถทดลองซ้ำๆ ได้	0.874
PNI <sub>Modified</sub> สามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ	0.868
PNI <sub>Modified</sub> ช่วยให้นักเรียนรู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจากการทดลอง	0.868
<b>ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง</b>	0.950
เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย	0.944
มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน	0.943

Item Reliability Statistics	If item dropped
	Cronbach's Alpha
ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริง	0.877
มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ของนักเรียนเบื้องต้น	0.948
การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ	0.949
มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน	0.946
สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม	0.944
ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง	0.948
สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับนักเรียนในการทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง	0.944
สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา	0.944
สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	0.947
สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา	0.944
สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับนักเรียนได้	0.946

จากตารางที่ 5 และตารางที่ 6 สรุปได้ว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามในระยะที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป ซึ่งพบว่ามีค่าความเชื่อมั่นที่สูงและผ่านเกณฑ์ สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยได้จริง

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. อธิบายข้อมูลทั่วไปและวิเคราะห์ข้อมูลประชากรของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Division)

2. วิเคราะห์ข้อมูลความต้องการจำเป็นโดยใช้สูตรคำนวณหาค่าดัชนีความต้องการจำเป็น (Priority Needs Index: PNI) (สุวิมล ว่องวานิช, 2550)

$$(PNI)_{\text{Modified}} = \frac{(I-D)}{D}$$

เมื่อ  $(PNI)_{\text{Modified}}$  แทน ดัชนีเรียงลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็น

I แทน ค่าเฉลี่ยของสภาพที่ควรจะเป็น

D แทน ค่าเฉลี่ยสภาพปัจจุบัน

3. วิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Division)

**ระยะที่ 2 การสร้างต้นแบบ (Prototype) ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบิลิตี้**  
**ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน**  
**มัธยมศึกษาตอนต้น**

การวิจัยในระยะที่ 2 เป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยระยะที่ 1 มาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และออกแบบต้นแบบโมบิลิตี้แอปพลิเคชันและกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการจำเป็นของนักเรียนและครูผู้สอนและให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน โดยมีต้นแบบที่ต้องการพัฒนาดังต่อไปนี้

1. โมบิลิตี้แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการใช้โมบิลิตี้แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่

2.1 แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

**กลุ่มตัวอย่าง**

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยระยะที่ 2 ได้แก่

1. ผู้เชี่ยวชาญรวมทั้งสิ้นจำนวน 6 ท่าน ใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

1.1.1 เป็นอาจารย์ผู้สอน หรือผู้ที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี ในด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา และ / หรือ

1.1.2 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการเขียนหนังสือ หรือตำรา หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

1.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

1.2.1 เป็นอาจารย์ผู้สอน หรือผู้ที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี ในด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และ / หรือ

1.2.2 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการเขียนหนังสือ หรือตำรา หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 20 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ที่สอดคล้องกับคุณสมบัติ

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่**

1. แบบประเมินคุณภาพสื่อ

2. แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

2.1 แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

2.2 ร่างแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เพื่อทดสอบค่าความเชื่อมั่น ดัชนีความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก

### ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ

1. โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ใช้การพัฒนาอย่างเป็นระบบด้วยหลักการของ ADDIE MODEL มี 5 ขั้นตอนดังนี้

#### 1. การวิเคราะห์ (Analysis) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์

1.1 ประสบการณ์ผู้ใช้ ความต้องการจำเป็น และปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จากทุกภาคทั่วประเทศไทย จากการวิจัยในระยะที่ 1 พบว่า ความต้องการจำเป็นสูงสุด หรือมีค่าดัชนีความต้องการจำเป็นสูงสุดของนักเรียน คือ โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้ ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนมากที่สุดคือ ต้องการการออกแบบที่สวยงาม และน่าสนใจ ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มากที่สุด พบว่า สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับให้นักเรียนทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง

1.2 เนื้อหา การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามแนวทางการส่งเสริมของสสวท. โดยเป็นการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ แก้ไขปัญหา พร้อมทั้งมีการฝึกทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ที่ดีของผู้เรียนและเพื่อนำไปใช้หรือเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของผู้เรียนได้ จึงได้มีการนำเนื้อหาที่ให้ผู้เรียนได้ใช้การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีการคิดวิเคราะห์ และเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมต่อช่วงวัยของผู้เรียน และเรียงเนื้อหาจากง่ายไปหายากและเนื้อหาให้มีความสัมพันธ์และต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้เรียนได้มีการฝึกและทำความเข้าใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

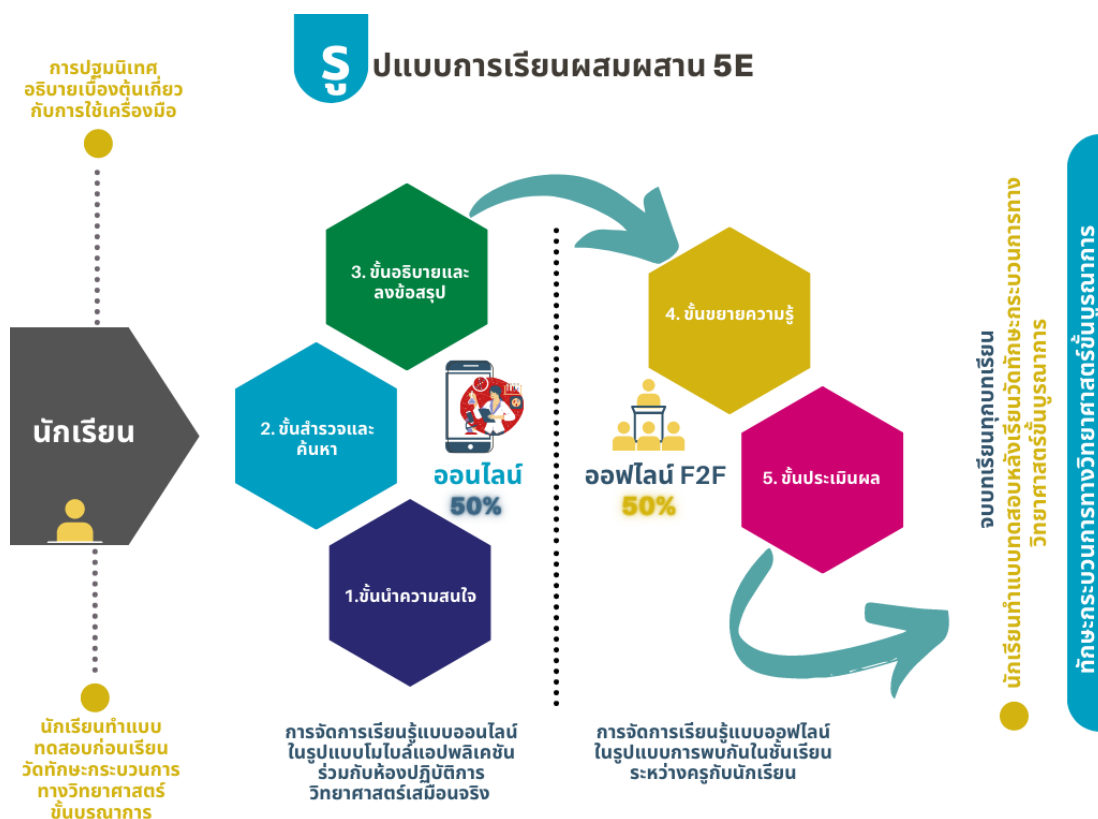
1.3 ผู้เรียน เป็นการวิเคราะห์ตามหลักความสามารถของผู้เรียน เก่ง กลาง อ่อน

1.4 รูปแบบการเรียนการสอน เป็นการวิเคราะห์เทคนิคและวิธีการที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.5 การประเมินผลการเรียนรู้ เป็นการศึกษาวิธีการประเมินผลให้เหมาะสมกับลักษณะของเรื่องที่ต้องการจะวัด

2. การออกแบบ (Design) นำข้อมูลจากการวิเคราะห์ในข้อที่ 1 มาใช้ในการวางแผนการออกแบบโมไบล์ที่สอดคล้องกับหลักการออกแบบ

2.1 ออกแบบรูปแบบการเรียนรู้และกิจกรรมในโมไบล์แอปพลิเคชัน ประกอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์ในการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรม ออกแบบเนื้อหาจากผลการวิเคราะห์ในข้อที่ 1

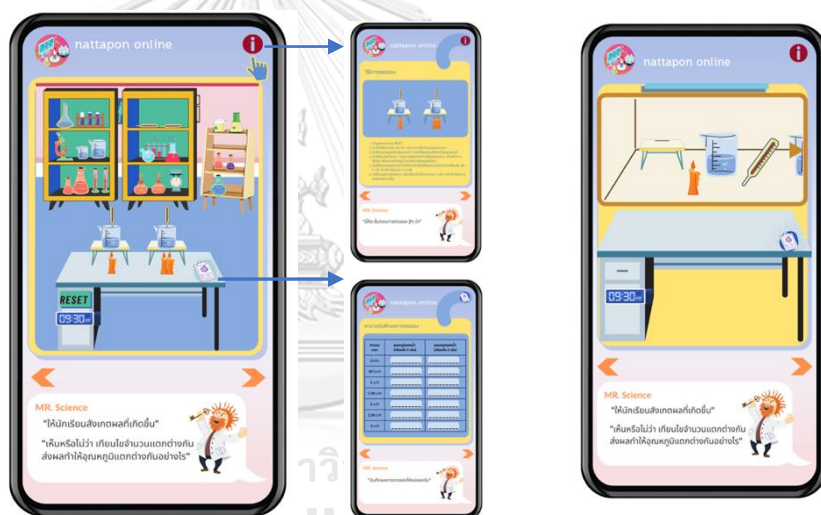


ภาพที่ 3 รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยโมไบล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยโมไบล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เป็นการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยมีการเรียนแบบออนไลน์ (Online) ผ่านโมไบล์แอปพลิเคชัน ร้อยละ 50% และเป็นการเรียนแบบออฟไลน์ (Offline) โดยนักเรียนพบกับครูในห้องเรียน ร้อยละ 50% โดยมีการนำการเรียนรู้แบบ 5E เป็นกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เข้ามาเป็นขั้นตอนในการเรียนรู้ทั้งแบบออนไลน์และออฟไลน์ โดย 3 ชั้นแรก ประกอบด้วย ขั้นนำความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา และขั้นอธิบายและลงข้อสรุป จะเป็นการเรียนรู้ผ่านโมไบล์แอปพลิเคชัน ส่วนอีก 2 ชั้นสุดท้าย ประกอบไปด้วย ขั้นขยาย

ความรู้ และชั้นประเมินผล จะเป็นการเรียนแบบออนไลน์ ทั้งนี้ในการเรียนดังกล่าวกำหนดให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเองผ่านโมบายล์แอปพลิเคชันในรูปแบบออนไลน์ และมีการจัดเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนพบกับครูที่ห้องเรียนโดยร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้รับจากบทเรียนออนไลน์ รวมไปถึงขยายความรู้เพื่อเพิ่มเติมเสริมความรู้ให้กับผู้เรียน ทั้งนี้ในแต่ละบทเรียนผู้เรียนต้องทำข้อสอบเพื่อทบทวนความรู้

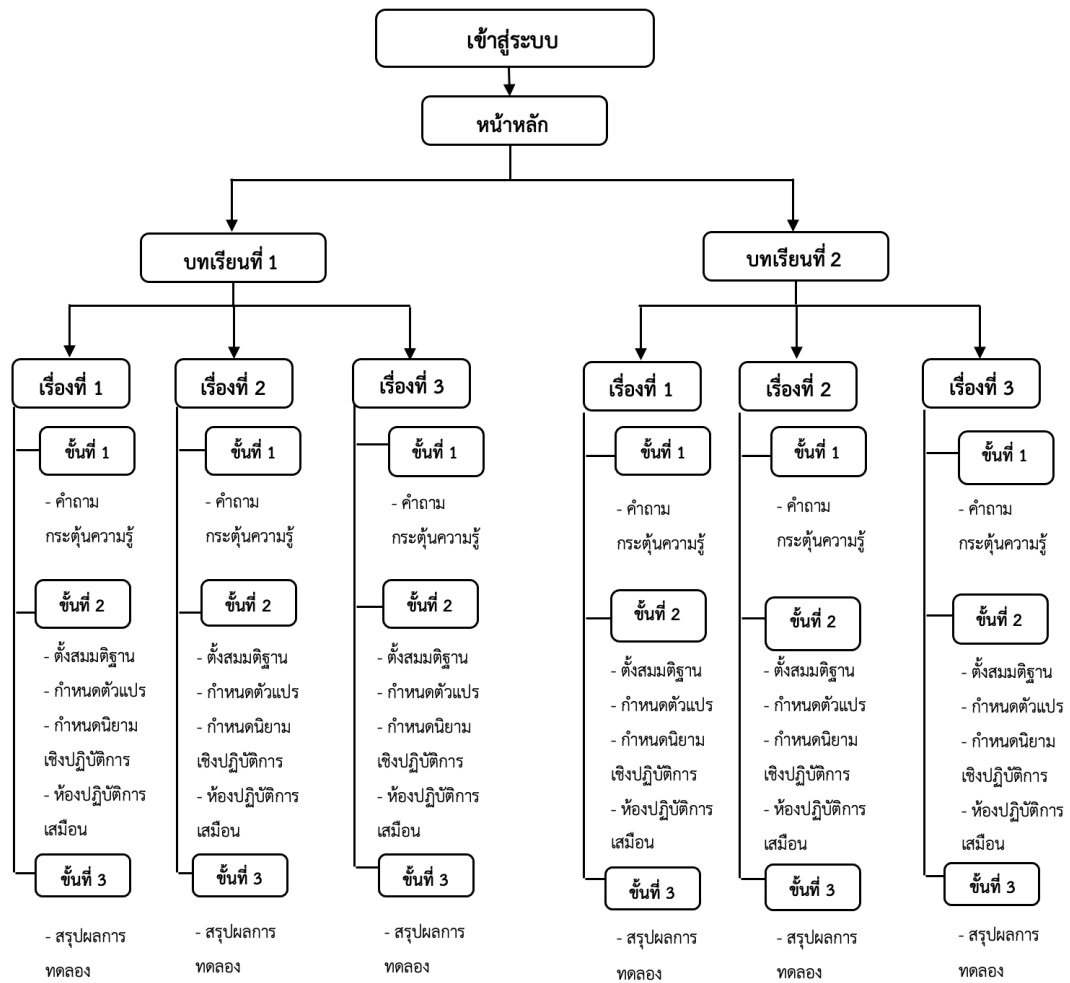
2.2 ออกแบบหน้าจอ หน้าจอภายในโมบายล์แอปพลิเคชันมีการออกแบบให้เป็นสัดส่วน ในการวางตำแหน่งของการแสดงเนื้อหา ภาพ ปุ่มควบคุม และส่วนอื่น ๆ ที่จำเป็น และองค์ประกอบหลักของหน้าจอในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ประกอบด้วย 1. ส่วนอุปกรณ์การทดลอง 2. ส่วนพื้นที่ทำการทดลอง 3. ส่วนบรรยายอธิบายความรู้ และมีในส่วนของฟังก์ชันเพิ่มเติม คือ ปุ่มเมนูคำอธิบายขั้นตอนการทดลอง และปุ่มเมนูแบบบันทึกการทดลอง เพื่อให้มีการใช้งานที่สะดวกและรวดเร็วในการทำกิจกรรม



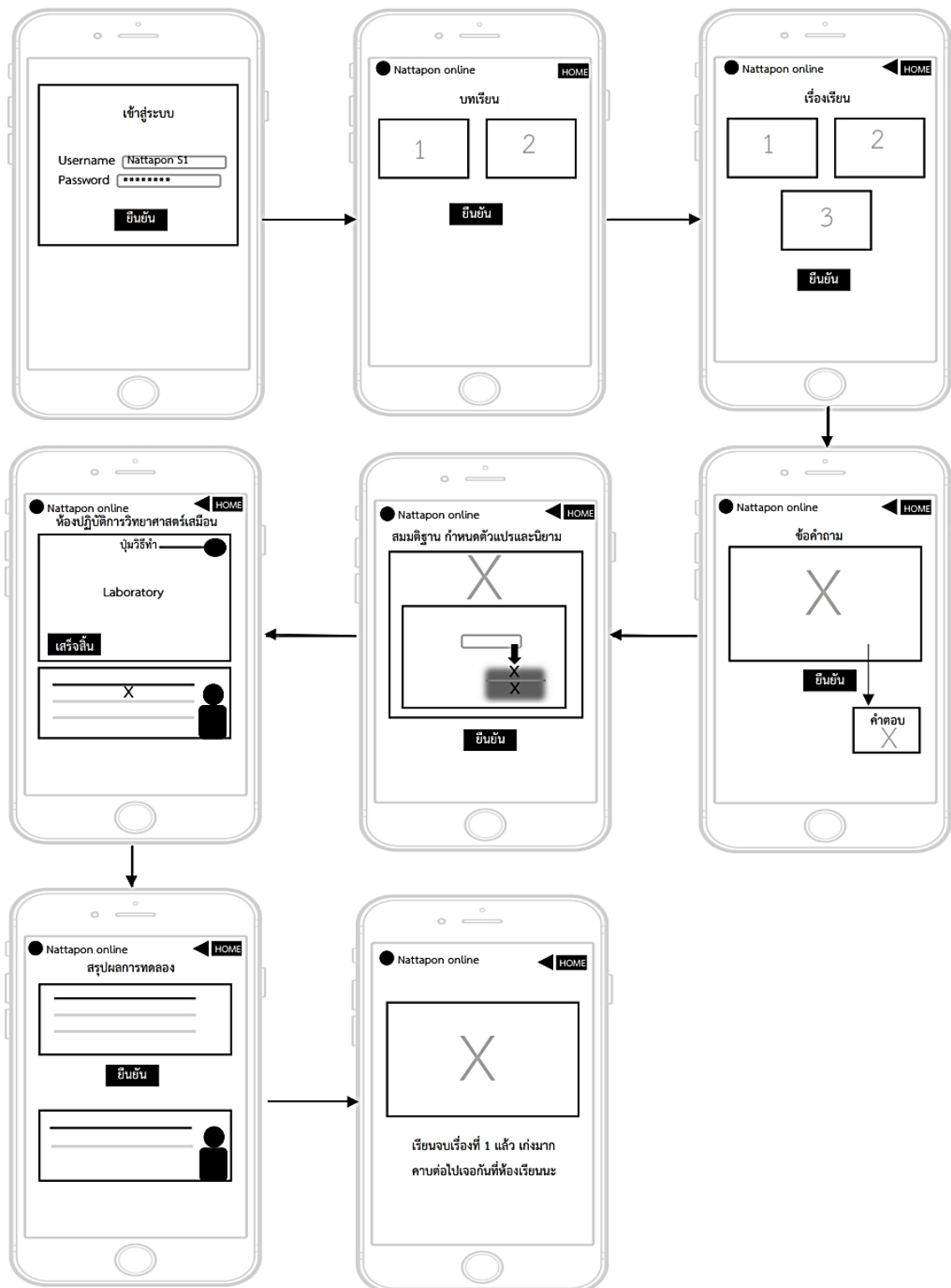
ภาพที่ 4 ออกแบบหน้าจอของโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

2.3 ออกแบบกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ด้าน ที่มีความสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้มีการฝึกและปฏิบัติด้วยตนเอง ในแต่ละเนื้อหาผู้เรียนจะปฏิบัติตามขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 ขั้นตอน โดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจนที่นักเรียนสามารถปฏิบัติตามได้จากรูปภาพหรือข้อความบนหน้าจอ โดยการสัมผัสปุ่มหรือตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีการกำหนดเงื่อนไขไว้อย่างถูกต้อง





ภาพที่ 5 แผนภาพแสดงโครงสร้างและลำดับของโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง



ภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนการใช้งานโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

2.4 ออกแบบการเก็บข้อมูล สำหรับการบริหารจัดการ เป็นการเก็บข้อมูลความรู้ เนื้อหาต่าง ๆ และกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ โดยผ่านฐานข้อมูล MYSQL ช่วยให้ผู้สอนหรือครู เจ้าของวิชาสามารถไปดูรายละเอียดการบันทึกคำตอบของผู้เรียนเป็นรายบุคคล

**3. การพัฒนา (Development)** สร้างเนื้อหาโมบายล์แอปพลิเคชันตามที่วิเคราะห์และที่ได้ออกแบบไว้ ไม่ว่าจะเป็นภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียงบรรยาย คำบรรยาย โทนีส์และการมีปฏิสัมพันธ์ จัดทำแบบร่างโครงสร้างเนื้อหาไว้ และรวบรวมกันจนเป็นแบบร่างโมบายล์แอปพลิเคชัน จากนั้นนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วจึงปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ แล้วจึงนำข้อมูลต่าง ๆ มาสร้างโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง เมื่อพัฒนาจนครบถ้วนแล้วจึงนำไป ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบและประเมินคุณภาพสื่อและให้คำแนะนำ โดยใช้แบบประเมินคุณภาพสื่อ ประกอบด้วยด้านเนื้อหา และด้านการออกแบบ ที่ได้พัฒนาขึ้น หลังจากนั้นนำผลการวิเคราะห์ไปปรับปรุงและนำไปใช้ได้จริง

โดยการสร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อ โดยกำหนดเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับการประเมินโมบายล์แอปพลิเคชันโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างข้อคำถามสำหรับการประเมินแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ซึ่งเกณฑ์การแปลความหมายโดยผู้วิจัยกำหนดการแปลความหมายไว้ โดยมีเกณฑ์การแปลผลการให้คะแนน ดังนี้ (มัลลิกา บุนนาค, 2551)

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดี

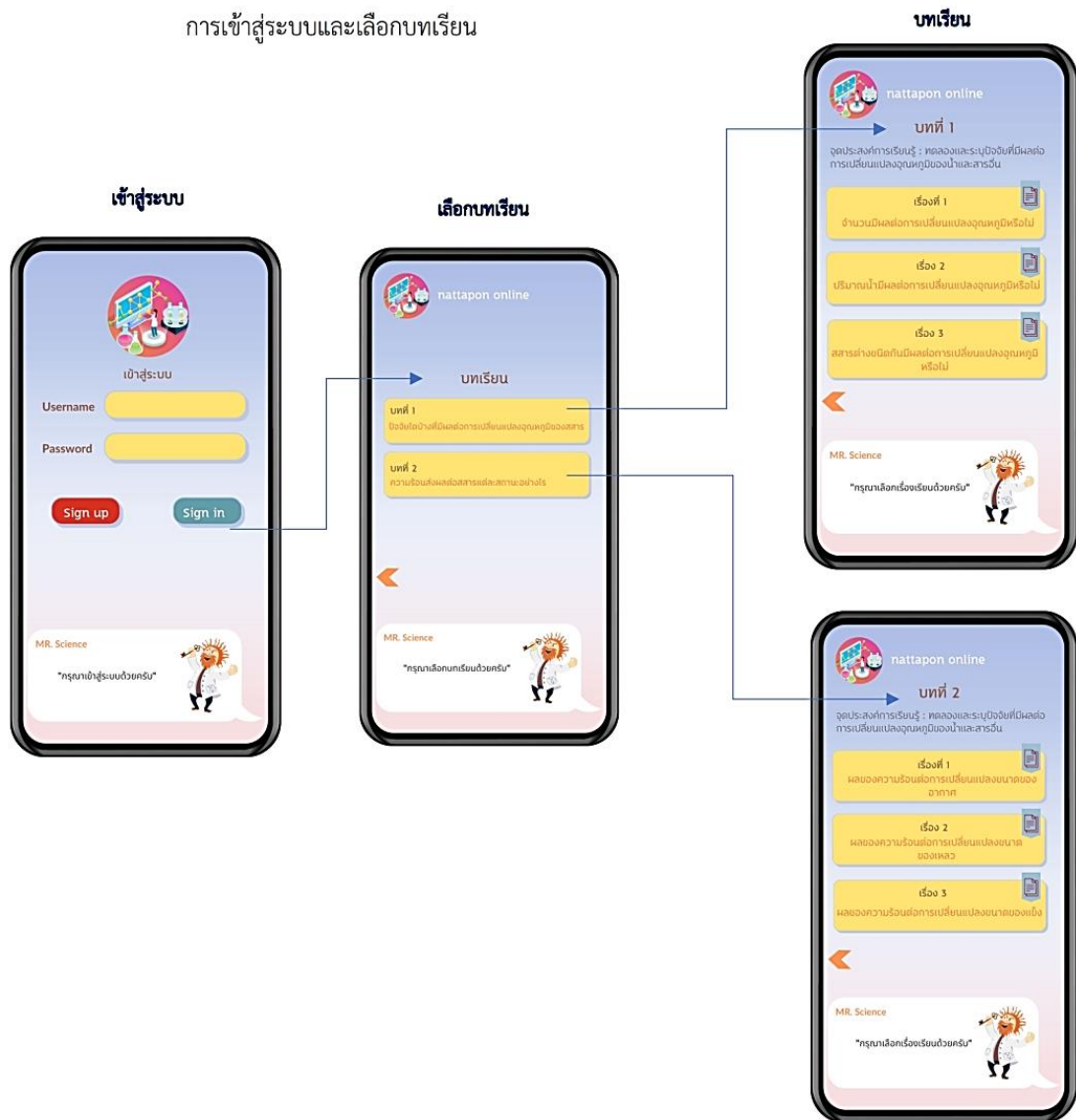
ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับน้อยที่สุด

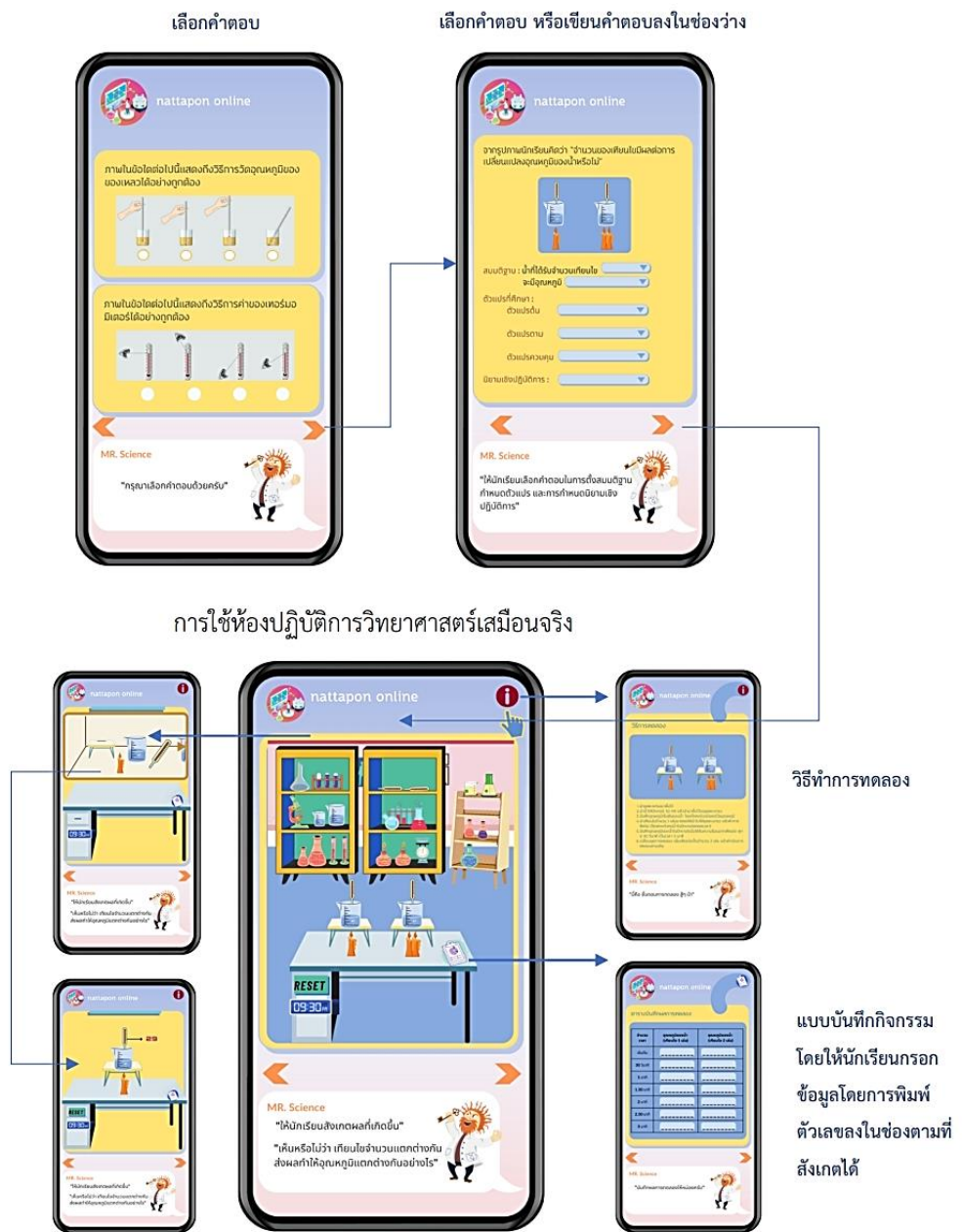
ผลการประเมินคุณภาพสื่อห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.72$ , S.D. = 0.15) เหมาะสมสามารถนำไปทดลองใช้ได้ (ภาคผนวก จ)

จากกระบวนการออกแบบทำให้ได้พัฒนาแบบร่างต้นแบบโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง สำหรับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (ภาพที่ 7) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 7 ตัวอย่างโครงร่างโมบายล์แอปพลิเคชัน

การออกแบบปฏิสัมพันธ์



นักเรียนสามารถลากแถบอุปกรณ์ลงมาเพื่อที่จะเลือกอุปกรณ์ต่าง ๆ มาวางบริเวณพื้นที่โต๊ะทำการทดลอง เพื่อดำเนินการทดลองตรวจสอบสมมติฐานและข้อเท็จจริงตามที่กำหนด

ภาพที่ 7 ตัวอย่างโครงร่างโมบายล์แอปพลิเคชัน (ต่อ)

การพิมพ์คำตอบลงในช่องว่าง



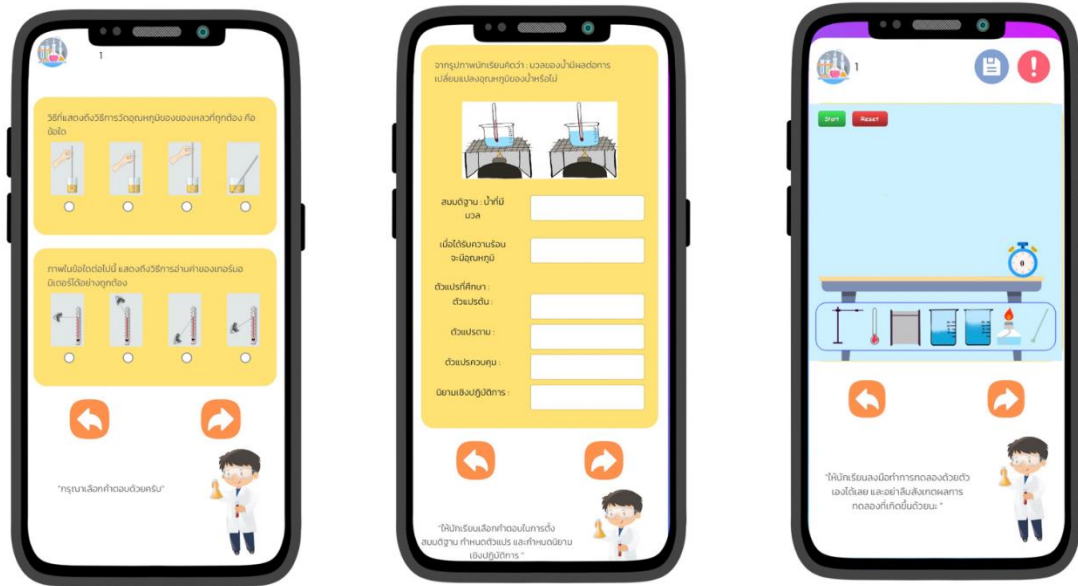
ภาพที่ 7 ตัวอย่างโครงร่างโมบายล์แอปพลิเคชัน (ต่อ)

จากนั้นผู้วิจัยนำร่างต้นแบบโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง สำหรับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มาพัฒนาเป็นต้นแบบโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยในส่วนของการพัฒนาโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงนั้น ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือหลักในการพัฒนาคือ **Visual Studio Code** ในการแก้ไขและปรับแต่งโค้ด เป็นภาษา php, html และ javascript เก็บฐานข้อมูลด้วย **MYSQL** และสร้างห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง 2 มิติ ด้วยโปรแกรม **Construct 2** ด้วยภาษา **HTML5** แบบ **WebGL** ดังแสดงในภาพ

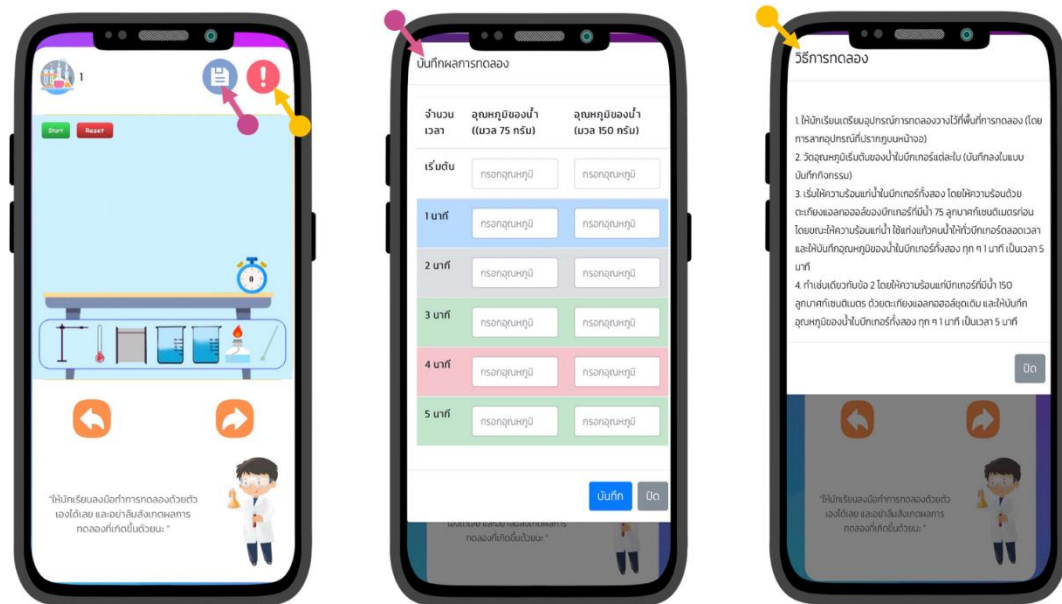
ต้นแบบโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (ภาพที่ 8-13)



ภาพที่ 8 หน้าเข้าสู่บทเรียน

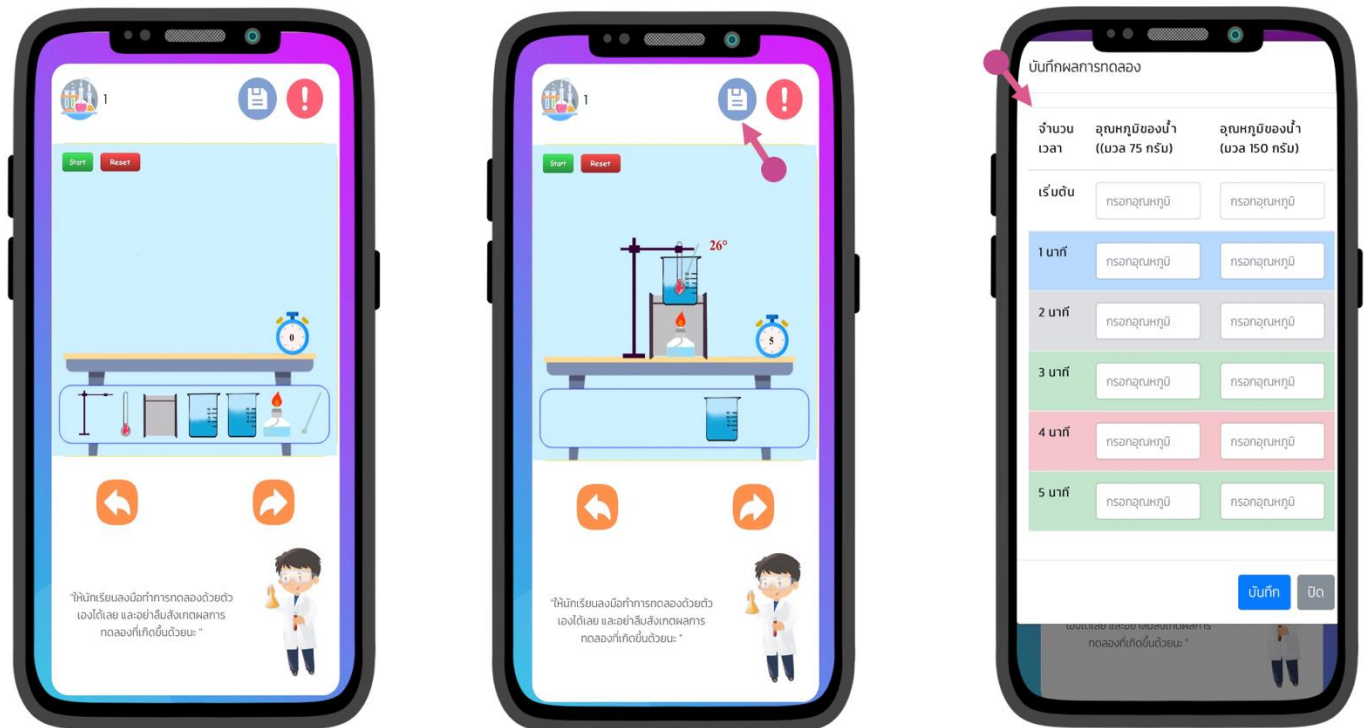


ภาพที่ 9 หน้ากิจกรรมการตอบคำถาม และทำการทดลอง

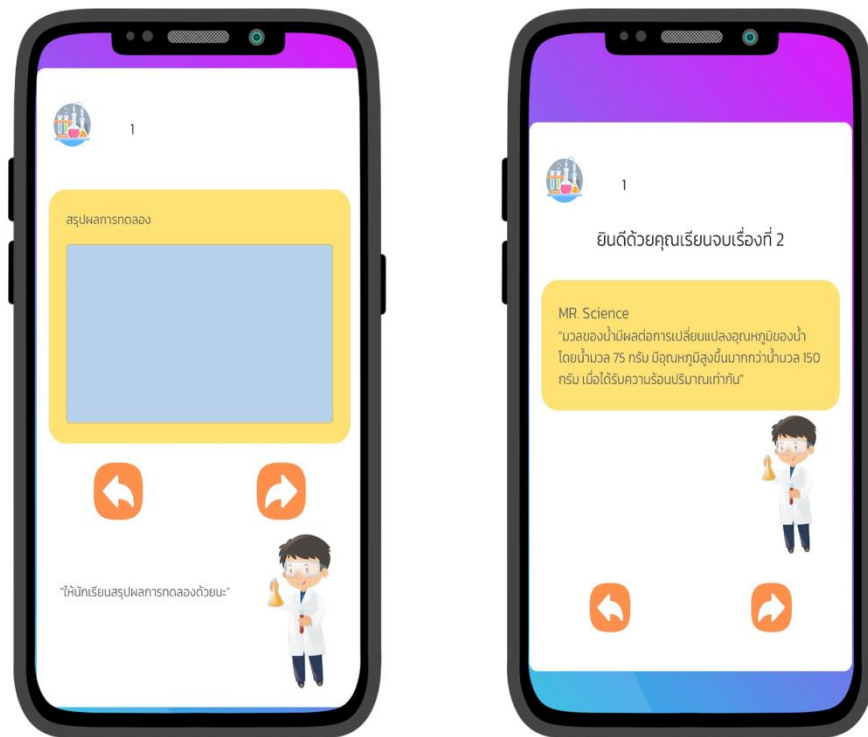


ภาพที่ 10 หน้าแสดงแบบบันทึกผล และวิธีการทดลอง

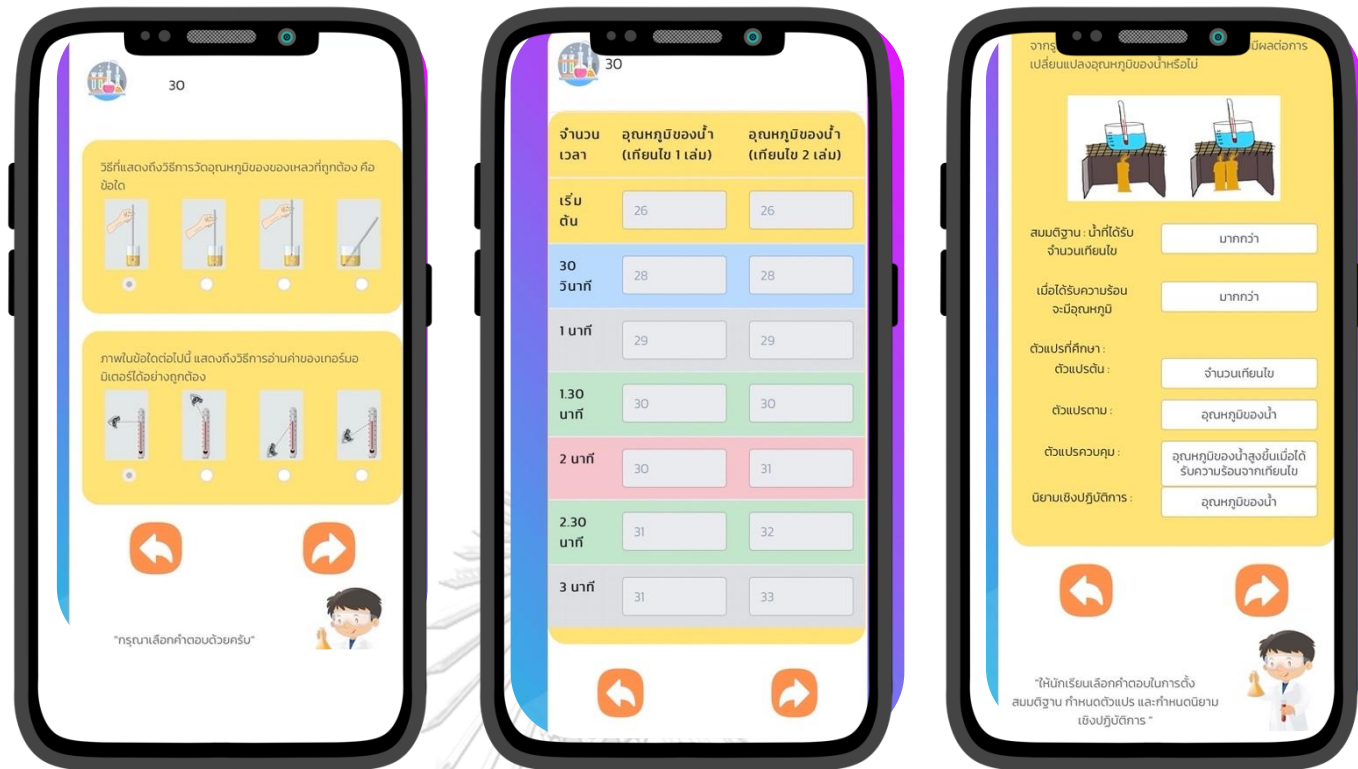




ภาพที่ 11 หน้าแสดงผลการทำทดลอง พร้อมหน้าบันทึกผลการทดลอง



ภาพที่ 12 หน้ากิจกรรมการสรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 13 ข้อมูลบันทึกย้อนหลังของผู้เรียน

โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีฝั่งผู้ใช้งาน (Front-end) ประกอบด้วย

1.1 ระบบสมาชิก ซึ่งมีระบบเข้าใช้งานระบบ (Sign-in)

1.2 เนื้อหาบทเรียน ประกอบด้วยเนื้อหาสาระความรู้เกี่ยวกับชีววิทยาวิทยาศาสตร์ โดย

นำผลการวิจัยในการวิจัยระยะที่ 1 ทั้งในด้านของความต้องการจำเป็นที่มีค่าดัชนีความสำคัญของความต้องการจำตามลำดับ มาพิจารณาในส่วนของโครงสร้างเนื้อหาบทเรียน ที่ถูกออกแบบให้นักเรียนได้เรียนรู้จากเนื้อหาและการทดลองง่าย ๆ ไปหาเนื้อหาและการทดลองที่มีความซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ และเป็นบทเรียนที่มีความต่อเนื่องกัน สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียนรู้จากการตอบคำถาม กำหนดสิ่งต่าง ๆ เกี่ยวกับการทดลองนั้น ๆ เนื้อหาบทเรียนหลักประกอบไปด้วย 2 บทเรียน โดยเนื้อหาในบทเรียนนั้น ๆ ผู้เรียนสามารถทำการทดลองและตอบคำถามในบทเรียนได้ด้วยตัวเองแบบอิสระ สามารถทำซ้ำหรือเรียนบทเรียนซ้ำได้ตลอดเวลา ผู้เรียนจะต้องตอบคำถามเป็นตัวเลือกกำหนดให้เพื่อกระตุ้นความสนใจก่อนเข้าสู่บทเรียน จากนั้นให้ผู้เรียน

ได้มีการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และนิยามเชิงปฏิบัติการ ผ่านการพิมพ์ข้อมูลลงไป เมื่อกำหนดเสร็จแล้วบทเรียนจะนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ที่ให้นักเรียนสามารถทำการทดลองต่าง ๆ โดยใช้การลาก วาง และเกิดผลขึ้นตามที่กำหนด เพื่อหาข้อเท็จจริงและข้อมูลที่ถูกต้อง และเป็นการตรวจสอบสมมติฐานที่ผู้เรียนได้ตั้งไว้ ทั้งนี้ นักเรียนสามารถบันทึกข้อมูลผลการทดลองต่าง ๆ และสรุปผลการทดลองต่าง ๆ ผ่านการพิมพ์ข้อมูลลงในแบบบันทึกที่มีในแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ นักเรียนสามารถดูข้อมูลย้อนหลัง ที่เป็นข้อมูลการตอบคำถามหรือการทำกิจกรรมในบทเรียนต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้จะเป็นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวแล้ว ยังจำเป็นต้องอาศัยการชี้แนะจากผู้สอนและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนและฝึกทักษะเพิ่มเติม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการเรียนรู้ที่จะเข้ามาสนับสนุนการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งก็คือ “รูปแบบการเรียนรู้ผสมผสาน”

1.3 การออกแบบโมบายล์แอปพลิเคชัน มีการศึกษาด้านปัจจัยที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้มากที่สุด จากผลการวิจัยระยะที่ 1 พบว่า การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ และออกแบบให้สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ซึ่งพบว่าเป็นปัจจัยที่ได้รับค่าเฉลี่ยสูงสุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงออกแบบให้มีความสวยงาม และน่าสนใจมีการออกแบบที่มีสีสัน มีปุ่มฟังก์ชันที่ตอบสนองต่อผู้ใช้ได้ดี หน้าจอมีลักษณะที่พอดี ตัวอักษรอ่านง่าย ชัดเจน เหมาะสมกับผู้เรียนรวมถึงให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการฝึกปฏิบัติและเพื่อการเรียนรู้ที่ดีของผู้เรียนอีกด้วย

2. ระบบบริหารจัดการ (Back-end) เป็นการเก็บข้อมูลความรู้เนื้อหาต่าง ๆ โดยผ่านฐานข้อมูล MYSQL

2.1 ประวัติการใช้งานการบันทึกข้อมูลของผู้เรียนโดยเป็นส่วนช่วยในการติดตามพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้ผ่านการลงชื่อเข้าใช้ ระบบด้วยชื่อผู้ใช้ (User name) และรหัสผ่าน (Password) รวมไปถึงบทเรียนแต่ละเรื่องที่นักเรียนได้เรียนไปแล้วโดยมีการตอบคำถามต่าง ๆ เขียนบันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองลงในแอปพลิเคชันนั้น ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ นักเรียนจะสามารถไปกดดูย้อนหลังได้ว่านักเรียนได้บันทึกอะไรลงไปบ้าง เพื่อเป็นการทบทวนความรู้ของนักเรียนเองและระหว่างนักเรียนกับครูผู้สอนเมื่อเจอกันในห้องเรียน

2.2 เนื้อหาบทเรียน ผู้วิจัยยังออกแบบเนื้อหาโดย เรียงลำดับจากง่ายไปยาก ซึ่งอิงเนื้อหาจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และผ่านการตรวจสอบเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ

3. ระบบฐานข้อมูล (Database) เป็นการนำข้อมูลทั้งหมดของโมบายล์แอปพลิเคชันเก็บไว้บน Hosting Server เมื่อมีการอัปเดตข้อมูลต่าง ๆ สามารถอัปเดตได้ผ่านฐานข้อมูลดังกล่าว ผู้เรียนทุกคนจะได้รับเนื้อหาที่ล่าสุดและที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว

**4. การนำไปใช้ (Implementation)** ผู้วิจัยดำเนินการนำเครื่องมือวิจัยไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่จะนำไปใช้ทดลองใช้จริง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างใกล้เคียงอย่างใกล้ชิด และให้คำแนะนำเมื่อไม่สามารถดำเนินการบทเรียนต่อได้ พร้อมทั้งจดบันทึกเพื่อนำบทเรียนบนโมบายล์แอปพลิเคชันไปปรับปรุงแก้ไข

การทดลองใช้ครั้งนี้ ปัญหาที่พบ ได้แก่

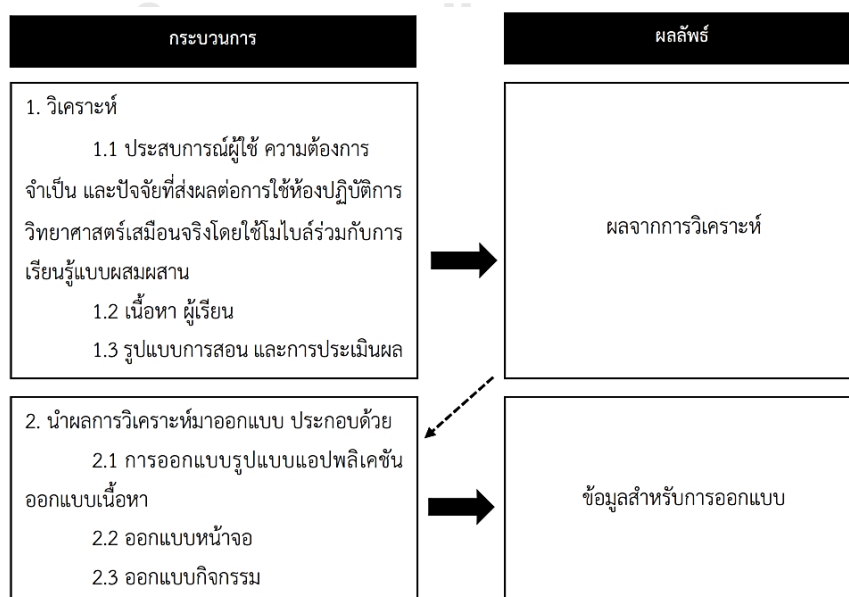
1. ยังขาดความเสถียรของการใช้งานด้านอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้เรียนต้องกลับมาเริ่มเข้าสู่ระบบและทำใหม่ตั้งแต่ต้น

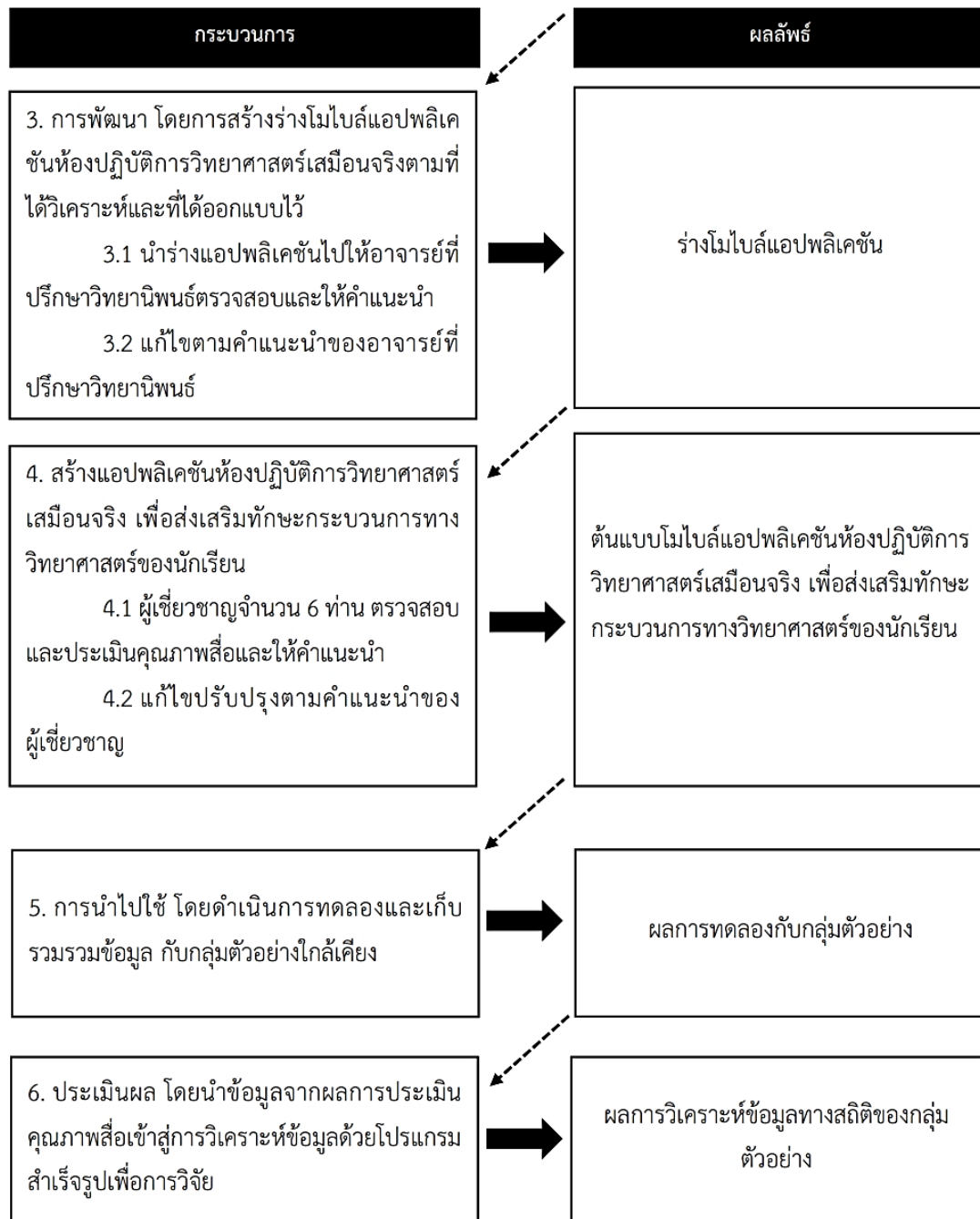
2. สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนพบว่าผู้เรียนบางคนยังไม่เข้าใจขั้นตอนในการดำเนินการ ในการใช้งานกดหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่อยู่ภายในโมบายล์แอปพลิเคชัน ผู้วิจัยจึงชี้แจงบนหน้าชั้นเรียนเพื่อให้เข้าใจหลักในการใช้งานเพิ่มเติมและให้ผู้เรียนดำเนินการบทเรียนต่อไป

**5. การประเมินผล (Evaluation)** นำข้อมูลผลการประเมินคุณภาพสื่อเข้าสู่การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมบายล์แอปพลิเคชันโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.72$ , S.D. = 0.15) และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ทุกด้านอยู่ในระดับ 4.00 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าผ่าน เกณฑ์การประเมินระดับดีขึ้นไป หมายความว่า โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสามารถนำไปทดลองใช้ได้

**ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ**





ภาพที่ 14 แผนภาพแสดงกระบวนการและการพัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชันโมไบล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง โดยใช้หลักการ ADDIE MODEL

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสาน มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา เครื่องมือ ดังต่อไปนี้

1) ศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ ตามแนวคิดและหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน

2) ศึกษาเนื้อหา กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของรายวิชา เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ บทบาทผู้เรียน กิจกรรมการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาและขั้นตอนต่างๆ โดยเนื้อหาประกอบด้วย 6 เรื่อง ได้แก่

1. จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่ 2. ปริมาณน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิหรือไม่ 3. สารต่างชนิดกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่ 4. ผลของความร้อนต่อ การเปลี่ยนแปลงของอากาศ 5. ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของของเหลว และ 6. ผลของ ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของของแข็ง

3) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสม และแสดงความคิดเห็นเพื่อแก้ไขปรับปรุง จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) โดยทำการตรวจสอบ ดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of item Objective Congruence) ซึ่งมีวิธีการให้คะแนน ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

ระดับคะแนน +1 หมายถึง ข้อที่สอดคล้อง

ระดับคะแนน 0 หมายถึง ข้อที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

ระดับคะแนน -1 หมายถึง ข้อที่ไม่สอดคล้อง

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

โดยที่ IOC = ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ

$\sum R$  = ผลรวมของคะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4) ให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความ เหมาะสมและคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่ง มี เกณฑ์การแปลผลการให้คะแนน (มัลลิกา บุนนาค, 2551) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดี

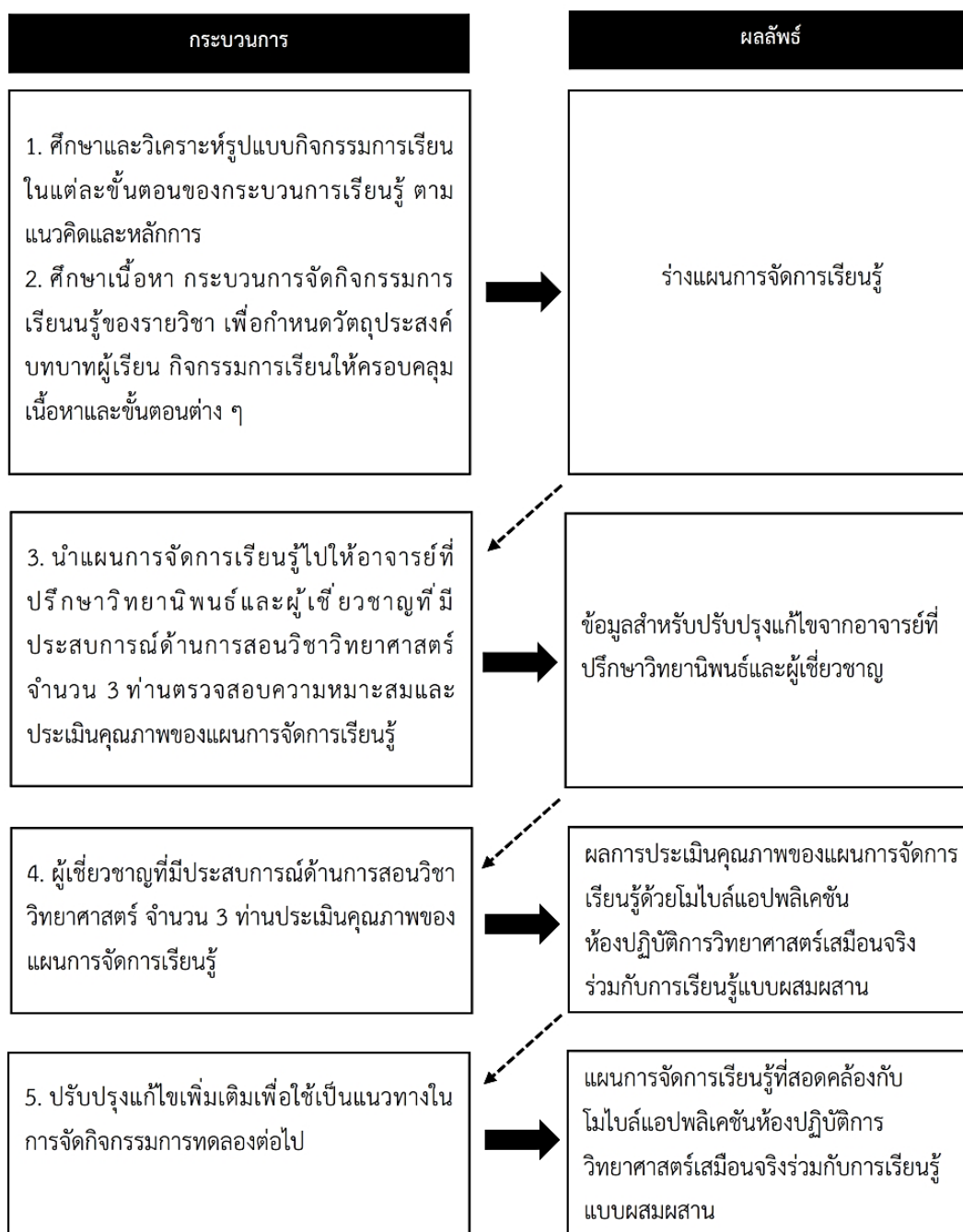
ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับปานกลาง

- ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับน้อย  
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับน้อยที่สุด
- 5) ปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการทดลองต่อไป





### ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ



ภาพที่ 15 แผนภาพแสดงกระบวนการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ซึ่งผลการพิจารณาตรวจสอบพบว่าข้อคำถามทั้ง 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมินทุกข้อ ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมบายล์แอป

พลิกทัศน์ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.77$ , S.D. = 0.58) และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ทุกด้านอยู่ในระดับ 4.00 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดีขึ้นไป หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสามารถนำไปทดลองใช้ได้

**2.1 แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน** แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาเอกสาร หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2) ศึกษาจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิดการวิจัย
- 3) สร้างแบบทดสอบก่อน-หลังเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ (ภาคผนวก ข)
- 4) นำเสนอแบบทดสอบก่อน-หลังเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสม และแสดงความคิดเห็นเพื่อแก้ไขปรับปรุง จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) โดยทำการตรวจสอบ ดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of item Objective Congruence) ซึ่งมีวิธีการให้คะแนน ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

ระดับคะแนน +1 หมายถึง ข้อที่สอดคล้อง

ระดับคะแนน 0 หมายถึง ข้อที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

ระดับคะแนน -1 หมายถึง ข้อที่ไม่สอดคล้อง

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

โดยที่ IOC = ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ

$\sum R$  = ผลรวมของคะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งผลการพิจารณาตรวจสอบ พบว่าข้อคำถามทั้ง 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมินทุกข้อ และได้รับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแบบทดสอบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

- 5) นำข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญไปแก้ไขปรับปรุงแบบทดสอบ จากนั้นนำไปทดลองหาค่าความเชื่อมั่น ค่าดัชนีความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) จากนักเรียน 20 คน

โดยใช้สูตรคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น ด้วยวิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร KR-20 คือ

$$KR - 20 = \frac{k}{k - 1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

โดย KR-20 แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ  
 k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด  
 p แทน สัดส่วนของผู้ที่ทำได้ในข้อหนึ่ง ๆ  
 q แทน สัดส่วนของผู้ที่ทำได้ในข้อหนึ่ง ๆ หรือคือ 1-p  
 $S_t^2$  แทน คะแนนความแปรปรวนของคะแนนรวม t  
 (ไพศาล วรรคํา, 2554 : 281)

โดยใช้สูตรคำนวณหาค่าดัชนีความยากง่าย คือ

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

โดย P = ค่าความยากง่ายของแบบสอบ  
 R = จำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อคำถามข้อนั้นถูกต้อง  
 N = จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

กำหนดให้ข้อคำถามที่ถือว่ามีความยากง่ายใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ถ้า P มีค่าต่ำกว่า 0.20 ถือว่าข้อคำถามนั้นยากเกินไป แต่ถ้า P สูงกว่า 0.80 แสดงว่าง่ายเกินไป ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าดัชนีความยากง่าย (P) ของข้อสอบ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย (P) ของข้อสอบ

ความยากง่ายของข้อสอบ	ความหมาย
0.81-1.00	ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60-0.80	ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40-0.59	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)
0.20-0.39	ค่อนข้างยาก (ดี)
0.00-0.19	ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

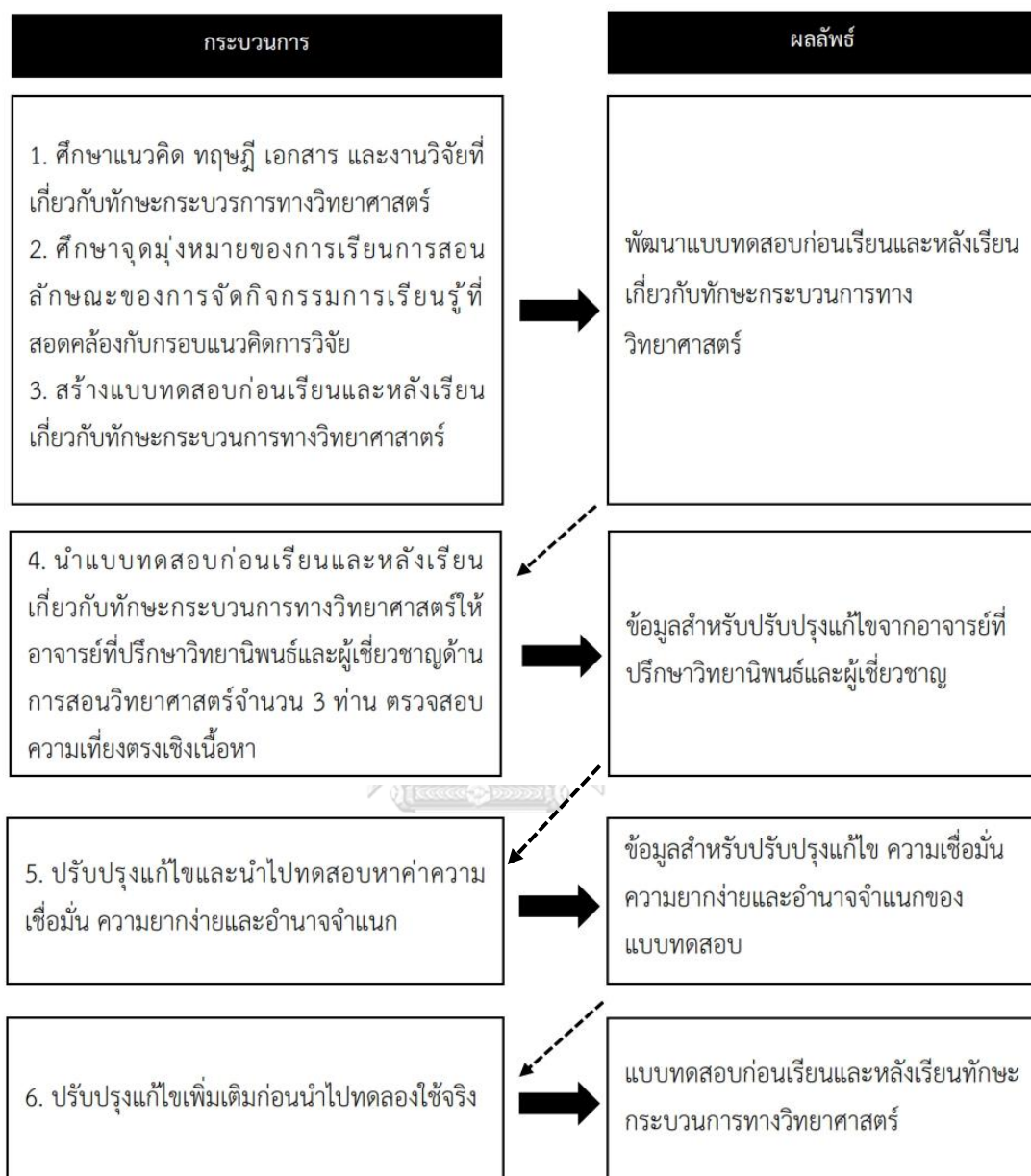
จากนั้นนำมาหาค่าอำนาจจำแนก เพื่อทดสอบความสามารถของแบบทดสอบในการจำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างระหว่างผู้สอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน จะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง +1 ค่าอำนาจจำแนกที่ดี ควรมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป กรณีที่ค่าอำนาจจำแนก ติดลบ แสดงว่า ข้อสอบข้อนั้นจำแนกกลับ คนเก่งทำไม่ได้ แต่คนอ่อนทำได้ ถือว่าเป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรตัดทิ้ง (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) และแปลความหมายดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ

ความยากง่ายของข้อสอบ	ความหมาย
0.60-1.00	อำนาจจำแนกดีมาก
0.40-0.59	อำนาจจำแนกดี
0.20-0.39	อำนาจจำแนกพอใช้
0.10-0.19	อำนาจจำแนกต่ำ (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
-1.00-0.09	อำนาจจำแนกต่ำมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

จากผลการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่น ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก คือ โดยรวมมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.962 และมีความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.25-0.75 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.40-0.90 ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปเก็บข้อมูลวิจัย

### ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ



ภาพที่ 16 แผนภาพแสดงขั้นตอนการพัฒนาแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### 3. แบบสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนด้วยโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ

2) จากผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงในระยะเวลาที่ 1 เพื่อนำมากำหนดประเด็นคำถามเพื่อสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนด้วยโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 12 ข้อ โดยใช้มาตรวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของ Likert โดยมี คำตอบให้เลือก 5 ระดับตามความคิดเห็น และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึงระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึงระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึงระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึงระดับน้อยที่สุดหรือไม่เห็นด้วยเลย

ระยะที่ 3 การนำรูปแบบโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไปสู่การทดลองปฏิบัติและประเมินผล

การวิจัยในระยะที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อนำโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ไปสู่การทดลองปฏิบัติและประเมินผล โดยมีรายละเอียดขั้นตอน ดังต่อไปนี้

#### กลุ่มตัวอย่างในการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยระยะที่ 3 คือ นักเรียนจำนวน 30 คน ใช้วิธีการเลือกแบบ เฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) พิจารณาจากโรงเรียนเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลและมีการกำหนดคุณสมบัติของโรงเรียนคือ

1. โรงเรียนที่มีการสนับสนุนด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง

2. โรงเรียนที่มีนักเรียนที่มีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีสามารถนำโทรศัพท์มือถือในการเข้าถึงสารสนเทศได้ จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้โรงเรียนวัดอินทาราม จากนั้นเป็นการเลือกแบบเจาะจงเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

### **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่**

1. โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน
3. แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. แบบสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

### **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

การดำเนินการทดลองใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรูปแบบแผนการวิจัยกลุ่มเดียว มีการเก็บข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบเพื่อประเมินก่อนการทดลองและหลังการ ทดลอง โดยทดลองกับนักเรียนจำนวน 30 คน

### **ขั้นตอนดำเนินการทดลอง**

มีขั้นตอนดำเนินการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
2. ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน
3. ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยนักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนของโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีกระบวนการดังต่อไปนี้

**การเรียนรู้แบบออนไลน์** ด้วยโมบายล์แอปพลิเคชัน โดยให้นักเรียนดาวน์โหลดแอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง จากนั้นทำการศึกษาเนื้อหาบทเรียนตามขั้นตอน 3 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 คือขั้นนำความสนใจ โดยให้นักเรียนเลือกตอบคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจ ขั้นที่ 2 คือขั้นสำรวจและค้นหา โดยจะมีข้อความเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐาน การกำหนดตัวแปร และให้คำ

นิยามเชิงปฏิบัติการ ก่อนที่จะเข้าสู่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงเพื่อให้นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานต่าง ๆ หรือเพื่อได้มาซึ่งผลการทดลอง พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง ขั้นที่ 3 คือขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ให้นักเรียนเขียนสรุปผลจากการทดลองที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองตั้งข้อสงสัยมาเพื่อเป็นการสรุปตามความเข้าใจของผู้เรียน

**การเรียนรู้แบบออนไลน์** เป็นการเรียนรู้โดยเรียนรู้ในห้องเรียน ที่ได้มีการพบกับครูที่ห้องเรียน โดยทำการเรียนรู้ตามขั้นตอน 2 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 คือขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่ผู้สอนให้เพิ่มเติมเสริมความรู้ให้กับผู้เรียนจากบทเรียนที่นักเรียนได้เรียนรู้ในโมบายล์แอปพลิเคชันมา และเป็นการสรุปเรื่องเรียนเพื่อความเข้าใจของนักเรียนได้ตรงจุดประสงค์และเพื่อความชัดเจนเพิ่มเติม ขั้นที่ 2 เป็นขั้นการประเมิน ขั้นนี้จะเป็นการที่ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนในบทเรียนนั้น ๆ

4.เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และประเมินความพึงพอใจในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

#### **การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไป
2. วิเคราะห์ข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อน-หลังเรียนโดยใช้สถิติ Dependent Sample t- test



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ ความต้องการจำเป็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษา และนำข้อมูลที่ได้รับมาพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อพัฒนานวัตกรรมห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์และนำเสนอตามลำดับเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การวิจัยสำรวจขั้นต้น เป็นการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็น และปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ของกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

ระยะที่ 2 การสร้างต้นแบบ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยระยะที่ 1 มาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และออกแบบต้นแบบโมบายล์แอปพลิเคชันและกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อประสบการณ์และความต้องการจำเป็นของนักเรียน อีกทั้งเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน

ระยะที่ 3 การนำรูปแบบโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไปสู่การทดลองปฏิบัติและประเมินผล โดยการนำโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นไปทดลองปฏิบัติและทำการประเมินผล

**ระยะที่ 1 การศึกษาภูมิหลัง ประสบการณ์และความต้องการจำเป็นและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้  
โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง และนำข้อมูลที่ได้รับมาพัฒนาโมบายล์  
แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริม  
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น**

การนำเสนอผลการวิจัยในระยะที่ 1 นี้ เพื่อศึกษาข้อมูลภูมิหลัง ประสบการณ์และความ  
ต้องการจำเป็น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ  
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

1. เพื่อศึกษาภูมิหลัง ประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนระดับชั้น  
มัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา
2. เพื่อศึกษาความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์  
เสมือนจริงเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือน  
จริง

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ผลการวิจัยในระยะที่ 1 ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ศึกษาข้อมูลภูมิหลัง ประสบการณ์และความต้องการจำเป็น ปัจจัยที่ส่งผล  
ต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ **นักเรียนระดับชั้น  
มัธยมศึกษาตอนต้น**

ส่วนที่ 2 ศึกษาข้อมูลประสบการณ์และความต้องการจำเป็น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้  
โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ **ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้น  
มัธยมศึกษา**

การวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละส่วนประกอบด้วย 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชัน  
ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการ  
วิทยาศาสตร์เสมือนจริง

**ส่วนที่ 1** ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนระดับชั้น  
มัธยมศึกษาตอนต้น

**ตอนที่ 1** ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ตารางที่ 9 รายละเอียดข้อมูลนักเรียนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามสังกัดพื้นที่

รายการ	ประเภทห้องเรียน		รวม
	ห้องเรียนวิทยาศาสตร์	ห้องเรียนปกติ	
<b>1. สังกัดพื้นที่</b>			
ภาคกลาง	20 (4.57%)	55 (12.56%)	75 (17.12%)
ภาคเหนือ	23 (5.25%)	47 (10.73%)	70 (15.98%)
ภาคใต้	24 (5.48%)	47 (10.73%)	71 (16.21%)
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	36 (8.22%)	40 (9.13%)	76 (17.35%)
ภาคตะวันออก	27 (6.16%)	47 (10.73%)	74 (16.89%)
ภาคตะวันตก	36 (8.22%)	36 (8.22%)	72 (16.44%)
<b>2. สังกัดโรงเรียน</b>			
รัฐบาล	96 (21.92%)	150 (34.25%)	246 (56.16%)
เอกชน	70 (15.98%)	122 (27.85%)	192 (43.84%)
<b>รวม</b>	<b>166 (37.90%)</b>	<b>272 (62.10%)</b>	<b>438 (100.00%)</b>

**จากตารางที่ 9** แจกแจงรายละเอียดข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจำนวนทั้งสิ้น 438 คน โดยพบว่าเมื่อจำแนกตามประเภทห้องเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนของห้องเรียนปกติมากกว่าห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยห้องเรียนปกติมีจำนวน 272 คน คิดเป็นร้อยละ 62.10 รองลงมาห้องเรียนวิทยาศาสตร์มีจำนวน 166 คน คิดเป็นร้อยละ 37.90

เมื่อจำแนกตามสังกัดพื้นที่ แบ่งออกเป็น 6 ภาค พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากที่สุด มีจำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 17.35 รองลงมาภาคกลาง จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 17.12 และภาคตะวันออก จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 16.89 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมาจากทุกสังกัดพื้นที่ในจำนวนใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่างร้อยละ 15.98 – 17.35

เมื่อจำแนกตามสังกัดโรงเรียนพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในสังกัดโรงเรียนรัฐบาลมากกว่าในสังกัดโรงเรียนเอกชน โดยเป็นนักเรียนในสังกัดโรงเรียนรัฐบาลจำนวน 246 คน คิดเป็นร้อยละ 56.16 และเป็นนักเรียนในสังกัดโรงเรียนเอกชน จำนวน 192 คน คิดเป็นร้อยละ 43.84 ตามลำดับ

โดยสรุปกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นนักเรียนห้องเรียนปกติในสังกัดโรงเรียนรัฐบาล โดยกระจายอยู่ในทุกสังกัดพื้นที่ในจำนวนใกล้เคียงกัน

**ตารางที่ 10** ผลสำรวจระดับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแต่ละประเภทของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	2.55	1.08	ปานกลาง
2. โน้ตบุ๊ก / แล็ปท็อป	3.34	1.14	มาก
3. ไอแพด	3.68	1.00	มาก
4. โทรศัพท์เคลื่อนที่	4.68	0.57	มากที่สุด

**จากตารางที่ 10** ผลสำรวจระดับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า กลุ่มตัวอย่างใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.68$ , S.D. = 0.57) รองลงมาได้แก่ ไอแพดหรือแท็บเล็ตในระดับมาก ( $\bar{x} = 3.68$ , S.D. = 1.00) และโน้ตบุ๊กหรือแล็ปท็อปในระดับมาก ( $\bar{x} = 3.34$ , S.D. = 1.14) ตามลำดับ ขณะที่ใช้คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะในระดับปานกลาง ( $\bar{x} = 2.55$ , S.D. = 1.08)

ตารางที่ 11 ผลสำรวจความถี่การใช้ระบบปฏิบัติการโทรศัพท์เคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษา  
ตอนต้น

ระบบปฏิบัติการโทรศัพท์เคลื่อนที่	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
1. ไอโอเอส	195	44.52
2. แอนดรอยด์	243	55.48
3. วินโดว์	0	0.00
<b>รวม</b>	<b>438</b>	<b>100.00</b>

จากตารางที่ 11 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้ระบบปฏิบัติการโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแอนดรอยด์ โดยมีจำนวน 243 คน คิดเป็นร้อยละ 55.48 รองลงมาใช้ระบบปฏิบัติการโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นไอโอเอส มีจำนวน 195 คน คิดเป็นร้อยละ 44.52 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการ  
วิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

ตารางที่ 12 ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง  
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

รายละเอียด	สภาพเป็นจริง			สภาพที่ควรจะเป็น			PNI	ลำดับ
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ		
1. ช่วยให้ฉันเกิดการคาดคะเน คำตอบล่วงหน้าได้	1.17	0.49	น้อยที่สุด	4.85	0.42	มากที่สุด	3.14	1
2. ช่วยให้ฉันมีทิศทางในการทดลอง หาคำตอบ	1.99	0.98	น้อย	4.84	0.95	มากที่สุด	1.44	5
3. ช่วยให้ฉันกำหนดขอบเขตของการ ทดลอง	2.04	0.92	น้อย	4.44	0.46	มาก	1.18	8
4. ช่วยให้ฉันกำหนดตัวแปรได้	1.47	0.96	น้อยที่สุด	4.83	0.80	มากที่สุด	2.28	2
5. ช่วยให้ฉันควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้	2.12	0.85	น้อย	4.58	0.48	มากที่สุด	1.16	10
6. ช่วยให้ฉันสามารถสรุปผลจากการ ทดลองได้	1.52	0.97	น้อย	4.80	0.80	มากที่สุด	2.16	3
7. ช่วยให้ฉันออกแบบการทดลองได้	2.16	0.92	น้อย	4.56	0.75	มากที่สุด	1.11	11

รายละเอียด	สภาพเป็นจริง			สภาพที่ควรจะเป็น			PNI	ลำดับ
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ		
8. ช่วยให้ฉันบันทึกผลและสรุปการทำทดลองได้	2.11	0.93	น้อย	4.57	0.82	มากที่สุด	1.17	9
9. ช่วยให้ฉันสามารถเสนอแนวคิดรวบยอดได้	1.51	0.97	น้อย	4.56	0.77	มากที่สุด	2.02	4
10. สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้	2.05	0.90	น้อย	4.62	0.95	มากที่สุด	1.25	7
11. ช่วยลดระยะเวลาในการทำทดลองได้	1.97	0.97	น้อย	2.68	0.31	ปานกลาง	0.36	12
12. สามารถทดลองซ้ำๆ ได้	2.14	0.94	น้อย	4.92	0.93	มากที่สุด	1.30	6
13. สามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์สารเคมีต่าง ๆ	2.11	0.99	น้อย	2.66	1.02	ปานกลาง	0.26	14
14. ฉันรู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจากการทดลอง	2.23	0.84	น้อย	2.82	0.44	ปานกลาง	0.27	13
รวม	1.90	0.23	น้อย	4.27	0.19	มาก	1.25	-

จากตารางที่ 12 พบว่า ผลการวิเคราะห์สภาพเป็นจริงในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับน้อย ( $\bar{X} = 1.90$ , S.D. = 0.23) เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า ฉันรู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจากการทดลอง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{X} = 2.23$ , S.D. = 0.84) รองลงคือ ช่วยให้ฉันออกแบบการทำทดลองได้ มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X} = 2.16$ , S.D. = 0.92) และสามารถทดลองซ้ำ ๆ มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X} = 2.14$ , S.D. = 0.94) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์สภาพที่ควรจะเป็นในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.27$ , S.D. = 0.19) เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า สามารถทดลองซ้ำ ๆ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{X} = 4.92$ , S.D. = 0.93) รองลงคือ ช่วยให้ฉันเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้ มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X} = 4.85$ , S.D. = 0.42) และช่วยให้ฉันมีทิศทางในการทำทดลองหาคำตอบ มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X} = 4.84$ , S.D. = 0.95) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการจัดลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็น (Priority Needs Index: PNI) ในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยรวมมีค่าเท่ากับ 1.25 เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า ช่วยให้ฉันเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้ มีดัชนีลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็นสูงสุด ( $PNI_{Modified} = 3.14$ ) รองลงมาคือ ช่วยให้ฉัน

กำหนดตัวแปรได้ ( $PNI_{\text{Modified}} = 2.28$ ) และช่วยให้ฉันสามารถสรุปผลจากการทดลองได้ ( $PNI_{\text{Modified}} = 2.16$ ) ตามลำดับ

### ตอนที่ 3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

ตารางที่ 13 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ  
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

รายละเอียด	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย	4.56	0.88	มากที่สุด
2. มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน	4.62	0.80	มากที่สุด
3. มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ตนเองเบื้องต้น	4.52	0.82	มากที่สุด
4. การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ	4.91	0.38	มากที่สุด
5. มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน	4.53	0.84	มากที่สุด
6. สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม	4.57	0.77	มากที่สุด
7. ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง	4.54	0.90	มากที่สุด
8. สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง	4.71	0.78	มากที่สุด
9. ใช้เป็นการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา	4.45	0.98	มาก
10. สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง	4.82	0.61	มากที่สุด
11. สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา	4.51	0.86	มากที่สุด
12. สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้นหรือครูได้	4.51	0.89	มาก
<b>รวม</b>	<b>4.60</b>	<b>0.23</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 13 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้  
ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด  
( $\bar{x} = 4.60$ , S.D. = 0.23) เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ เป็นปัจจัยที่มี  
ค่าเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{x} = 4.91$ , S.D. = 0.38) รองลงคือ สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทาง  
วิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{x} = 4.82$ , S.D. = 0.61) และสามารถทำการทดลอง  
วิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{x} = 4.71$ , S.D. = 0.78) ตามลำดับ

**ส่วนที่ 2** ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์  
มัธยมศึกษา

**ตอนที่ 1** ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ตารางที่ 14 รายละเอียดข้อมูลครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามวิชาเอกที่สำเร็จการศึกษา สังกัดพื้นที่ และสังกัดโรงเรียน

รายการ	วิชาเอกที่สำเร็จการศึกษา				รวม
	วิทยาศาสตร์ ทั่วไป	เคมี	ชีววิทยา	ฟิสิกส์	
<b>1. สังกัดพื้นที่</b>					
ภาคกลาง	56 (12.53%)	10 (2.24%)	4 (0.89%)	6 (1.34%)	76 (17.00%)
ภาคเหนือ	44 (9.84%)	11 (2.46%)	6 (1.34%)	10 (2.24%)	71 (15.88%)
ภาคใต้	51 (11.41%)	4 (0.89%)	8 (1.79%)	7 (1.57%)	70 (15.66%)
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	60 (13.42%)	5 (1.12%)	5 (1.12%)	8 (1.79%)	78 (17.45%)
ภาคตะวันออก	59 (13.20%)	7 (1.57%)	6 (1.34%)	6 (1.34%)	78 (17.45%)
ภาคตะวันตก	55 (12.30%)	6 (1.34%)	6 (1.34%)	7 (1.57%)	74 (16.55%)
<b>2. สังกัดโรงเรียน</b>					
รัฐบาล	168 (37.58%)	20 (4.47%)	22 (4.92%)	28 (6.26%)	238 (53.24%)
เอกชน	157 (35.12%)	23 (5.15%)	13 (2.91%)	16 (3.58%)	209 (46.76%)
<b>รวม</b>	<b>325 (72.71%)</b>	<b>43 (9.62%)</b>	<b>35 (7.83%)</b>	<b>44 (9.84%)</b>	<b>447 (100.00%)</b>

**จากตารางที่ 14** แจกแจงรายละเอียดข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาจำนวนทั้งสิ้น 447 คน โดยพบว่าเมื่อจำแนกตามประเภทวิชาที่สอน กลุ่มตัวอย่างเป็นครูที่



สอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปมากที่สุด โดยมีจำนวน 325 คน คิดเป็นร้อยละ 72.71% รองลงมาคือวิชา ฟิสิกส์ มีจำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 9.84% และวิชาเคมี มีจำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 9.62% ตามลำดับ

เมื่อจำแนกตามสังกัดพื้นที่ แบ่งออกเป็น 6 ภาค พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาค ตะวันออกเท่ากัน มากที่สุด มีจำนวน 78 คน คิดเป็นร้อยละ 17.45 รองลงมาภาคกลาง จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 17.00 และภาคตะวันตก จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 16.65 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมาจากทุกสังกัดพื้นที่ในจำนวนใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง ร้อยละ 15.66 – 17.45

เมื่อจำแนกตามสังกัดโรงเรียนพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นครูในสังกัดโรงเรียนรัฐบาลมากกว่าใน สังกัดโรงเรียนเอกชน โดยเป็นครูในสังกัดโรงเรียนรัฐบาลจำนวน 238 คน คิดเป็นร้อยละ 53.24 และเป็นครูในสังกัดโรงเรียนเอกชน จำนวน 209 คน คิดเป็นร้อยละ 46.76 ตามลำดับ

โดยสรุปกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปในสังกัดโรงเรียนรัฐบาล และเอกชน โดยกระจายอยู่ในทุกสังกัดพื้นที่ในจำนวนใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 15 ผลสำรวจระดับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแต่ละประเภทของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษา

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	2.60	1.11	ปานกลาง
2. โน้ตบุ๊ก / แล็ปท็อป	3.37	1.14	มาก
3. ไอแพด	3.72	0.95	มาก
4. โทรศัพท์เคลื่อนที่	4.77	0.45	มากที่สุด

จากตารางที่ 15 ผลสำรวจระดับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า กลุ่มตัวอย่างใช้ โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.77$ , S.D. = 0.45) รองลงมาได้แก่ ไอแพดหรือแท็บเล็ตใน ระดับมาก ( $\bar{X} = 3.72$ , S.D. = 0.95) และโน้ตบุ๊กหรือแล็ปท็อปในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.37$ , S.D. = 1.14) ตามลำดับ ขณะที่ใช้คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะในระดับปานกลาง ( $\bar{X} = 2.60$ , S.D. = 1.11)

ตารางที่ 16 ผลสำรวจความถี่ของประสบการณ์ของครู

ประสบการณ์สอนของครู	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 1 ปี	106	23.71
1 – 5 ปี	149	33.33
6 – 10 ปี	113	25.28
11 ปีขึ้นไป	79	17.68
<b>รวม</b>	<b>447</b>	<b>100.00</b>

จากตารางที่ 16 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นครูที่มีประสบการณ์สอน 1 – 5 ปี โดยมีจำนวน 149 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 รองลงมาเป็นครูที่มีประสบการณ์สอน 6 – 10 ปี มีจำนวน 113 คน คิดเป็นร้อยละ 25.28 และเป็นครูที่มีประสบการณ์สอนน้อยกว่า 1 ปี มีจำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 23.71 ตามลำดับ ขณะที่ เป็นครูที่มีประสบการณ์สอน 11 ปีขึ้นไป มีจำนวน 79 คน คิดเป็นร้อยละ 17.68

ตารางที่ 17 ผลสำรวจความถี่ของเทคนิครูปแบบ และกลยุทธ์ในการสอนของครู

เทคนิครูปแบบการสอนของครู	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
5E	345	77.18
7E	280	62.64
PBL	287	64.21
STEM	144	32.21

จากตารางที่ 17 รูปแบบเทคนิคและกลยุทธ์ที่ใช้ในการสอนมากที่สุดได้แก่ 5E โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทั้งหมด 345 คน คิดเป็นร้อยละ 77.18 รองลงมา PBL โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทั้งหมด 287 คน คิดเป็นร้อยละ 64.21 และ 7E โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทั้งหมด 280 คน คิดเป็นร้อยละ 62.64 ตามลำดับ ขณะที่ STEM มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้น้อยที่สุดทั้งหมด 144 คน คิดเป็นร้อยละ 32.21

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการ  
วิทยาศาสตร์เสมือนจริงของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา

ตารางที่ 18 ความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง  
ของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา

รายละเอียด	สภาพเป็นจริง			สภาพที่ควรจะเป็น			PNI	ลำดับ
	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ		
1. ช่วยให้นักเรียนเกิดการ คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้	1.20	0.56	น้อยที่สุด	4.90	0.33	มากที่สุด	3.09	1
2. ช่วยให้นักเรียนมีทิศทางในการ ทดลองหาคำตอบ	2.11	0.91	น้อย	4.89	0.33	มากที่สุด	1.32	5
3. ช่วยให้นักเรียนกำหนดขอบเขตของการ ทดลอง	2.13	0.99	น้อย	4.44	1.00	มาก	1.08	14
4. ช่วยให้นักเรียนกำหนดตัวแปร ได้	1.37	0.75	น้อยที่สุด	4.60	0.85	มากที่สุด	2.37	2
5. ช่วยให้นักเรียนควบคุมตัวแปร ต่าง ๆ ได้	2.11	0.98	น้อย	4.51	0.94	มาก	1.13	9
6. ช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผล จากการทดลองได้	1.55	0.71	น้อย	4.84	0.42	มากที่สุด	2.13	3
7. ช่วยให้นักเรียนออกแบบการ ทดลองได้	1.53	0.94	น้อย	4.47	0.96	มาก	1.93	4
8. ช่วยให้นักเรียนบันทึกผลและ สรุปการทำงานทดลองได้	2.06	0.92	น้อย	4.36	1.00	มาก	1.12	11
9. ช่วยให้นักเรียนสามารถเสนอ แนวคิดรวบยอดได้	2.10	1.00	น้อย	4.54	0.82	มากที่สุด	1.17	8
10. ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้นอก สถานที่ได้	2.13	0.98	น้อย	4.52	0.92	มากที่สุด	1.13	10
11. ช่วยลดระยะเวลาในการ ทดลองได้	1.96	0.89	น้อย	4.45	0.93	มาก	1.27	7

รายละเอียด	สภาพเป็นจริง			สภาพที่ควรจะเป็น			PNI	ลำดับ
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ		
12. นักเรียนสามารถทดลองซ้ำๆ ได้	1.99	0.87	น้อย	4.53	0.92	มากที่สุด	1.28	6
13. สามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ	2.11	0.93	น้อย	4.45	0.98	มาก	1.11	12
14. รู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจากการทดลอง	2.10	0.88	น้อย	4.43	0.93	มาก	1.11	13
รวม	1.89	0.24	น้อย	4.57	0.23	มากที่สุด	1.42	-

จากตารางที่ 18 พบว่า ผลการวิเคราะห์สภาพเป็นจริงในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับน้อย ( $\bar{X} = 1.89$ , S.D. = 0.24) เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า ช่วยให้กำหนดขอบเขตของการทดลอง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{X} = 2.13$ , S.D. = 0.99) และช่วยให้นักเรียนเรียนรู้นอกสถานที่ได้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{X} = 2.13$ , S.D. = 0.98) รองลงคือช่วยให้นักเรียนมีทิศทางในการทดลองหาคำตอบ ( $\bar{X} = 2.11$ , S.D. = 0.91) ช่วยให้นักเรียนควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้ ( $\bar{X} = 2.11$ , S.D. = 0.98) และสามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ ( $\bar{X} = 2.11$ , S.D. = 0.93)

ผลการวิเคราะห์สภาพที่ควรจะเป็นในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.57$ , S.D. = 0.23) เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า ช่วยให้นักเรียนเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{X} = 4.90$ , S.D. = 0.33) รองลงช่วยให้นักเรียนมีทิศทางในการทดลองหาคำตอบ ( $\bar{X} = 4.89$ , S.D. = 0.33) และช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลจากการทดลองได้ ( $\bar{X} = 4.84$ , S.D. = 0.42) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการจัดลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็น (Priority Needs Index: PNI) ในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยรวมมีค่าเท่ากับ 1.42 เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า ช่วยให้นักเรียนเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้ มีดัชนีลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็นสูงสุด ( $PNI_{Modified} = 3.09$ ) รองลงมาคือ ช่วยให้นักเรียนกำหนดตัวแปรได้ ( $PNI_{Modified} = 2.37$ ) และช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลจากการทดลองได้ ( $PNI_{Modified} = 2.13$ ) ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง  
ของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

ตารางที่ 19 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ  
ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

รายละเอียด	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย	4.58	0.85	มากที่สุด
2. มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน	4.53	0.84	มากที่สุด
3. มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ของนักเรียนเบื้องต้น	4.60	0.80	มากที่สุด
4. การออกแบบที่สวยงาม น่าสนใจ	4.66	0.86	มากที่สุด
5. ฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน	4.46	0.92	มาก
6. สามารถใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม	4.53	0.87	มากที่สุด
7. ความเสถียรของห้องปฏิบัติการการวิทยาศาสตร์เสมือน	4.52	0.91	มากที่สุด
8. สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับนักเรียนในการทำการทดลอง วิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง	4.83	0.51	มากที่สุด
9. สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา	4.76	0.69	มากที่สุด
10. สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	4.53	0.80	มากที่สุด
11. สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา	4.55	0.88	มากที่สุด
12. สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับนักเรียนได้	4.60	0.81	มากที่สุด
<b>รวม</b>	<b>4.60</b>	<b>0.23</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 19 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ห้องปฏิบัติการ  
วิทยาศาสตร์เสมือนจริงของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$   
= 4.60, S.D. = 0.23) เมื่อวิเคราะห์รายข้อพบว่า สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับนักเรียนในการทำการทดลอง  
วิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง เป็นปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ( $\bar{X}$  = 4.83, S.D. = 0.51) รองลงคือ สามารถใช้  
เป็นสื่อสำหรับการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$  = 4.76, S.D. = 0.69) และการออกแบบ  
ที่สวยงาม น่าสนใจ มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$  = 4.66, S.D. = 0.86) ตามลำดับ

**ระยะที่ 2 การสร้างต้นแบบ (Prototype) ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์**  
**ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน**  
**มัธยมศึกษาตอนต้น ให้มีคุณภาพที่เหมาะสม**

การวิจัยในระยะที่ 2 นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์สังเคราะห์เอกสารตำรางานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงศึกษาข้อมูลที่ได้จากการวิจัยระยะที่ 1

2. ศึกษาผลการประเมินและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่านเพื่อปรับปรุงให้เครื่องมือมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

**1. ผลจากการศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงศึกษาข้อมูลที่ได้จากการวิจัยระยะที่ 1**

ผลจากการศึกษา วิเคราะห์ สังเคราะห์ เอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงศึกษาข้อมูลที่ได้จากการวิจัยระยะที่ 1 และนำข้อมูลที่ได้รับมาร่างเป็นต้นแบบโมบายล์แอปพลิเคชันและกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อประสบการณ์และความต้องการจำเป็นของนักเรียนและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ อีกทั้งเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน โดยห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นมีเครื่องมือที่ต้องพัฒนาทั้งหมด 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และเครื่องมือที่ใช้สำหรับ ประเมินผลการวิจัย ได้แก่

2.1 แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ซึ่งใช้สำหรับวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมี ลักษณะเป็นข้อคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก

องค์ประกอบของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมไบล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วยองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

### 1.1 ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมไบล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1) เทคโนโลยีฝั่งผู้ใช้งาน (Front-end) ประกอบด้วยระบบสมาชิก ซึ่งมีระบบเข้าใช้งานระบบ (Sign-in) เนื้อหาบทเรียน ประกอบด้วย เนื้อหาสาระความรู้เกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ จากการตอบคำถาม กำหนดสิ่งต่าง ๆ เกี่ยวกับการทดลองนั้น ๆ พร้อมทั้งสามารถทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงเพื่อหาข้อเท็จจริงหรือได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการพร้อมทั้งสามารถสรุปผลจากการทดลองได้อย่างถูกต้องและชัดเจน เนื้อหาบทเรียนหลักประกอบไปด้วย 2 บทเรียน ซึ่งอ้างอิงจากหลักสูตร นำเนื้อหาสาระจากหนังสือแบบเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่มที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้แก่ บทที่ 1 ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร และ บทที่ 2 ความร้อนส่งผลกระทบต่อสสารแต่ละสถานะอย่างไร โดยเนื้อหาในบทเรียนนั้น ๆ ผู้เรียนจะต้องตอบคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจก่อนเข้าสู่บทเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนได้มีการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และนิยามเชิงปฏิบัติการ ผ่านการพิมพ์ข้อมูลลงไป เมื่อกำหนดเสร็จแล้วบทเรียนจะนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ที่ให้นักเรียนสามารถทำการทดลองต่าง ๆ โดยใช้การลาก วาง และเกิดผลขึ้นตามที่กำหนด เพื่อหาข้อเท็จจริงและข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นการตรวจสอบสมมติฐานที่ผู้เรียนได้ตั้งไว้ ทั้งนี้ผู้เรียนสามารถบันทึกข้อมูลผลการทดลองต่าง ๆ และสรุปผลการทดลองต่าง ๆ ผ่านการพิมพ์ข้อมูลลงในแบบบันทึกที่มีในแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ผู้เรียนสามารถดูข้อมูลย้อนหลัง ที่เป็นข้อมูลการตอบคำถามหรือการทำกิจกรรมในบทเรียนต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้ครูผู้สอนมีบทบาทในการเข้าสู่ระบบของครู ในการตรวจสอบผลงานของผู้เรียน ที่เป็นผลจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน

2) ระบบบริหารจัดการ (Back-end) เป็นการเก็บข้อมูลความรู้เนื้อหาต่าง ๆ และรวมไปถึงประวัติการใช้งานการบันทึกข้อมูลของผู้เรียนโดยผ่านฐานข้อมูล MYSQL

3) ระบบฐานข้อมูล (Database) เป็นการนำข้อมูลทั้งหมดของโมไบล์แอปพลิเคชันเก็บไว้บน Hosting Server เมื่อมีการอัปเดตข้อมูลต่าง สามารถอัปเดตได้ผ่านฐานข้อมูลดังกล่าว ผู้ใช้ทุกคนจะได้รับเนื้อหาที่ล่าสุดและที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว

**1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการใช้โมบายล์แอปพลิเคชัน**  
**ห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริม**  
**ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น** มีการนำการเรียนรู้  
 แบบ 5E มาผสมผสานในการจัดการเรียนรู้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

**1) การเรียนแบบออนไลน์ (Online)** เป็นการเรียนผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน โดยจะมี 5E จำนวน 3 ชั้นแรก ประกอบด้วย ชั้นนำความสนใจ ชั้นสำรวจและค้นหา ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป ทั้ง 3 ชั้นนี้จะเป็นเรียนรู้ผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน

1.1 ชั้นนำความสนใจ เป็นชั้นที่ให้ผู้เรียนสามารถเลือกตอบคำถามจากตัวเลือกที่กำหนดให้ เป็นข้อสอบหรือจากการดูวิดีโอและตอบคำถาม เพื่อกระตุ้นความรู้เดิมของผู้เรียน

1.2 ชั้นสำรวจและค้นหา เป็นชั้นที่ให้ผู้เรียนได้ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการก่อนการทดลอง เมื่อเสร็จแล้วจะเข้าสู่หน้าห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริง เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองหาคำตอบและข้อเท็จจริงเพื่อได้มาซึ่งข้อมูล พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่อยู่ในแอปพลิเคชัน

1.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นชั้นที่ให้ผู้เรียนได้มีการสรุปผลการทดลอง โดยอ้างอิงจากผลการทดลองที่ได้ทำในขั้นตอนที่ 2.

**2) การเรียนแบบออฟไลน์ (Online)** เป็นการเรียนโดยนักเรียนพบกับครูในห้องเรียน โดยจะมี 5E จำนวน 2 ชั้นสุดท้าย ประกอบด้วย ชั้นขยายความรู้ และชั้นประเมินผล

2.1 ชั้นขยายความรู้ เป็นชั้นที่ให้ผู้เรียนได้มีการเพิ่มเติมเสริมความรู้โดยการหาความรู้เพิ่มเติมและเป็นสร้างแบบจำลอง อาจจะเป็นรูปแบบของโมเดล กราฟ หรือจากการวาดรูปเพื่อสรุปความรู้ที่ได้และนำไปต่อยอดองค์ความรู้ ทั้งนี้ครูจะช่วยสรุปความรู้จากเนื้อหาบทเรียนที่ได้เรียนมาจากในโมบายล์แอปพลิเคชันในแต่ละเรื่องเพื่อให้เข้าใจในองค์ความรู้ที่ตรงกันและถูกต้องชัดเจนของผู้เรียนทุกคน

2.2 ชั้นประเมินผล เป็นชั้นที่ให้ผู้เรียนทำข้อสอบเพื่อทบทวนความรู้ให้กับตนเองที่ได้เรียนในบทเรียนแต่ละเรื่อง พร้อมทั้งมีการประเมินผลต่าง ๆ ในกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ทำทั้งในโมบายล์แอปพลิเคชันและผลงานในห้องเรียน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้กลุ่มทดลองต้องเรียนโดยใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ให้แก่นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ทั้งหมดจำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ได้แก่ 1. แผนการจัดการเรียนรู้จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่ 2. แผนการจัดการเรียนรู้ปริมาณน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่ 3. แผนการ



จัดการเรียนรู้สาระต่างชนิดกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่ 4. แผนการจัดการเรียนรู้ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศ 5. แผนการจัดการเรียนรู้ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของของเหลว และ 6. แผนการจัดการเรียนรู้ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของแข็ง

## 2. ผลจากศึกษาผลการประเมินและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน เพื่อปรับปรุงให้เครื่องมือมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

โดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาจำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการประเมินดังต่อไปนี้

2.1 การประเมินโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นใช้แบบประเมินคุณภาพสื่อ ประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาและด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 ท่าน

2.2 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ใช้แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน และเครื่องมือที่ใช้สำหรับประเมินผลการวิจัย ได้แก่

2.2.1 แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ใช้การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน และทดลองหาค่าความเชื่อมั่น (KR20) ค่าดัชนีความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) จากนักเรียน 20 คน

สรุปได้ว่า การพัฒนาโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้แก่นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นได้รับการประเมินสื่ออยู่ในระดับดีมาก ประเมินดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์การประเมินทุกข้อ การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีมาก การประเมินดัชนีความสอดคล้องของ แบบทดสอบก่อน-หลังเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินทุกข้อ และในส่วนของแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ได้มีการหาค่าความเชื่อมั่น โดยรวมมีค่าความเชื่อมั่น (KR20) อยู่ที่ 0.96 ค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.25-0.75 พบว่า แบบทดสอบนี้มีความยากง่ายอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.40-0.90 แบบทดสอบมีอำนาจจำแนกอยู่ในระดับพอใช้ถึงดีมาก ซึ่งหมายความว่าแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนสามารถนำไปใช้ในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลได้จริง

**ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น**

การนำเสนอผลนี้จะตอบคำถามวิจัย การใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นได้หรือไม่

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็น นักเรียนโรงเรียนวัดอินทาราม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 30 คน ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ คิดเป็นจำนวน 12 ชั่วโมง จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ ข้อมูลซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

1. รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง
2. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

**ตอนที่ 1 รายละเอียดกลุ่มตัวอย่าง**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 20 รายละเอียดของกลุ่มตัวอย่าง

สถานภาพ	N = 30	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
1. หญิง	18	60.00
2. ชาย	12	40.00
<b>รวม</b>	<b>30</b>	<b>100.00</b>

จากตารางที่ 20 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 60.00 (18 คน) และเพศชายร้อยละ 40.00 (12 คน) ทั้งหมดอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

## ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 21 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

แบบทดสอบ	จำนวน นักเรียน (N)	คะแนนเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) (เต็ม 30 คะแนน)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	t-test	Sig.
ก่อนเรียน	30	9.33	2.75	24.57	.000*
หลังเรียน	30	20.53	4.25		

\*  $p < .05$

จากตารางที่ 21 พบว่า ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ( $\bar{X} = 9.33$ , S.D. = 2.75) และหลังเรียน ( $\bar{X} = 20.53$ , S.D. = 4.25) โดยทดสอบสมมติฐานด้วยค่าเฉลี่ยของประชากรด้วยสถิติที (t-test) ปรากฏว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ผลการสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แสดงได้ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

รายละเอียด	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย	4.60	.56	มากที่สุด
2. มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน	4.53	.57	มากที่สุด
3. มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ตนเองเบื้องต้น	4.37	.62	มากที่สุด
4. การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ	4.80	.41	มากที่สุด
5. มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน	4.67	.48	มากที่สุด
6. สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม	4.40	.62	มากที่สุด
7. ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง	4.43	.63	มากที่สุด
8. สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง	4.77	.43	มากที่สุด
9. สามารถใช้เป็นการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา	4.57	.63	มาก
10. สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง	4.87	.35	มากที่สุด
11. สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา	4.63	.56	มากที่สุด
12. สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้นหรือครูได้	4.33	.48	มาก
<b>รวม</b>	<b>4.58</b>	<b>0.31</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 23 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}$  = 4.58, S.D. = .31) เมื่อพิจารณา รายด้านพบว่า สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ( $\bar{x}$  = 4.87, S.D. = .35) อยู่ในอันดับมากที่สุด รองลงมาคือ การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ ( $\bar{x}$  = 4.80, S.D. = .41) และสามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง ( $\bar{x}$  = 4.77, S.D. = .43) ตามลำดับ

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1. เพื่อศึกษาภูมิหลัง ประสบการณ์ ความต้องการจำเป็น ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา และนำข้อมูลที่ได้รับมาพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 2. เพื่อพัฒนานวัตกรรมห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยแบ่งการวิจัยเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การวิจัยสำรวจขั้นต้น มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา 2) เพื่อศึกษาความต้องการจำเป็นในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จากโรงเรียนทุกภาค ทั่วประเทศไทย และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ระยะที่ 2 เป็นการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ให้มีคุณภาพเหมาะสม ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ (1) ศึกษา วิเคราะห์ สังเคราะห์ เอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงศึกษาข้อมูลที่ได้จากการวิจัยระยะที่ 1 และพัฒนาแอปพลิเคชันตามกระบวนการอย่างเป็นระบบด้วย ADDIE MODEL (2) ศึกษาผลการประเมินและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน เพื่อปรับปรุงให้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระยะนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 30 คน กลุ่มเดียว โดยระยะเวลาในการทดลองคือ 12 ชั่วโมง ซึ่งแบ่งเป็นการเรียนแบบออนไลน์ 6 ชั่วโมง และออฟไลน์ 6 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิจัยระยะที่ 1 เพื่ออธิบายข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลความต้องการจำเป็นโดยใช้สูตรคำนวณหาค่าดัชนีความต้องการจำเป็น และวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมไบล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิจัยระยะที่ 2 ใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการอธิบายผลการประเมินสื่อและแผนการจัดการเรียนรู้ ใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความเชื่อมั่น ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ผลการวิจัยระยะที่ 3 ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายข้อมูล ทั่วไป วิเคราะห์ข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ Dependent Sample t-test

### สรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัยสามารถสรุปได้ 3 ระยะ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังต่อไปนี้

**ระยะที่ 1 การวิจัยขั้นต้น** เพื่อศึกษาภูมิหลัง ประสบการณ์ ความต้องการจำเป็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา และปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมไบล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัย พบว่า

1. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในการเข้าถึงสารสนเทศต่างๆ มากที่สุด

2. ความต้องการจำเป็นในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมไบล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

2.1 ความต้องการจำเป็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่าช่วยให้ฉันเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้ มีดัชนีลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็นสูงสุด รองลงมาคือช่วยให้ฉันกำหนดตัวแปรได้ และช่วยให้ฉันสามารถสรุปผลจากการทดลองได้ ตามลำดับ

2.2 ความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า ช่วยให้ฉันนักเรียนเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้ มีดัชนีลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็น

สูงสุด รองลงมาคือ ช่วยให้นักเรียนกำหนดตัวแปรได้ และช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลจากการทดลองได้ ตามลำดับ

3. ด้านปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบิลส์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

3.1 ปัจจัยที่ส่งผลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับระดับมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์รายด้านพบว่า การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ เป็นปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง และสามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง ตามลำดับ

3.2 ปัจจัยที่ส่งผลของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า โดยรวมอยู่ในระดับระดับมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์รายด้านพบว่า สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับนักเรียนในการทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง เป็นปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือสามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลาและการออกแบบที่สวยงาม น่าสนใจ ตามลำดับ

**ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรมห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบิลส์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น**

การพัฒนาโมบิลส์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้การพัฒนาตามหลักการอย่างเป็นระบบด้วย ADDIE MODEL ซึ่งได้รับการประเมินสื่ออยู่ในระดับดีมาก การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับดีมาก การประเมินดัชนีความสอดคล้องของ แบบทดสอบก่อน-หลังเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินทุกข้อและในส่วนของแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน ได้มีการหาค่าความเชื่อมั่น โดยรวมมีค่าความเชื่อมั่น (KR20) อยู่ที่ 0.96 ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นที่สูงและสามารถนำไปใช้ในการทดลองได้ ค่าความยากง่าย (P) พบว่ามีความยากง่ายอยู่ในระดับดีถึงดีมาก และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในระดับพอใช้ถึงดีมาก ซึ่งหมายความว่าแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนสามารถนำไปใช้ในการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลได้จริง

**ระยะที่ 3 การศึกษาผลของการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบิลส์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า**

1. นักเรียนที่ใช้โมบิลส์แอปพลิเคชันที่ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบิลส์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนผลการทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการรายด้านทั้งหมด 6 ทักษะ ประกอบด้วย ทักษะ การตั้งสมมติฐาน ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร ทักษะ การทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และทักษะการสร้างแบบจำลอง พบว่ามี เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่ใช้โมบายล์แอปพลิเคชันที่ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดย ใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า สามารถเรียนรู้ และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง อยู่ในอันดับมากที่สุด รองลงมาคือการ ออกแบบสวยงาม น่าสนใจ และสามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเองตามลำดับ

## อภิปรายผล

### ในการอภิปรายผล ผู้วิจัยตอบคำถามการวิจัย 2 ประการ คือ

1. การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีลักษณะอย่างไร

2. การใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นได้หรือไม่ โดยมีรายละเอียดการอภิปราย ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน ได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันอย่างเป็นระบบตามหลักการของ ADDIE MODEL โดยประกอบไปด้วย 1) ขั้นการวิเคราะห์ในส่วนนี้จะวิเคราะห์หลายองค์ประกอบไม่ว่าจะเป็นความต้องการจำเป็น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้แอปพลิเคชัน วิเคราะห์เนื้อหา วิเคราะห์ผู้เรียน วิเคราะห์รูปแบบการสอนและการประเมินผล 2) ขั้นการออกแบบ ในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบรูปแบบของแอปพลิเคชัน ออกแบบหน้าจอ และออกแบบกิจกรรมต่าง ๆ ในแอปพลิเคชัน 3) ขั้นการพัฒนา จะเป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยการสร้างเนื้อหาตามที่ได้วิเคราะห์หรือออกแบบไว้ และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินสื่อ 4) ขั้นการนำไปใช้ เป็นการนำแอปพลิเคชันไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย และศึกษาผลการใช้ 5) การประเมินผล นำข้อมูลไปวิเคราะห์และได้รับผลจากการทดลอง โดยผลการพัฒนาแอปพลิเคชันได้รับการประเมินสื่ออยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริพล แสนบุญส่ง (2565) ที่พบว่ามีการใช้รูปแบบ ADDIE MODEL ในการพัฒนาโมบายล์แอปพลิเคชัน เพื่อส่งเสริมทักษะต่อการเรียนของผู้เรียน และได้รับการประเมินสื่อคุณภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก เพราะการออกแบบเป็นการ



ออกแบบที่มีลำดับขั้นตอน กระบวนการที่เป็นระบบและชัดเจน สามารถพัฒนาผู้เรียนได้ตรงตาม วัตถุประสงค์

มีประเด็นที่นำมาอภิปรายลักษณะเพิ่มเติม คือ

1.1. การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการ เรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษา ตอนต้น ประกอบด้วยขั้นตอนของการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งผู้วิจัยมีขั้นตอน ของการศึกษาประสบการณ์ผู้ใช้ ความต้องการจำเป็นและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานกับนักเรียนและครูผู้สอน วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา และนำผลการศึกษามาวิเคราะห์และนำมาสู่การออกแบบเป็น ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนภา วัฒนธรรม (2564) ที่พบว่าได้มีการศึกษาประสบการณ์ผู้ใช้ ความต้องการจำเป็นและ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ภาษาจีน เพื่อนำมาเป็นต้นแบบในการ ออกแบบเป็นโมบายล์แอปพลิเคชันในการเรียนรู้ของผู้เรียน

1.2 องค์ประกอบของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการ เรียนรู้แบบผสมผสาน มีประเด็นที่นำมาอภิปราย คือ

1.2.1 ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนได้มีการตอบคำถาม ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรต่าง ๆ กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และรวมไปถึงนักเรียนได้ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริง ในห้องปฏิบัติการจะมีพื้นที่เก็บของอุปกรณ์ พื้นที่ว่างในการทำการทดลอง พื้นที่อธิบาย ความรู้ต่าง ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยการออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนของ พรนภา อาจ สว่าง (2558) ที่พบว่าองค์ประกอบของห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แลอุปกรณ์และสารเคมี เป็นแลบที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในการทำ การทดลอง ส่วนที่ 2 พื้นที่การทำงานหรือพื้นที่ทำการทดลอง เป็นพื้นที่ที่ให้นักเรียนสามารถทำการ ทดลอง ส่วนที่ 3 พื้นที่ในการนำเสนอ เป็นส่วนที่นำเสนอสิ่งต่างๆ เช่น ข้อความ คำอธิบาย โดย องค์ประกอบเหล่านี้ให้นักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้อย่างอิสระ และสามารถทำการ ทดลองเพื่อให้นักเรียนได้ทดลองเพื่อหาคำตอบและข้อเท็จจริง ทั้งนี้ยังมีให้นักเรียนได้บันทึกผลการ ทดลองที่เกิด และสรุปผลการทดลองอีกด้วย ทั้งนี้ในส่วนของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ยังมีในส่วนของการดูแลข้อมูลย้อนหลังของการบันทึกคำตอบของผู้เรียน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ครูผู้สอนในการตรวจ และติดตามผลการทำกิจกรรมของนักเรียน

1.2.2 เนื้อหาวิทยาศาสตร์ และตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ ได้นำมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาใช้ในการออกแบบเนื้อหาสาระการเรียนรู้และกำหนดตัวชี้วัด เป็นเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้มีการนำเนื้อหาความรู้จากหลักสูตรหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 2 โดยเนื้อหาเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนและเป็นเนื้อหาที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถทำการทดลองเพื่อส่งเสริมทักษะของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ วิชา วิทยาศาสตร์ (2559) ได้มีการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในด้านวิสัยทัศน์ หลักการ จุดหมาย โครงสร้าง การจัดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตลอดจนตัวชี้วัด แล้วนำผลการศึกษามาสร้างและพัฒนาการเรียนแบบผสมผสานเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และสอดคล้องกับความรู้ต่าง ๆ และสามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

1.2.3 ตัวละครดำเนินเรื่อง เป็นตัวละครเด็กผู้ชายที่สวมชุดนักวิทยาศาสตร์ ในมือมีการถืออุปกรณ์การทดลอง อยู่ในวัยใกล้เคียงกับผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนมีอารมณ์ร่วม และดึงดูดความสนใจของผู้เรียน สอดคล้องกับเจตน์ คชฤทธิ์ (2554, อ้างถึงใน พิริยา หาญบำรุงธรรม, 2564) ที่ได้กล่าวถึงวิธีการเลือกการ์ตูนหรือตัวละครดำเนินเรื่องเพื่อประกอบการเรียนการสอนสำหรับเด็กหรือผู้เรียน ควรเลือกให้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนสนใจและควรเลือกการ์ตูนที่สัมพันธ์กับบทเรียน เลือกการ์ตูนที่ไม่ซับซ้อน

2. การใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากแอปพลิเคชันออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาและเข้าถึงการเรียนรู้และองค์ความรู้ได้อย่างถ่องแท้ และสามารถฝึกปฏิบัติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ตลอดเวลาสามารถเข้าใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลาตามความสะดวกของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนได้มีการทบทวนและฝึกทำบ่อยครั้ง จึงทำให้มีความรู้และทักษะเพิ่มมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ เกตุแก้ว ยิ่งยืนยง (2562) ที่พบว่าการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันสำหรับการเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

3. ระบบปฏิบัติการโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง มีการนำกระบวนการสืบเสาะ 5E เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในขั้นตอนการเรียนรู้ทั้งการเรียนรู้แบบออนไลน์และแบบออฟไลน์ในลักษณะการเรียนแบบผสมผสาน โดยในการเรียนรู้นบนโมบายล์แอปพลิเคชันมีการนำขั้นตอน 3 ขั้นแรกของ 5E มาเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย ขั้นนำความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษา ตอบคำถามและทำกิจกรรมการทดลองบนห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง พร้อมทั้งสรุปผลจากการทดลองหรือทำกิจกรรม ทำให้

ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและเกิดความรู้ต่าง ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒิชัย ภูติ (2564) พบว่าการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E เข้ามาร่วมห้องเรียนเสมือนจริงเพื่อให้เกิดวงจรการเรียนรู้ ให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ใหม่และแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน ผ่านกระบวนการสำรวจ สังเกต คาดการณ์ ตรวจสอบ สืบค้นและเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง

4. การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E หรือกระบวนการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้นตอนร่วมกับโมบายล์แอปพลิเคชันทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ekicia, Erdemb (2020) พบว่าการใช้กิจกรรมกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้โมบายล์แอปพลิเคชัน ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้กล่าวว่าการอุปกรณ์เคลื่อนที่สนับสนุนการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น และได้มีการสืบเสาะหาความรู้ตามขั้นตอน 5E ได้อย่างเป็นระบบทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้งาน

1.1 การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน สถานศึกษาควรให้ความสำคัญกับการนำเทคโนโลยีสารสนเทศที่นักเรียนทุกคนสามารถเข้าถึงได้มาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นร้อยละ 55.48 ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบปฏิบัติการไอโอเอส ร้อยละ 44.52 ในการเข้าถึงสารสนเทศต่างๆ จะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถพัฒนาเนื้อหาบทเรียนได้เหมาะสม และเลือกใช้ช่องทางการจัดการเรียนการสอนได้ตรงกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งจากข้อมูลนี้การเลือกใช้โมบายล์แอปพลิเคชันก็เป็นอีกช่องทางหนึ่งที่จะทำให้ผู้สอนสามารถเข้าถึงผู้เรียนได้มากขึ้น ด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จากผลการวิจัยการลำดับความสำคัญความต้องการจำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า มีค่าดัชนีลำดับความสำคัญจำเป็นสูงสุด ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนหรือการออกแบบพัฒนาเนื้อหาบทเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเข้าถึงได้ผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับเทคนิคการสอนที่เน้นให้โมบายล์แอปพลิเคชันสามารถให้ผู้เรียนได้ฝึกการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้ เพื่อเป็นแนวทางไปสู่กระบวนการพัฒนาผู้เรียนในลำดับถัดไป

1.2 การนำห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นไปใช้ควรรศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจอย่างชัดเจนและทำการสำรวจความพร้อมของผู้เรียน รวมถึงการจัดเตรียมเทคโนโลยีของตนเองให้พร้อม รวมไปถึงผู้สอนควรติดตามและแนะนำผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น

## 2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยในการศึกษาครั้งต่อไปอาจมีการศึกษากลุ่มเป้าหมายที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างออกไป เช่น ระดับประถมศึกษา หรือระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือระดับอุดมศึกษา เป็นต้น

2.2 การวิจัยครั้งต่อไปอาจจะมีการนำเทคโนโลยีในการออกแบบให้เป็นรูปแบบ 3D หรือ VR ที่แสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งประสบการณ์จริงเสมือนดึงดูดผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้แก่ผู้เรียนมากยิ่งขึ้น จะทำให้ผู้เรียนสนใจบทเรียนและเป็นประโยชน์ให้กับผู้เรียน

2.3 การวิจัยครั้งถัดไปอาจจะนำไปพัฒนาในด้านทักษะทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ  
เพิ่มเติม

## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2564). แผนปฏิบัติการดิจิทัลเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2563-2565./ <https://bict.moe.go.th/wp-content/uploads/2022/03/digital-63-65.pdf>
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). บทสรุปผู้บริหาร สืบค้นจาก <http://reo17.moe.go.th/file/onet62/summary.pdf>
- กรุงเทพธุรกิจ. (2564). 'เรียนออนไลน์' กับความ 'ไม่พร้อม' ของครอบครัวไทย การศึกษาจะ何去何ต ในวิกฤติโควิด-19. สืบค้นจาก <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/880578>
- กุลนิดา ศรีคำเวียง, พงศ์เทพ จิระโร, และเสกสรรค์ ทองคำบรรจง. (2562) การตรวจสอบคุณภาพของ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 38(3), 17-29.
- กาญจนาภา วัฒนธรรม. (2564). การศึกษาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ความต้องการจำเป็นและปัจจัย ที่ส่งผลต่อการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะฟัง-พูดภาษาจีน ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 4(12), 7-18.
- เกตุแก้ว ยิ่งยืนยง. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และโครงสร้างของ เซลล์เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- จักรพงษ์ กล่อมปัญญา, อุทิศ บำรุงชีพ และปริญญา ทองสอน. (2561). การจัดการเรียนรู้อาเซียนศึกษา แบบผสมผสานตามแนวคอนสตรัคชันนิซึม เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21 สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 19(2), 76-90.

- จิรวดี ไทยสงคราม, นงนิตย์ มรกต และณัฐฐานेत्र นันทบุตร. (2555). การเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องสารและการเปลี่ยนแปลงของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยวิธีการสอนแบบผสมผสานกับวิธีการสอนแบบปกติ. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม, 2(1), (109-115).
- ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2561). การออกแบบการเรียนรู้แนวดิจิทัล. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ฉัฐระพี โพธิ์ปิติกุล. (2555). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์รูปแบบห้องปฏิบัติการเสมือน เรื่องการติดตั้งระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สังกัดคณะกรรมการอาชีวศึกษา. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- ฉัตรแก้ว ศรีวงศ์. (2556). การพัฒนาปฏิบัติการเสมือนเพื่อเสริมการเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ชนินันท์ พลฤษประมุข. (2557). การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. วารสารสุทธิปริทัศน์, 28 (86), 352-364.
- ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ. (2539). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบฝึกที่สร้างตามทฤษฎีสมรรถภาพทางสมองของเทอร์สโตน. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ฐายิกา ชูสุวรรณ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2561). การสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เรื่อง แสงที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมขนาดกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2. (561-576).
- ทิพย์ธารา วงษ์สด. (2553). การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้กับตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- ธารรัตน์ ใจเอื้อย. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา ว 30211 เคมีเพิ่มเติม 1 ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นสูงและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการห้องเรียนอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์ โรงเรียนหนองโสนพิทยาคมอำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร. วารสารพัฒนาทักษะทางวิชาการ อย่างยั่งยืน, 2(3), (28-43).

- ธนภรณ์ ก้องเสียง และรินรตี พรวิริยะสกุล. (2560). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้ กรณีศึกษาโรงเรียนปราโมชวิทยาราม อินทรา. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 5(1), 24-31.
- ธีรวดี ถังบุตร. (2552). การพัฒนารูปแบบการออกแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้แผนผังทางปัญญาเพื่อเพิ่มพูนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักศึกษาปริญญาบัณฑิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นริศรา มีมาก. (2560). แนวทางการสร้างการยอมรับการใช้โมบายแอปพลิเคชันด้านสุขภาพของผู้สูงอายุ ในเขตกรุงเทพมหานคร. สารนิพนธ์วิทยาศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์. (2560). การพัฒนาการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใน ประมวลสาระชุด วิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-5 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (พิมพ์ครั้งที่ 4). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- บุญส่ง นิลแก้ว. (2541). การวัดผลทางการศึกษา. เชียงใหม่ : คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปรียาภรณ์ บุญมีรอด. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนแบบผสมผสานร่วมกับการเรียนแบบแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาผลงานการถ่ายภาพเชิงสร้างสรรค์ของนักศึกษา ระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยศิลปากร. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ปิยนันท์ ปานนิ่ม. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บแบบผสมผสานด้วยการเรียนการสอนแบบร่วมมือ. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 11(2), (121-129).
- ไพศาล วรคำ. (2554). การวิจัยการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6). กทม. : ประสานการพิมพ์.
- พรนภา อางสว่าง. (2558). การพัฒนาห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน เรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พรพิมล ประพฤติดี. (2561). การนำเสนอเทคโนโลยีเสมือนจริงในพิพิธภัณฑ์ศิลปะ. วิทยานิพนธ์ศิลปะมหาบัณฑิต สาขาวิชาทฤษฎีศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากรมหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พัชรินทร์ สิงห์สรศรี. (2560). อิทธิพลของความรู้พื้นฐานเดิมและบรรยากาศชั้นเรียนที่มีต่อจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดนครปฐม โดยมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นตัวแปรส่งผ่าน. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- พีรียา หาญบำรุงธรรม. (2564). การพัฒนาหนังสือการ์ตูนเออาร์ด้วยเทคนิค PWIM เพื่อพัฒนาความสามารถในการอ่านสำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนต้น. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสารคาม, 5(14), 22-35
- ภาณุเดช หงษาวงศ์. (2548). ตำรารายวิชาทักษะสำหรับครูวิทยาศาสตร์. เชียงใหม่: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- ภานัดดา ญาศรี, สมเกียรติ อินทสิงห์ และ นัทธ อัคราภรณ์. (2563). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบโพทิล. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่, 21(3), 110-126.
- ภาพิสุทธิ์ ภูวณภพพงศ์. (2557). ผลของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น บูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการทดลองและการตีความหมายและลงข้อสรุปของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์สาขาประถมศึกษา. คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.
- ภาพ เลหาไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภสิทธ เมตตพันธ์. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้นอกห้องเรียนด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อส่งเสริมทักษะการสังเกตและทักษะการจำแนกประเภทของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภัทริกา เจริญสุข, จารุวัส หนูทอง, ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ และปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต. (2014). การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารเพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. วารสารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 30(1), 123-139.
- ภันธิรา กัณหาไชย. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้กลับด้านแบบ 5E ร่วมกับกระบวนการออกแบบอินโฟกราฟิกเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการรู้ทางทักษะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา. คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญามหาบัณฑิต.
- ภัทรพล ต้นตระกูล. (2561). ผลการเรียนรู้ด้วยบทเรียนเอ็มเลิร์นนิง(M-learning)บนอุปกรณ์พกพา เรื่องสถิติสำหรับวิทยาศาสตร์สุขภาพสำหรับนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยมหิดล. สาขาเทคโนโลยีการศึกษา. มหาวิทยาลัยศิลปากร. ปริญญามหาบัณฑิต.



- ภูมินทร์ ดวงหาค้าง, พัฒน์นรี ศรีสมพันธ์ และโรเบิร์ต แบทซิงเจอร์. (2560) . MIT App Inventor กับ การพัฒนาเพื่อการประยุกต์ใช้จริง. วารสารสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 6(1), (80-91).
- มารีเยห์ มะเซ็ง. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่2. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
- มัลลิกา บุณนาค. (2551). สถิติเพื่อการวิจัยและตัดสินใจ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ระเปียบ อนันตพงศ์. (2550). ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนเรื่อง สนามของแรง และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผสมของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา จังหวัด สงขลา. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- รวรรณ แสงอยู่. (2556). ผลการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์. คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. ปรินูญมหาบัณฑิต.
- รัฐภัทร เมฆลาย. (2560). โมบายแอปพลิเคชันสมู่นไพรบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. สารนิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- รัตนเกล้า ประดิษฐ์ด้วง. (2562). ผลการใช้กลยุทธ์แนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้5E ต่อความสามารถ ในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์. คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปรินูญ มหาบัณฑิต.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. สำนักพิมพ์สุวีริยะสาส์น.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2544). การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วรรณญา วิรัสสะ. (2562). การศึกษาหาความสัมพันธ์ของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์กับทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสิงห์บุรี สังกัดโรงเรียนเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 5. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยปทุมธานี, 11(2), (130-141).
- วิชญ์ วงศ์อ่อนดาว. (2559). การพัฒนาการเรียนแบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. Academic Journal: Uttaradit Rajabhat University, 11(1), 222-232.

- วิทยา วาโย, อภิรดี เจริญกุล, ฉัตรสุดา กานกายนต์ และจรรยา คนใหญ่. (2563). การเรียนการสอนแบบออนไลน์ภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 : แนวคิดและการประยุกต์ใช้จัดการเรียนการสอน. วารสารศูนย์อนามัยที่ 9, 14(34), 285-298
- วุฒิชัย ภูติ. (2564). แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการห้องเรียนกลับด้านกับการสอนแบบสืบเสาะแบบ 5E โดยใช้เครื่องมือดิจิทัลผ่านห้องเรียนเสมือนจริงในการสอนคณิตศาสตร์. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 4(2), 279- 288.
- ศรัณย์รัชต์ บุญญานุกรักษ์ และอนิรุทธ์ สติมัน. (2560). ผลการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ข้อมูลและสารสนเทศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมสิริวัณวรี ๓ ฉะเชิงเทรา.วารสารสาขามนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 10(3), (2680-2698).
- คันสนีย์ สังสรรค์อนันต์. (2551). การพัฒนาแบบจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเพื่อการเรียนการสอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์ดุสิตบัณฑิต เทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศุภฤกษ์ คำแปล. (2558). การออกแบบและพัฒนาปฏิบัติการเสมือนสำหรับการเรียนรู้เรื่องเครือข่ายคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศิริพล แสนบุญส่ง. (2565). การพัฒนาเกมโมบิลแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา สังกัดเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 21(1), 56-66
- ศุภกัญญา บัวเรือง. (2551). การพัฒนาห้องปฏิบัติการเสมือนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส วิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนธรรมศาสตร์คลองหลวงวิทยาคม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- ศิริรัตน์ บุญเขียว. (2563). ความต้องการจำเป็นในการใช้ดิจิทัลของนักเรียนเตรียมทหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยรังสิต.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). การอบรมครูด้วยระบบทางไกลสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ:องค์การค่าครุสภา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ: สสวท.

- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2562). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน  
ปีการศึกษา 2564 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สืบค้นจาก [http://www.https://www.niets.or.th/uploads/content\\_pdf/pdf\\_1658738090.pdf](http://www.https://www.niets.or.th/uploads/content_pdf/pdf_1658738090.pdf) ชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3 สืบค้นจาก  
[https://www.niets.or.th/uploads/content\\_pdf/pdf\\_1658738024.pdf](https://www.niets.or.th/uploads/content_pdf/pdf_1658738024.pdf) ชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 6 สืบค้นจาก  
[https://www.niets.or.th/uploads/content\\_pdf/pdf\\_1658737523.pdf](https://www.niets.or.th/uploads/content_pdf/pdf_1658737523.pdf)
- สวียา สุรมณีและรุ่งนภาพร ภูชาดา. (2558). การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนแท็บเล็ตเรื่อง  
องค์ประกอบของระบบสารสนเทศ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการการจัดการ  
เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, 2(1), 51-60.
- สุวัฒน์ ทับทิมเจือ. (2549). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาพฤติกรรมกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป.  
พระนครศรีอยุธยา : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- สุพรรณิ พรพุทธิชัย. (2551). อิทธิพลของการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคซิมเพล็กซ์ที่มี  
ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทาง  
วิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์สาขาวิจัย  
การศึกษา. คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญาโทมหาบัณฑิต.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2562). พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัยชุดความฉลาดรู้ (literacy).  
กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.
- สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). สรุปผลการดำเนินงาน 9 ปี ของการปฏิรูปการศึกษา (พ.ศ.  
2550-2559). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิ.ที.ซี. คอมมิวนิเคชั่น.
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2559). แผนพัฒนาศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่ 12.  
(พ.ศ 2560-2564) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่12 (พ.ศ. 2560-2564)/(  
ม.ป.ป.)/ <http://www.bic.moe.go.th/images/stories/article12.pdf>
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2565, 20 ตุลาคม). รายงานรายงานสถิติจำนวนสถานศึกษาของ  
ประเทศไทย จำแนกตามชั้นที่เปิดสอน/[https://catalog.moe.go.th/dataset/dataset-15\\_05](https://catalog.moe.go.th/dataset/dataset-15_05)
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2565, 11 ตุลาคม). รายงานสถิติจำนวนห้องเรียนและนักเรียน  
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายในระบบโรงเรียนของประเทศไทย  
จำแนกตามสังกัดและชั้น/[https://gdcatalog.go.th/dataset/gdpublish-dataset-15\\_17](https://gdcatalog.go.th/dataset/gdpublish-dataset-15_17)
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2563). โครงการสำรวจผลกระทบจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโค  
วิด-19. สืบค้นจาก <http://ittdashboard.nso.go.th/covid19survey.php>

- สุวิมล ว่องวานิช. (2550). การวิจัยประเมินความต้องการจำเป็น. (พิมพ์ครั้งที่2). สำนักพิมพ์แห่ง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โสภิตา สุภูมิ. (2555). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะวิชาชีพนัก  
เทคโนโลยีการศึกษาทางการแพทย์. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเทคนิค  
ศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อารักษ์ ไชยหลาก. (2556). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง  
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการ  
เรียนรู้แบบสืบเสาะหา 7 ชั้นกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- อัญชญา กลิ่นเทียน และวรรณชัย วรรณสวัสดิ์. (2560). การสังเคราะห์รูปแบบห้องปฏิบัติการ  
วิทยาศาสตร์เสมือนจริงด้วยการเรียนแบบผสมผสานเพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระ  
บรมราชูปถัมภ์, ปีที่ 11 ฉบับพิเศษ พฤศจิกายน 2560, (147-162)
- อเนชา วิชาไชย, พรรณวิไล ดอกไม้ และไพศาล วรรค. (2020). การส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต  
ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบโมบายล์เลิร์นนิ่ง. วารสารวิจัยราช  
ภัฏเชียงใหม่, ปีที่ 21ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2563, (20-34).
- อติติย์ ชูตระกูลวงศ์. (2556). ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนก  
ประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะ  
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์  
สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์. คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปริญญา  
มหาบัณฑิต.
- อภิศักดิ์ อางนันท์. (2557). รู้หรือไม่!! โหมบายแอปพลิเคชันคืออะไร? และวิธีสังเกตแอปพลิเคชันปลอม  
ทำได้อย่างไร. สืบค้นจาก <http://news.siamphone.com/news-17863.html>.
- อรลดา แซ่ไคว้. (2558). เว็บแอปพลิเคชันการจัดการความรู้ ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ สำหรับนักศึกษา  
ระดับปริญญาตรี. วิทยานิพนธ์ สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์  
อุตสาหกรรม ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- Cieza, E., & Lujan, D. (2018). Educational Mobile Application of Augmented Reality  
Based on Markers to Improve the Learning of Vowel Usage and Numbers for  
Children of a Kindergarten in Trujillo. *Procedia Computer Science*, 130, 352-  
358. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.051>

- Ekicia, M., & Erdemb, M. (2020). Developing Science Process Skills through Mobile Scientific Inquiry. *Thinking Skills and Creativity*, 36, doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100658
- Gauld, C.F. (1992). The Scientific Attitude and Science Education : A Critical Reappraisal. *Science Education*, 66(1), 111-112.
- Good, C. V. (1945). *Dictionary of education*. New York: McGraw Hill Book, Co, Inc.
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2019). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521 (2020) 022017, doi:10.1088/1742-6596/1521/2/022017
- Indri O.W., Sarwanto & Nurosyid, F. (2020). Analysis of high school students' science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*. 1567 (2020) 032098. doi:10.1088/1742-6596/1567/3/032098
- Martin, Ralph E. et al. (1994). *Teaching Science for all Children*. Ohio : The Ohio State University
- Pramono, S.E., Prajanti, S.D.W., & Wibawanto, W. (2019). Virtual Laboratory for Elementary Students . *Journal of Physics: Conference Series*, 1387 (2019) 012113, doi:10.1088/1742-6596/1387/1/012113
- The American Association for the Advancement of Science: AAAS. (1967). *Science: A Process Approach-Commentary for Teacher*. Washington D.C:AAAS.
- The Exploratorium and Institute for Inquiry. (2006). *Workshop II: Assessing Process. Skills: A Professional Development Curriculum*. San Francisco, CA.
- Safitri, L.N & Fahrudin, Jumadi. (2020). Comparison of students science process skills after using learning an experimental and virtual laboratory on Archimedes Law. *Journal of Physics: Conference Series* 1440 (2020) 012079, doi:10.1088/1742-6596/1440/1/012079
- Sholihah, N.A.A., Sarwanto & Aminah., N.S. (2020). Development of two-tier multiple choice instrument to measure science process skill. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521 (2020) 022053.
- Sharpe, R., Benfield, G. & Francis, R. (2006). *The Undergraduate Experience of Blended Learning : A Review of UK Literature and Practice*.

Singh, H., & Reed, C. (2001). *Achieving Success with Blended Learning*.

Wendy McColskey & Rita O'Sullivan. (2000). *How to Assess Student Performance in Science: Going Beyond Multiple-Choice Tests (A Resource Manual for Teachers)*. SERVE.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



ภาคผนวก ก  
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



## รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

### ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชัย กุลตวนิช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

อาจารย์ ดร.รัตมา รัตนวงศา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

อาจารย์ทศพล อัมทรินทร์ โรงเรียนสตรีวรนาถ บางเขน

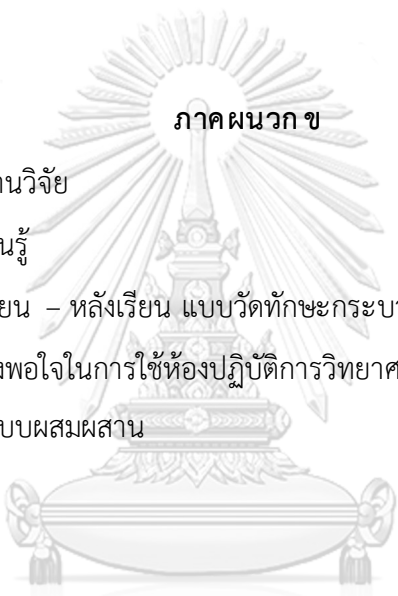
### ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนวิทยาศาสตร์

อาจารย์ ญัฐธยาน์ เลชะวัฒนพงษ์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

อาจารย์ รุ่งขวัญ บุญพิทักษ์ โรงเรียนลาซาลโชติรวินครสวรรค์

อาจารย์ ปารีชาติ วัจนะฮาด โรงเรียนวัดแสงสวรรค์

อาจารย์ ปารีชาติ พิพัตรสัจจา โรงเรียนวัดเจริญธรรม เจริญศรีภูธรอุปถัมภ์



ภาคผนวก ข

- แบบสอบถามเพื่องานวิจัย
- แผนการจัดการเรียนรู้
- แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- แบบสำรวจความพึงพอใจในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## แบบสอบถามเพื่องานวิจัย

เรื่อง ความต้องการจำเป็นและประสบการณ์ในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ  
นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

---

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่องการออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูล ออกแบบ พัฒนา ศึกษาผล และนำเสนอการพัฒนาการออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความต้องการจำเป็นในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ตอนที่ 3 ประสบการณ์ผู้ใช้โมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ขอความอนุเคราะห์ท่านตอบแบบสอบถามครบทุกข้อ เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์ และมีคุณค่าต่อการนำไปใช้ในการออกแบบ พัฒนา ศึกษาผล และนำไปพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

นายณัฐพล สิงสุข

นิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

**ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง** จะเป็นรูปแบบการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันบน

โทรศัพท์มือถือ โดยภายในแอปพลิเคชัน จะมีบทเรียน เนื้อหาต่าง ๆ และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนเป็นสื่อที่สนับสนุนการเรียนการสอนที่สามารถจำลองการทดลองต่าง ๆ ของทุกขั้นตอนในห้องปฏิบัติการปกติได้และที่สำคัญสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา

### ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

1. เพศ  (1) ชาย  (2) หญิง
2. สังกัดโรงเรียน  (1) รัฐบาล  (2) เอกชน
3. สังกัดพื้นที่  (1) กรุงเทพฯ และปริมณฑล  (2) ต่างจังหวัด (ระบุจังหวัด).....
4. ระดับชั้น  (1) มัธยมศึกษาปีที่ 1  (2) มัธยมศึกษาปีที่ 2  
 (3) มัธยมศึกษาปีที่ 3
5. ประเภทห้องเรียน  (1) ห้องเรียนวิทยาศาสตร์  (2) ห้องเรียนปกติ  
 (2) อื่น ๆ (โปรดระบุ)...
6. ท่านได้รับการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้**จากครอบครัว**ระดับใด เมื่อเปรียบเทียบกับความจำเป็นที่ต้องใช้เพื่อการเรียนรู้ (ทั้งซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมและอุปกรณ์สำหรับการใช้งาน)  
 (1) ได้รับการสนับสนุนอย่างเต็มที่ (80% – 100%)  
 (2) ได้รับการสนับสนุนในระดับปานกลาง (50% – 79%)  
 (3) ได้รับการสนับสนุนในระดับน้อย (ต่ำกว่า 50%)  
 (4) อื่นๆ ระบุ.....

7. ท่านได้รับการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้จากสถานศึกษาในระดับใด(ทั้งซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมและอุปกรณ์สำหรับการใช้งาน)

- (1) ได้รับการสนับสนุนอย่างเต็มที่ (80% – 100%)
- (2) ได้รับการสนับสนุนในระดับปานกลาง (50% – 79%)
- (3) ได้รับการสนับสนุนในระดับน้อย (ต่ำกว่า 50%)
- (4) อื่นๆระบุ.....

8. เกรดเฉลี่ยสะสม (GPAX)

- (1) 3.51 – 4.00       (2) 3.01 – 3.50       (3) 2.51 – 3.00
- (4) 2.01 – 2.50       (5) 1.51 – 2.00       (6) น้อยกว่าหรือเท่ากับ1.50

9. ระบบปฏิบัติการโทรศัพท์เคลื่อนที่ของท่าน

- (1) ไอโอเอส       (2) แอนดรอยด์       (3) วินโดว์
- (4) อื่นๆ (โปรดระบุ)

10. ความถี่ในการใช้เทคโนโลยี (ให้เรียงลำดับจากมากไปน้อย)

(โดยกำหนด : 5=มากที่สุด, 4=มาก, 3=ปานกลาง, 2=น้อย, 1=น้อยที่สุด)

- (1) คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ       (2) โน้ตบุ๊ก / แท็บเล็ต
- (3) ไอแพด / แท็บเล็ต       (4) โทรศัพท์เคลื่อนที่
- (5) อื่นๆ (โปรดระบุ)

11. ท่านเคยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงหรือไม่

- (1) เคย       (2) ไม่เคย



### ตอนที่ 3 ประสพการณ์ผู้ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

**คำชี้แจง** โปรดแสดงความคิดเห็นว่าปัจจัยต่อไปนี้จะส่งผลให้ท่านเกิด**ความต้องการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง** ที่ระดับใด

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย					
2	มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน					
3	มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ตนเองเบื้องต้น					
4	การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ					
5	มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน					
6	สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม					
7	ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง					
8	สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง					
9	ใช้เป็นการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา					
10	สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง					
11	สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา					
12	สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้นหรือครูได้					

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริง

.....

.....

.....

.....

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

นายณัฐพล สิงสุข

## แบบสอบถามเพื่องานวิจัย

เรื่อง ความต้องการจำเป็นและประสบการณ์ในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของ  
ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา

---

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูล ออกแบบ พัฒนา ศึกษาผล และนำเสนอการพัฒนาการออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นแบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความต้องการจำเป็นในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ตอนที่ 3 ประสบการณ์ผู้ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ขอความอนุเคราะห์ท่านตอบแบบสอบถามครบทุกข้อ เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์และมีคุณค่าต่อการนำไปใช้ในการออกแบบ พัฒนา ศึกษาผล และนำไปพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

นายณัฐพล สิงสุข

นิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย



**ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง** จะเป็นรูปแบบการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ โดยภายในแอปพลิเคชัน จะมีบทเรียน เนื้อหาต่าง ๆ และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนเป็นสื่อที่สนับสนุนการเรียนการสอนที่สามารถจำลองการทดลองต่าง ๆ ของทุกขั้นตอนในห้องปฏิบัติการปกติได้และที่สำคัญสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา

### ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย  ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

1. เพศ  ชาย  หญิง
2. อายุ  20 – 25 ปี  26 - 30 ปี  31-40 ปี  41 ปีขึ้นไป
3. สังกัดโรงเรียน  รัฐบาล  เอกชน
4. สังกัดพื้นที่  กรุงเทพฯ และปริมณฑล  ต่างจังหวัด (ระบุจังหวัด).....
5. ระดับชั้นที่สอน  มัธยมศึกษาปีที่ 1  มัธยมศึกษาปีที่ 2  
 มัธยมศึกษาปีที่ 3  มัธยมศึกษาปีที่ 4  
 มัธยมศึกษาปีที่ 5  มัธยมศึกษาปีที่ 6
6. ประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์  น้อยกว่า 1 ปี  1-5 ปี  6-10 ปี  11 ปีขึ้นไป
7. ท่านจบวิชาเอกด้านใด  วิทยาศาสตร์ทั่วไป  เคมี  ชีววิทยา  ฟิสิกส์  
 อื่น ๆ (โปรดระบุ)
8. ท่านใช้เทคนิค/รูปแบบ/กลยุทธ์ใดในการสอน  5E  7E  PBL  
 STEM  อื่นๆ (โปรดระบุ)
9. ท่านได้รับการสนับสนุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้จากสถานศึกษาระดับใด (ทั้งซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมและอุปกรณ์สำหรับการใช้งาน)  
 ได้รับการสนับสนุนอย่างเต็มที่ (80% – 100%)  
 ได้รับการสนับสนุนในระดับปานกลาง (50% – 79%)  
 ได้รับการสนับสนุนในระดับน้อย (ต่ำกว่า 50%)  
 อื่นๆระบุ.....
10. ความถี่ในการใช้เทคโนโลยี (ให้เรียงลำดับจากมากไปน้อย)  
 (โดยกำหนด : 5=มากที่สุด, 4=มาก, 3=ปานกลาง, 2=น้อย, 1=น้อยที่สุด)  
 (1) คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ  (2) โน้ตบุ๊ก / แท็บเล็ต  (3) ไอแพด / แท็บเล็ต  
 (4) โทรศัพท์เคลื่อนที่  (5) อื่นๆ (โปรดระบุ)
11. ท่านเคยใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงในการสอนหรือไม่  เคย  ไม่เคย



### ตอนที่ 3 ประสิทธิภาพผู้ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

**คำชี้แจง** โปรดแสดงความคิดเห็นว่าปัจจัยต่อไปนี้ส่งผลให้ท่านเกิดความต้องการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ที่ระดับใด

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย					
2	มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน					
3	มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ของนักเรียนเบื้องต้น					
4	การออกแบบที่สวยงาม น่าสนใจ					
5	ฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน					
6	สามารถใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม					
7	ความเสถียรของห้องปฏิบัติการการวิทยาศาสตร์เสมือน					
8	สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับนักเรียนในการทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง					
9	สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา					
10	สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน					
11	สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา					
12	สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับนักเรียนได้					

CHULALONGKORN UNIVERSITY

### 3. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

.....

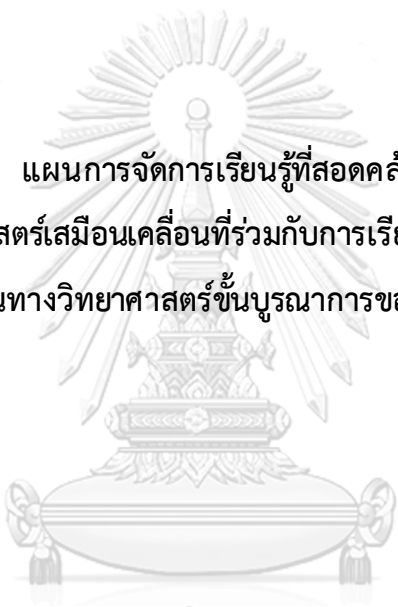
.....

.....

.....

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์มา ณ ที่นี้

นายณัฐพล สิงสุข



แผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนเคลื่อนที่ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วย 5E เพื่อ  
ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## แผนการจัดการเรียนรู้ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ชื่อ ..... พลังงานความร้อน.....  
 เรื่อง ..... ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร (จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่)  
 เวลาสอน ..... 100 ..... นาที  
 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ..... ว21103  
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ..... 1 ..... ภาคเรียนที่ ..... 1 ..... ปีการศึกษา ..... 2565

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้(กรณีรายวิชาเพิ่มเติม)

ตัวชี้วัด ม.1/10 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยน สถานะของสสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง

### 3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสสาร การสั่นและการเคลื่อนที่ของอนุภาคทำให้เกิดพลังงานความร้อน (thermal energy) ในสสาร

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ความรู้ (K)

- อธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสารเนื่องจากได้รับความร้อนจากเตียนไขในจำนวนที่มีความแตกต่างกัน

#### ทักษะ/กระบวนการ (P)

- ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และค่านิยามเชิงปฏิบัติการได้
- ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร

#### คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)

- ใฝ่เรียนรู้
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- มีจิตสาธารณะ
- มีวินัย

## 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการสื่อสาร
- ความสามารถในการคิด
- ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- มีจิตวิทยาศาสตร์ (ความอยากรู้อยากเห็น, มุ่งมั่นอดทน)

## 6. สาระการเรียนรู้

เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อนุภาคของของแข็งจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของแข็งจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดหลอมเหลวเมื่อให้ความร้อนแก่ของเหลว อนุภาคของของเหลวจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของเหลวจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอและอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่าจุดเดือด เมื่อทำให้อุณหภูมิก่อนแก๊สลดลงจนถึงระดับหนึ่งแก๊สจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดควบแน่นซึ่งมีอุณหภูมิตีเดียวกับจุดเดือดของของเหลวนั้น เมื่อทำให้อุณหภูมิก่อนของเหลวลดลงจนถึงระดับหนึ่งของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเยือกแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิตีเดียวกับจุดหลอมเหลวของของแข็งนั้น

## 7. ภาระงาน/ชิ้นงานที่แสดงผลการเรียนรู้

7.1 กิจกรรมที่ 1 จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

## 8. กิจกรรมการเรียนรู้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

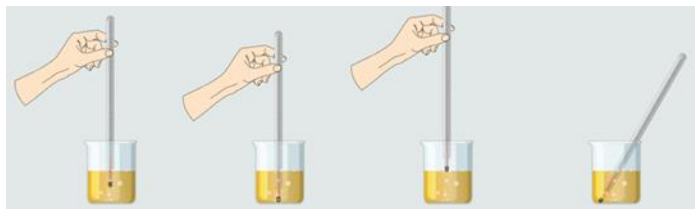
### 8.1 การเรียนรู้แบบออนไลน์ (เรียนผ่านโมไบล์แอปพลิเคชัน) 50 นาที

- โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
1. เข้าสู่แอปพลิเคชัน กดเข้าสู่ระบบ
  2. เลือกบทเรียนและเรื่องที่จะเรียน
  3. เริ่มเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้

### 8.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

8.1.1.1 ให้นักเรียนสังเกตภาพ และเลือกตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. วิธีที่แสดงถึงวิธีการวัดอุณหภูมิของของเหลวที่ถูกต้อง



2. ภาพในข้อใดต่อไปนี้ แสดงถึงวิธีการอ่านค่าของเทอร์มอมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง



### 8.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

8.1.2.1 ศึกษาใบกิจกรรมที่ครูเตรียมไว้ให้ควบคู่กับแอปพลิเคชัน

8.1.2.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 1 จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

โดยให้นักเรียนดูรูปภาพและคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเตรียมการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรและคำนิยามเชิงปฏิบัติการของการทดลอง โดยการเลือกตอบจากข้อความที่ครูกำหนดให้

จากรูปภาพนักเรียนคิดว่า : จำนวนของเทียนไขมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหรือไม่



1. การตั้งสมมติฐาน : น้ำที่ได้รับจำนวนเทียนไข \_\_\_\_\_ (มากกว่า/น้อยกว่า)  
จะมีอุณหภูมิ \_\_\_\_\_ (มากกว่า/น้อยกว่า)

## 2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น : \_\_\_\_\_ (จำนวนเทียนไข/ปริมาณน้ำ/อุณหภูมิของน้ำ)

ตัวแปรตาม : \_\_\_\_\_ (จำนวนเทียนไข/อุณหภูมิของน้ำ/ปริมาณน้ำ)

ตัวแปรควบคุม : \_\_\_\_\_ (ชนิด ขนาด และความสูงของเทียนไข / อุณหภูมิของน้ำ /

## ระยะเวลา

ที่ให้ความร้อน/ปริมาณน้ำ)

3. นิยามเชิงปฏิบัติการ : \_\_\_\_\_ (อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากเทียนไข/  
ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น/อุณหภูมิสูงขึ้นหมายถึงของเหลวสีแดงบนเทอร์โมมิเตอร์  
เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ )

เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือน  
จริง

โดยในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

## วัสดุ/อุปกรณ์ :

1. น้ำ
2. ปีกเกอร์ ขนาด 100 cm<sup>3</sup>
3. ปีกเกอร์ ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
4. เทอร์มอมิเตอร์
5. แท่งแก้วคน
6. กระบอกตวง
7. ขาดั่งพร้อมที่จับ
8. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
9. เทียนไข
10. เครื่องชั่ง
11. น้ำมันพืช
12. กระดาษกราฟ
13. นาฬิกาจับเวลา





ให้นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

**วิธีการทดลอง** (แสดงในใบกิจกรรม)

1. ให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์การทดลองวางไว้ที่พื้นที่การทดลอง (โดยการลากอุปกรณ์ที่ปรากฏบนหน้าจอ)

- ตั้งตะเกียงแอลกอฮอล์ให้ถูกต้อง นำบีกเกอร์ใส่น้ำเปล่า 50 ml ตั้งไว้บนตะแกรงของชุด

ตะเกียงแอลกอฮอล์

- บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในบีกเกอร์

หลังจากนั้นนำเทียนไขจำนวน 1 เล่มเป็นตัวให้ความร้อนสอดเข้าไปใต้ตะเกียงแอลกอฮอล์

- โดยขณะที่ให้ความร้อนแก่น้ำ ใช้แท่งแก้วคนน้ำให้ทั่วบีกเกอร์ตลอดเวลา

2. บันทึกอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ทุก ๆ 30 วินาที เป็นเวลา 3 นาที

3. เปลี่ยนชุดการทดลอง เพิ่มเทียนไขเป็นจำนวน 2 เล่ม แล้วดำเนินการทดลองตามข้อ 1 และ

2

### 8.1.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

8.1.3.1 ให้นักเรียนพิมพ์ข้อความสรุปผลการทดลองลงไปใบช่องที่กำหนดให้ โดยสรุปผลการทดลองดังต่อไปนี้

“ปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำโดยน้ำในบีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไข 2 เล่ม มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า ในบีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไข 1 เล่ม เมื่อเทียบในขณะ เวลาเดียวกัน”

CHULALONGKORN UNIVERSITY

## 8.2 การเรียนรู้แบบออฟไลน์ (เรียนที่ห้องเรียน) 50 นาที

### 8.2.1 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย จากนั้นเปรียบเทียบผลการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคนในห้องเรียนที่ได้เรียนผ่านแอปพลิเคชัน ว่าผลการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร

- นักเรียนนำผลการทดลองที่ได้มาสร้างแบบจำลองในรูปแบบของกราฟ พร้อมทั้งนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียนเป็นรายบุคคล (สุ่มตัวแทน)

- ครูให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป แนวคำตอบ (ปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ โดยน้ำในบีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไข 2 เล่ม มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า ในบีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไข 1 เล่ม เมื่อเทียบในขณะ เวลาเดียวกัน)

### 8.2.2 ชั้นประเมิน (Evaluation)

- ครูประเมินผลนักเรียนจากการตอบคำถาม การร่วมกิจกรรม การอภิปราย และการทำกิจกรรม

### 9. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

9.1 ใบความรู้ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร (ปริมาณความร้อน)

9.2 สื่อ โมบายล์แอปพลิเคชันเรื่อง จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

9.3 ใบกิจกรรมเรื่อง จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

### 10. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเด็นการพิจารณา	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้ความรู้ (K)</b> - อธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร เนื่องจากได้รับความร้อนจากเทียนไขในจำนวนที่มีความแตกต่างกัน	- ประเมินจากการทำกิจกรรมทำยบท การตอบคำถาม และการคำนวณ	-แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการ (P)</b> - ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และคำนิยามเชิงปฏิบัติการได้ - ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสสาร	- ประเมินจากการทำกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง	แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดีมาก 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)</b> 1. ใฝ่เรียนรู้ 2. มุ่งมั่นในการทำงาน 3. มีจิตสาธารณะ 4. มีวินัย	- ประเมินจากพฤติกรรมของผู้เรียน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (รายบุคคล)	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

แบบประเมินการนำเสนอโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบ RUBRIC SCORE

ระดับคะแนนสิ่งที่ประเมิน	4 คะแนน (ดีมาก)	3 คะแนน (ดี)	2 คะแนน (พอใช้)	1 คะแนน (ควรปรับปรุง)
ความถูกต้องของเนื้อหา	ตอบคำถาม ถูกต้อง 90-100%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 70-80%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 50-60%	ตอบคำถาม ถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
การใช้ภาษา	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 90-100%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 70-80%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 50-60%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
ความตรงต่อเวลา	ส่งงานตามเวลา ที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 1-2 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 3-4 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 5 วัน ขึ้นไป

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 0-3 คะแนน ระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ปรับปรุง
- 4-6 คะแนน ระดับคุณภาพ 2 หมายถึง พอใช้
- 7-9 คะแนน ระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ดี
- 10-12 คะแนน ระดับคุณภาพ 4 หมายถึง ดีมาก

## แผนการจัดการเรียนรู้ 2

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ชื่อ ..... พลังงานความร้อน.....  
 เรื่อง ..... ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร (มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่).....  
 เวลาสอน ..... 100 ..... นาที  
 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ..... วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ..... วิชา ..... วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ..... รหัสวิชา ..... ว21103.....  
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ..... 1 ..... ภาคเรียนที่ ..... 1 ..... ปีการศึกษา ..... 2565.....

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้(กรณีรายวิชาเพิ่มเติม)

ตัวชี้วัด ม.1/10 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยน สถานะของสสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง

### 3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสสาร การสั่นและการเคลื่อนที่ของอนุภาคทำให้เกิดพลังงานความร้อน (thermal energy) ในสสาร

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ความรู้ (K)

- อธิบายการเปลี่ยนอุณหภูมิของสสารเนื่องจากมวลของน้ำที่มีความแตกต่างกัน

#### ทักษะ/กระบวนการ (P)

- ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และค่านิยามเชิงปฏิบัติการได้
- ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร

#### คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)

- ใฝ่เรียนรู้
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- มีจิตสาธารณะ
- มีวินัย

### 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการสื่อสาร

- ความสามารถในการคิด
- ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- มีจิตวิทยาศาสตร์ (ความอยากรู้อยากเห็น, มุ่งมั่นอดทน)

## 6. สารการเรียนรู้

เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อนุภาคของของแข็งจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของแข็งจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดหลอมเหลวเมื่อให้ความร้อนแก่ของเหลว อนุภาคของของเหลวจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของเหลวจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอและอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่าจุดเดือด เมื่อทำให้อุณหภูมิก่อนแก๊สลดลงจนถึงระดับหนึ่งแก๊สจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดควบแน่นซึ่งมีอุณหภูมิตีเดียวกับจุดเดือดของของเหลวนั้น เมื่อทำให้อุณหภูมิก่อนของเหลวลดลงจนถึงระดับหนึ่งของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเยือกแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิตีเดียวกับจุดหลอมเหลวของของแข็งนั้น

## 7. ภาระงาน/ชิ้นงานที่แสดงผลการเรียนรู้

7.1 กิจกรรมที่ 2 มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

## 8. กิจกรรมการเรียนรู้

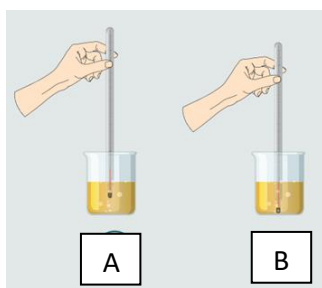
### 8.1 การเรียนรู้แบบออนไลน์ (เรียนผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน) 50 นาที

- โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
1. เข้าสู่แอปพลิเคชัน กดเข้าสู่ระบบ
  2. เลือกบทเรียนและเรื่องที่จะเรียน
  3. เริ่มเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้

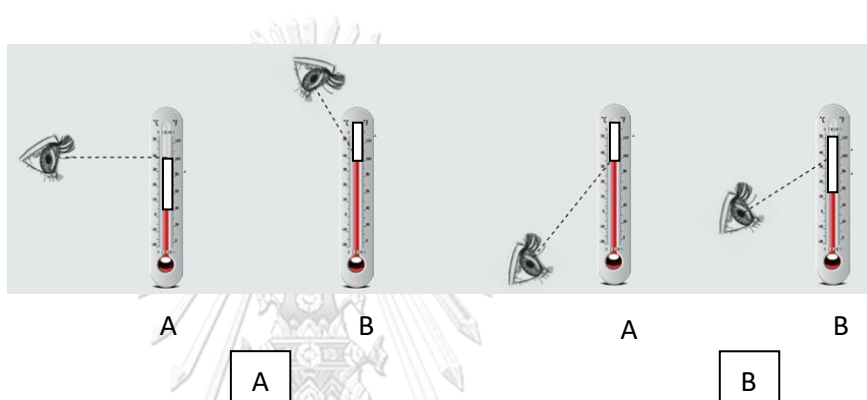
#### 8.1.1 ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

8.1.1.1 ให้นักเรียนสังเกตภาพ และเลือกตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. มวลของน้ำในบีกเกอร์ A มีมวลเท่ากับ 100 cm<sup>3</sup> มวลของน้ำในบีกเกอร์ B มีมวลเท่ากับ 150 cm<sup>3</sup> นักเรียนคิดว่าบีกเกอร์ใดเมื่อได้รับความร้อนจะร้อนเร็วที่สุด



2. จากข้อที่ 1 ปีกเกอร์ A และ B เมื่อได้รับความร้อนในเวลาเท่ากัน นักเรียนคิดว่า อุณหภูมิที่ปรากฏบนเทอร์มอมิเตอร์ของปีกเกอร์ A และ B จะเป็นอย่างไร



### 8.1.2 ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

8.1.2.1 ศึกษาใบกิจกรรมที่ครูเตรียมไว้ให้ควบคู่กับแอปพลิเคชัน

8.1.2.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 2 มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

โดยให้นักเรียนดูรูปภาพและคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเตรียมการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรและคำนิยามเชิงปฏิบัติการของการทดลอง โดยการเลือกตอบจากข้อความที่ครูกำหนดให้

จากรูปภาพนักเรียนคิดว่า : มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหรือไม่



- การตั้งสมมติฐาน : น้ำที่มีมวล \_\_\_\_\_ (มากกว่า/น้อยกว่า) เมื่อได้รับความร้อน จะมีอุณหภูมิ \_\_\_\_\_ (สูงกว่า/ต่ำกว่า)
- ตัวแปรที่ศึกษา  
 ตัวแปรต้น : \_\_\_\_\_ (มวลของน้ำ)  
 ตัวแปรตาม : \_\_\_\_\_ (อุณหภูมิของน้ำ)  
 ตัวแปรควบคุม : \_\_\_\_\_ (เทอร์โมมิเตอร์/ตะเกียงแอลกอฮอล์/ขนาดของบีกเกอร์/ชนิดของตัวให้ความร้อน)
- นิยามเชิงปฏิบัติการ : \_\_\_\_\_ (อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์/อุณหภูมิสูงขึ้นหมายถึงของเหลวสีแดงบนเทอร์โมมิเตอร์เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ)

เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

โดยในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

**วัสดุ/อุปกรณ์ :**

1. น้ำ
2. บีกเกอร์ ขนาด 100 cm<sup>3</sup>
3. บีกเกอร์ ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. แท่งแก้วคน
6. กระจกบด
7. ขาดังพร้อมที่จับ
8. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์

9. เทียนไข
10. เครื่องชั่ง
11. น้ำมันพืช
12. กระดาษกราฟ
13. นาฬิกาจับเวลา

ให้นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

**วิธีการทดลอง** (แสดงในใบกิจกรรม)

1. ให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์การทดลองวางไว้ที่พื้นที่การทดลอง (โดยการลากอุปกรณ์ที่ปรากฏบนหน้าจอ)

2. วัดอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในบีกเกอร์แต่ละใบ (บันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม)

3. เริ่มให้ความร้อนแก่น้ำในบีกเกอร์ทั้งสอง โดยให้ความร้อนของบีกเกอร์ที่มีน้ำ 75 ลูกบาศก์เซนติเมตรก่อน โดยขณะให้ความร้อนแก่น้ำ ใช้แท่งแก้วคนน้ำให้ทั่วบีกเกอร์ตลอดเวลา และให้บันทึกอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ทั้งสอง ทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที

4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 โดยให้ความร้อนแก่บีกเกอร์ที่มีน้ำ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ชุดเดิม

### 8.1.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

8.1.3.1 ให้นักเรียนพิมพ์ข้อความสรุปผลการทดลองลงไปในช่วงที่กำหนดให้ โดยสรุปผลการทดลองดังต่อไปนี้

“มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ โดยน้ำมวล 75 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าน้ำมวล 150 กรัม เมื่อได้รับความร้อนปริมาณเท่ากัน”

## 8.2 การเรียนรู้แบบออฟไลน์ (เรียนที่ห้องเรียน) 50 นาที

### 8.2.1 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย จากนั้นเปรียบเทียบผลการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคนในห้องเรียนที่ได้เรียนผ่านแอปพลิเคชัน ว่าผลการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร

- นำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน เป็นรายบุคคล



- ครูให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป แนวคำตอบ (มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ โดยน้ำมวล 75 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าน้ำมวล 150 กรัม เมื่อได้รับความร้อนปริมาณเท่ากัน)

### 8.2.2 ชั้นประเมิน (Evaluation)

- ครูประเมินผลนักเรียนจากการตอบคำถาม การร่วมกิจกรรม การอภิปราย และการทำกิจกรรม

## 9. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

9.1 ใบความรู้ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร (มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ)

9.2 สื่อ โมบายล์แอปพลิเคชันเรื่อง มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

9.3 ใบกิจกรรมเรื่อง มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่



## 10. การ วัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเด็นการพิจารณา	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้ความรู้ (K)</b> - อธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ สสารเนื่องจากมวลของน้ำที่มีความ แตกต่างกัน	- ประเมินจากการทำ กิจกรรมท้ายบท การ ตอบคำถาม และการ คำนวณ	- แบบประเมินการ นำเสนอโดยการ ประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้ทักษะ/            กระบวนการ (P)</b> - ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และคำ นิยามเชิงปฏิบัติการได้ - ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง มวลมี ผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ สสาร	- ประเมินจากการทำ กิจกรรมการทดลอง ในห้องปฏิบัติการ เสมือนจริง	แบบประเมินการ นำเสนอโดยการ ประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดีมาก 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้คุณธรรม            จริยธรรมและค่านิยม (A)</b> 1. ใฝ่เรียนรู้ 2. มุ่งมั่นในการทำงาน 3. มีจิตสาธารณะ 4. มีวินัย	- ประเมินจาก พฤติกรรมของผู้เรียน	- แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์ (รายบุคคล)	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

แบบประเมินการนำเสนอโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบ RUBRIC SCORE

ระดับคะแนนสิ่งที่ประเมิน	4 คะแนน (ดีมาก)	3 คะแนน (ดี)	2 คะแนน (พอใช้)	1 คะแนน (ควรปรับปรุง)
ความถูกต้องของเนื้อหา	ตอบคำถาม ถูกต้อง 90-100%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 70-80%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 50-60%	ตอบคำถาม ถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
การใช้ภาษา	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 90-100%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 70-80%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 50-60%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
ความตรงต่อเวลา	ส่งงานตามเวลา ที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 1-2 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 3-4 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 5 วัน ขึ้นไป

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 0-3 คะแนน ระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ปรับปรุง
- 4-6 คะแนน ระดับคุณภาพ 2 หมายถึง พอใช้
- 7-9 คะแนน ระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ดี
- 10-12 คะแนน ระดับคุณภาพ 4 หมายถึง ดีมาก

### แผนการจัดการเรียนรู้ 3

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ชื่อ ..... พลังงานความร้อน.....  
 เรื่อง ..... ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร (ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่)  
 เวลาสอน ..... 100 ..... นาที  
 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ..... ว21103 .....  
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ..... ภาคเรียนที่ 1 ..... ปีการศึกษา ..... 2565 .....

#### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

#### 2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้(กรณีรายวิชาเพิ่มเติม)

ตัวชี้วัด ม.1/10 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยน สถานะของสสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง

#### 3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสสาร การสั่นและการเคลื่อนที่ของอนุภาคทำให้เกิดพลังงานความร้อน (thermal energy) ในสสาร

#### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

##### ความรู้ (K)

- อธิบายการเปลี่ยนอุณหภูมิของสสารเนื่องจากชนิดของสสารที่มีความแตกต่างกัน

##### ทักษะ/กระบวนการ (P)

- ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และค่านิยามเชิงปฏิบัติการได้
- ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

##### คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)

- ใฝ่เรียนรู้
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- มีจิตสาธารณะ
- มีวินัย

#### 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการสื่อสาร

- ความสามารถในการคิด
- ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- มีจิตวิทยาศาสตร์ (ความอยากรู้อยากเห็น, มุ่งมั่นอดทน)

## 6. สารการเรียนรู้

เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อนุภาคของของแข็งจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของแข็งจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดหลอมเหลวเมื่อให้ความร้อนแก่ของเหลว อนุภาคของของเหลวจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งของเหลวจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอและอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่าจุดเดือด เมื่อทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลงจนถึงระดับหนึ่งแก๊สจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดควบแน่นซึ่งมีอุณหภูมิเดียวกับจุดเดือดของของเหลวนั้น เมื่อทำให้อุณหภูมิของของเหลวลดลงจนถึงระดับหนึ่งของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเยือกแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิเดียวกับจุดหลอมเหลวของของแข็งนั้น

## 7. ภาระงาน/ชิ้นงานที่แสดงผลการเรียนรู้

7.1 กิจกรรมที่ 3 ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

## 8. กิจกรรมการเรียนรู้

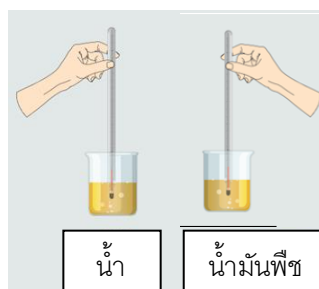
### 8.1 การเรียนรู้แบบออนไลน์ (เรียนผ่านโมไบล์แอปพลิเคชัน) 50 นาที

- โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
1. เข้าสู่แอปพลิเคชัน กดเข้าสู่ระบบ
  2. เลือกบทเรียนและเรื่องที่จะเรียน
  3. เริ่มเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้

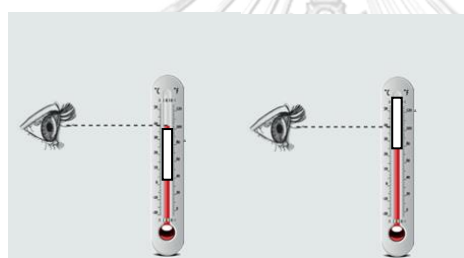
### 8.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

8.1.1.1 ให้นักเรียนสังเกตภาพ และเลือกตอบคำถามให้ถูกต้อง

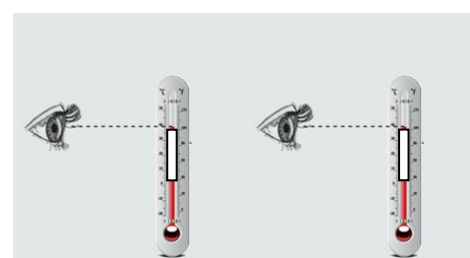
1. ระหว่างน้ำกับน้ำมันพืช นักเรียนคิดว่าเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันสารใดจะมีอุณหภูมิสูงที่สุด



2. นักเรียนคิดว่าสารที่แตกต่างกันเมื่อได้รับความร้อนที่เท่ากันนักเรียนคิดว่าจะเป็นอย่างใด



A



B

### 8.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

8.1.2.1 ศึกษาใบกิจกรรมที่ครูเตรียมไว้ให้ควบคู่กับแอปพลิเคชัน

8.1.2.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 ชนิดของสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

โดยให้นักเรียนดูรูปภาพและคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเตรียมการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรและคำนิยามเชิงปฏิบัติการของการทดลอง โดยการเลือกตอบจากข้อความที่ครูกำหนดให้

จากรูปภาพนักเรียนคิดว่า : สารต่างชนิดเมื่อได้รับความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแตกต่างกันหรือไม่



- การตั้งสมมติฐาน : สารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ \_\_\_\_\_ (เหมือนกัน/ต่างกัน)
- ตัวแปรที่ศึกษา
  - ตัวแปรต้น : \_\_\_\_\_ (ชนิดของสาร)
  - ตัวแปรตาม : \_\_\_\_\_ (อุณหภูมิของสาร)
  - ตัวแปรควบคุม : \_\_\_\_\_ (ปริมาณของเหลวในบีกเกอร์/ขนาดของบีกเกอร์/ชนิดของตัวให้ความร้อนเทอร์โมมิเตอร์/ตะเกียงแอลกอฮอล์)
- นิยามเชิงปฏิบัติการ : \_\_\_\_\_ (สารมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเมื่อได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิจะสูงขึ้น)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

โดยในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

**วัสดุ/อุปกรณ์ :**

- น้ำ
- บีกเกอร์ ขนาด 100 cm<sup>3</sup>
- บีกเกอร์ ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
- เทอร์โมมิเตอร์
- แท่งแก้วคน
- กระบอกตวง

7. ขาดตั้งพร้อมที่จับ
8. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
9. เทียนไข
10. เครื่องชั่ง
11. น้ำมันพืช
12. กระดาษกราฟ
13. นาฬิกาจับเวลา

ให้นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### วิธีการทดลอง (แสดงในใบกิจกรรม)

1. วัดอุณหภูมิเริ่มต้นของสสารในบีกเกอร์แต่ละใบ ซึ่งได้แก่ บีกเกอร์น้ำ และบีกเกอร์น้ำมันพืช (บันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม)
2. เริ่มให้ความร้อนแก่สสารในบีกเกอร์ทั้งสอง โดยให้ความร้อนของบีกเกอร์น้ำมันพืชก่อน โดยขณะให้ความร้อนแก่น้ำมันพืช ใช้แท่งแก้วคนสสารให้ทั่วบีกเกอร์ตลอดเวลา และให้บันทึกอุณหภูมิของสสารในบีกเกอร์ ทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที
3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 โดยให้ความร้อนแก่บีกเกอร์น้ำ ด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ชุดเดิม

#### 8.1.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

8.1.3.1 ให้นักเรียนพิมพ์ข้อความสรุปผลการทดลองลงไปในช่วงที่กำหนดให้ โดยสรุปผลการทดลองดังต่อไปนี้

“ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเมื่อเวลาผ่านไปกลีเซอรอลหรือน้ำมันพืชมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำ”

#### 8.2 การเรียนรู้แบบออฟไลน์ (เรียนที่ห้องเรียน) 50 นาที

##### 8.2.1 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย จากนั้นเปรียบเทียบผลการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน ในห้องเรียนที่ได้เรียนผ่านแอปพลิเคชัน ว่าผลการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร

- นำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา
- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน เป็นรายบุคคล

- ครูให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป แนวคำตอบ (ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเมื่อเวลาผ่านไปกลีเซอรอลหรือน้ำมันพืชมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำ)



### 8.2.2 ชั้นประเมิน (Evaluation)

- ครูประเมินผลนักเรียนจากการตอบคำถาม การร่วมกิจกรรม การอภิปราย และการทำกิจกรรม

## 9. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

9.1 ใบความรู้ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร (ชนิดของสสารมีผลต่อการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเมื่อเวลาผ่านไปกลีเซอรอลหรือน้ำมันพืชมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำ)

9.2 สื่อ โมบายล์แอปพลิเคชันเรื่อง ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

9.3 ใบกิจกรรมเรื่อง ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่



## 10. การ วัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเด็นการพิจารณา	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้ความรู้ (K)</b> - อธิบายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสารเนื่องจากชนิดของสสารที่มีความแตกต่างกัน	-ประเมินจากการทำกิจกรรมท้ายบท การตอบคำถาม และการคำนวณ	-แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการ (P)</b> - ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และค่านิยามเชิงปฏิบัติการได้ - ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร	-ประเมินจากการทำกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง	-แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดีมาก 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)</b> 1. ใฝ่เรียนรู้ 2. มุ่งมั่นในการทำงาน 3. มีจิตสาธารณะ 4. มีวินัย	- ประเมินจากพฤติกรรมของผู้เรียน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (รายบุคคล)	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

แบบประเมินการนำเสนอโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบ RUBRIC SCORE

ระดับคะแนนสิ่งที่ประเมิน	4 คะแนน (ดีมาก)	3 คะแนน (ดี)	2 คะแนน (พอใช้)	1 คะแนน (ควรปรับปรุง)
ความถูกต้องของเนื้อหา	ตอบคำถาม ถูกต้อง 90-100%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 70-80%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 50-60%	ตอบคำถาม ถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
การใช้ภาษา	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 90-100%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 70-80%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 50-60%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
ความตรงต่อเวลา	ส่งงานตามเวลา ที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 1-2 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 3-4 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 5 วัน ขึ้นไป

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 0-3 คะแนน ระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ปรับปรุง
- 4-6 คะแนน ระดับคุณภาพ 2 หมายถึง พอใช้
- 7-9 คะแนน ระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ดี
- 10-12 คะแนน ระดับคุณภาพ 4 หมายถึง ดีมาก

## แผนการจัดการเรียนรู้ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ชื่อ.....พลังงานความร้อน.....  
 เรื่อง..... ความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร (ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ).  
 เวลาสอน 100 นาที  
 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ว21103  
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้(กรณีรายวิชาเพิ่มเติม)

ตัวชี้วัด ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร เนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน

### 3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ความร้อนทำให้สสารขยายตัวหรือหดตัวได้ เนื่องจากเมื่อสสารได้รับความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัว แต่เมื่อสสารคายความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้เกิดการหดตัว

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ความรู้ (K)

- อธิบายผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ

#### ทักษะ/กระบวนการ (P)

- ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และคำนึงถึงเชิงปฏิบัติการได้
- ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ

#### คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)

- ใฝ่เรียนรู้
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- มีจิตสาธารณะ
- มีวินัย

## 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการสื่อสาร
- ความสามารถในการคิด
- ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- มีจิตวิทยาศาสตร์ (ความอยากรู้อยากเห็น, มุ่งมั่นอดทน)

## 6. สารการเรียนรู้

เมื่ออนุภาคของแก๊สได้รับความร้อน จะพลังงานเพิ่มขึ้น เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น แต่เมื่ออนุภาคของแก๊สสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้เคลื่อนที่ได้ช้าลงและมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้แก๊สหดตัวมีปริมาตรลดลง

เมื่ออนุภาคของของเหลวได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็ว มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง ของเหลวจึงมีการขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออนุภาคของของเหลวสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้เคลื่อนที่ได้ช้าลงและมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้ของเหลวหดตัวมีปริมาตรลดลง

เมื่ออนุภาคของของแข็งได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้สั่นเร็วขึ้น มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง แต่เมื่ออนุภาคของของแข็งสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้สั่นช้าลงและมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้ของแข็งหดตัวมีปริมาตรลดลง การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของสสารในสถานะของแข็งจึงมีขนาดน้อยกว่าสสารในสถานะของเหลวและแก๊ส

## 7. ภาระงาน/ชิ้นงานที่แสดงผลการเรียนรู้

7.1 กิจกรรมที่ 4 ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ

## 8. กิจกรรมการเรียนรู้

### 8.1 การเรียนรู้แบบออนไลน์ (เรียนผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน) 50 นาที

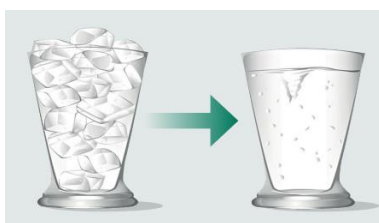
- โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
1. เข้าสู่แอปพลิเคชัน กดเข้าสู่ระบบ
  2. เลือกบทเรียนและเรื่องที่จะเรียน
  3. เริ่มเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้

### 8.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

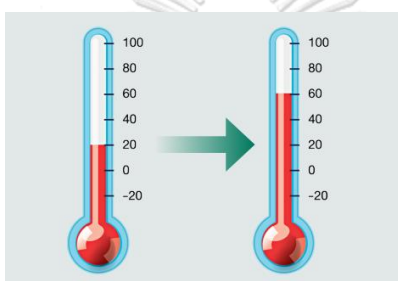
8.1.1.1 ให้นักเรียนสังเกตภาพ และเลือกตอบคำถามให้ถูกต้อง

ข้อที่ 1 ทำเครื่องหมายถูกต้องหน้าเหตุการณ์ที่แสดงว่าสารได้รับความร้อน

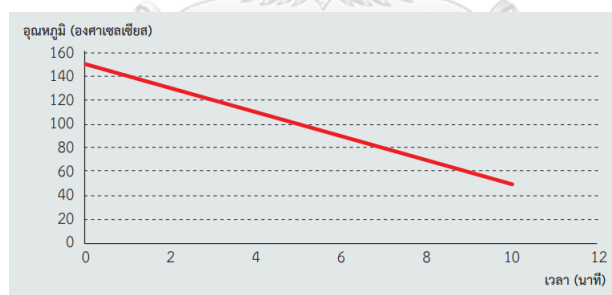
น้ำแข็งเปลี่ยนสถานะดังภาพ



เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิสารได้ดังภาพ



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสารชนิดหนึ่งเป็นดังภาพ



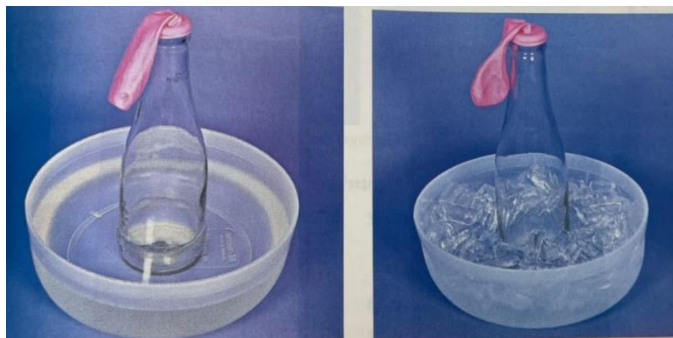
### 8.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

8.1.2.1 ศึกษาใบกิจกรรมที่ครูเตรียมไว้ให้ควบคู่กับแอปพลิเคชัน

8.1.2.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 4 ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ

โดยให้นักเรียนดูรูปภาพและคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเตรียมการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรและคำนิยามเชิงปฏิบัติการของการทดลอง โดยการเลือกตอบจากข้อความที่ครูกำหนดให้

จากรูปภาพนักเรียนคิดว่า : เมืู่ลูกโป่งที่ครอบบนปากขวดนำไปวางไว้ในชั้นพลาสติกที่มีน้ำร้อนและน้ำแข็งผลการเปลี่ยนแปลงของลูกโป่งจะแตกต่างกันหรือไม่



1. การตั้งสมมติฐาน : เมื่อนำไปวางไว้ในน้ำร้อนหรือทำให้อากาศภายในได้รับความร้อนลูกโป่งจะเกิดการ

\_\_\_\_\_ (ขยายตัว/หดตัว) และเมื่อนำไปวางไว้ในน้ำแข็งหรือทำให้อากาศภายในสูญเสียความร้อนลูกโป่งจะเกิดการ \_\_\_\_\_ (ขยายตัว/หดตัว)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น : \_\_\_\_\_ (อุณหภูมิความร้อนและความเย็น)

ตัวแปรตาม : \_\_\_\_\_ (การขยายและการหดตัวของอากาศ)

ตัวแปรควบคุม : \_\_\_\_\_ (ขนาดของความสูงของน้ำแข็งและน้ำร้อน /ระยะเวลาที่ให้ความร้อนและความเย็น/ขนาดของลูกโป่ง)

3. นิยามเชิงปฏิบัติการ : จพาลง (การขยายตัวและการหดตัวคือการทำลูกโป่งได้รับความร้อนจะเกิดขยายตัวและเมื่อได้รับความเย็นจะเกิดการหดตัว/การขยายตัวหมายถึงการที่ลูกโป่งพองตัว การหดตัวหมายถึงการที่ลูกโป่งเหี่ยวตัวลง)

เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

โดยในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

**วัสดุ/อุปกรณ์ :**

1. ขวดแก้วหรือขวดพลาสติก
2. บีกเกอร์ ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
3. ลูกโป่ง
4. ชั้นพลาสติก
5. ขวดรูปกรวย ขนาด 125 cm<sup>3</sup>

6. น้ำสี
  7. หลอดแก้วนำแก๊ส
  8. จุกยางเจาะรู
  9. น้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 80%
  10. น้ำแข็ง
  11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
  12. วงแหวนและลูกกลมโลหะ
- (แสดงอุปกรณ์เหล่านี้เป็นรูปภาพและมีชื่อตามนี้บนที่เก็บอุปกรณ์)

ให้นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### วิธีการทดลอง (แสดงในใบกิจกรรม)

1. ครอบลูกโป่งบนปากขวดแก้วหรือขวดพลาสติกให้มีอากาศภายในลูกโป่งเล็กน้อย สังเกตและบันทึกผล
2. นำขวดแก้วหรือขวดพลาสติกจากข้อ 1 ไปวางในชั้นพลาสติกที่มีน้ำร้อน สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล
3. นำขวดแก้วหรือขวดพลาสติกจากข้อ 2 ไปวางในชั้นพลาสติกที่มีน้ำแข็ง สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกผล

#### 8.1.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

8.1.3.1 ให้นักเรียนพิมพ์ข้อความสรุปผลการทดลองลงไปในช่วงที่กำหนดให้ โดยสรุปผลการทดลองดังต่อไปนี้

“ในขวดที่มีลูกโป่งครอบตั้งนั้นจะมีอากาศ และเมื่ออากาศได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัว ในทางตรงกันข้ามเมื่ออากาศสูญเสียความร้อนจะมีปริมาตรลดลงและหดตัวซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของสสาร”

#### 8.2 การเรียนรู้แบบออฟไลน์ (เรียนที่ห้องเรียน) 50 นาที

##### 8.2.1 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย จากนั้นเปรียบเทียบผลการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคนในห้องเรียนที่ได้เรียนผ่านแอปพลิเคชัน ว่าผลการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร
- นำข้อมูลไปวาดภาพสร้างแบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงของการจัดเรียงอนุภาคของอากาศในขวดแก้ว
- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน เป็นรายบุคคล



- ครูให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป แนวคำตอบ (ในขวดที่มีลูกโป่งครอบดังนั้นจะมีอากาศ และเมื่ออากาศได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัว ในทางตรงกันข้ามเมื่ออากาศสูญเสียความร้อนจะมีปริมาตรลดลงและหดตัวซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของสสาร)

### 8.2.2 ชั้นประเมิน (Evaluation)

- ครูประเมินผลนักเรียนจากการตอบคำถาม การร่วมกิจกรรม การอภิปราย และการทำกิจกรรม

## 9. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

9.1 ใบความรู้ เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร (ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ)

9.2 สื่อ โมบายล์แอปพลิเคชันเรื่อง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ

9.3 ใบกิจกรรมเรื่อง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ

## 10. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเด็นการพิจารณา	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
จุดประสงค์การเรียนรู้ความรู้ (K) - อธิบายผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ	- ประเมินจากการทำกิจกรรมท้ายบท การตอบคำถาม และการคำนวณ	- แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
จุดประสงค์การเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการ (P) - ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และค่านิยามเชิงปฏิบัติการได้ - ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของอากาศ	- ประเมินจากการทำกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง	- แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดีมาก 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
จุดประสงค์การเรียนรู้คุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม (A) 1. ใฝ่เรียนรู้ 2. มุ่งมั่นในการทำงาน 3. มีจิตสาธารณะ 4. มีวินัย	- ประเมินจากพฤติกรรมของผู้เรียน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (รายบุคคล)	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

แบบประเมินการนำเสนอโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบ RUBRIC SCORE

ระดับคะแนนสิ่งที่ประเมิน	4 คะแนน (ดีมาก)	3 คะแนน (ดี)	2 คะแนน (พอใช้)	1 คะแนน (ควรปรับปรุง)
ความถูกต้องของเนื้อหา	ตอบคำถามถูกต้อง 90-100%	ตอบคำถามถูกต้อง 70-80%	ตอบคำถามถูกต้อง 50-60%	ตอบคำถามถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
การใช้ภาษา	ใช้คำเหมาะสมและเขียนสะกดคำถูกต้อง 90-100%	ใช้คำเหมาะสมและเขียนสะกดคำถูกต้อง 70-80%	ใช้คำเหมาะสมและเขียนสะกดคำถูกต้อง 50-60%	ใช้คำเหมาะสมและเขียนสะกดคำถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
ความตรงต่อเวลา	ส่งงานตามเวลาที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่ากำหนด 1-2 วัน	ส่งงานช้ากว่ากำหนด 3-4 วัน	ส่งงานช้ากว่ากำหนด 5 วันขึ้นไป

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 0-3 คะแนน ระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ปรับปรุง
- 4-6 คะแนน ระดับคุณภาพ 2 หมายถึง พอใช้
- 7-9 คะแนน ระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ดี
- 10-12 คะแนน ระดับคุณภาพ 4 หมายถึง ดีมาก

## แผนการจัดการเรียนรู้ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ชื่อ พลังงานความร้อน  
 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร (ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ)  
 เวลาสอน 100 นาที  
 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ว21103  
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

ตัวชี้วัด ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร เนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน

### 3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ความร้อนทำให้สสารขยายตัวหรือหดตัวได้ เนื่องจากเมื่อสสารได้รับความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัว แต่เมื่อสสารคายความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้เกิดการหดตัว

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ความรู้ (K)

- อธิบายผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ

#### ทักษะ/กระบวนการ (P)

- ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และคำนึงถึงเชิงปฏิบัติการได้
- ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ

#### คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)

- ใฝ่เรียนรู้
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- มีจิตสาธารณะ
- มีวินัย

## 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการสื่อสาร
- ความสามารถในการคิด
- ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- มีจิตวิทยาศาสตร์ (ความอยากรู้อยากเห็น, มุ่งมั่นอดทน)

## 6. สาระการเรียนรู้

เมื่ออนุภาคของแก๊สได้รับความร้อน จะพลังงานเพิ่มขึ้น เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น แต่เมื่ออนุภาคของแก๊สสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้เคลื่อนที่ได้ช้าลงและมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้แก๊สหดตัวมีปริมาตรลดลง

เมื่ออนุภาคของของเหลวได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็ว มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง ของเหลวจึงมีการขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออนุภาคของของเหลวสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้เคลื่อนที่ได้ช้าลงและมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้ของเหลวหดตัวมีปริมาตรลดลง

เมื่ออนุภาคของของแข็งได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้สั่นเร็วขึ้น มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง แต่เมื่ออนุภาคของของแข็งสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้สั่นช้าลง และมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้ของแข็งหดตัวมีปริมาตรลดลง การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของสสารในสถานะของแข็งจึงมีขนาดน้อยกว่าสสารในสถานะของเหลวและแก๊ส

## 7. ภาระงาน/ชิ้นงานที่แสดงผลการเรียนรู้

7.1 กิจกรรมที่ 5 ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ

## 8. กิจกรรมการเรียนรู้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

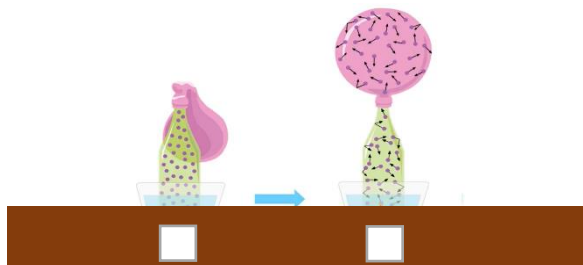
### 8.1 การเรียนรู้แบบออนไลน์ (เรียนผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน) 50 นาที

- โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
1. เข้าสู่แอปพลิเคชัน กดเข้าสู่ระบบ
  2. เลือกบทเรียนและเรื่องที่จะเรียน
  3. เริ่มเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้

### 8.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

8.1.1.1 ให้นักเรียนสังเกตภาพ และเลือกตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. ทำเครื่องหมายถูกต้องหน้าเหตุการณ์ที่แสดงว่า เมื่ออากาศได้รับความร้อน



2. ทำเครื่องหมายถูกต้องหน้าเหตุการณ์ที่แสดงว่า เมื่ออากาศสูญเสียความร้อน



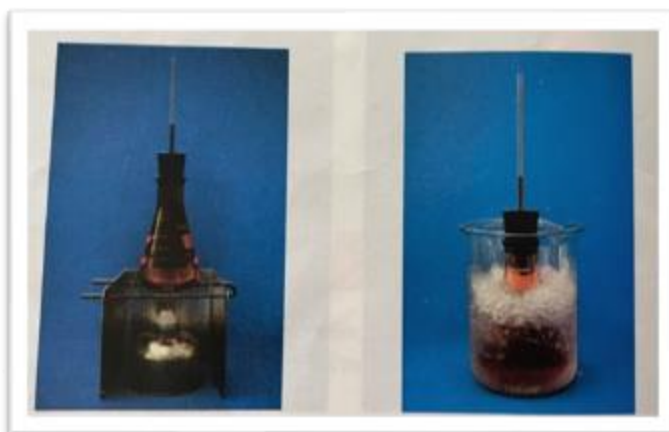
### 8.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

8.1.2.1 ศึกษาใบกิจกรรมที่ครูเตรียมไว้ให้ควบคู่กับแอปพลิเคชัน

8.1.2.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 5 ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ

โดยให้นักเรียนดูรูปภาพและคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเตรียมการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรและคำนิยามเชิงปฏิบัติการของการทดลอง โดยการเลือกตอบจากข้อความที่ครูกำหนดให้

จากรูปภาพนักเรียนคิดว่า : เมื่อนำน้ำสีไปแช่ในน้ำร้อนหรือให้ความร้อนและนำไปแช่ในน้ำแข็งหรือให้ความเย็นผลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำสีจะแตกต่างกันหรือไม่



1. การตั้งสมมติฐาน : เมื่อของเหลวได้รับความร้อนระดับขีดของน้ำสีจะ \_\_\_\_\_ (ต่ำลง/สูงขึ้น) และเมื่อนำไปวางไว้ในน้ำแข็งหรือทำให้ของเหลวสูญเสียความร้อนระดับขีดของน้ำสีจะ \_\_\_\_\_ (ต่ำลง/สูงขึ้น)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น : \_\_\_\_\_ (อุณหภูมิความร้อนและความเย็น)

ตัวแปรตาม : \_\_\_\_\_ (การขยายตัวและการหดตัวของน้ำสีหรือของเหลว)

ตัวแปรควบคุม : \_\_\_\_\_ (ระดับเริ่มต้นของน้ำสี / มวลของน้ำสี / ระยะเวลาที่ให้ความร้อนและความเย็น)

3. นิยามเชิงปฏิบัติการ : \_\_\_\_\_ (การขยายตัวและการหดตัวคือการที่น้ำได้รับความร้อนจะเกิดขยายตัวระดับน้ำในหลอดจะสูงขึ้นและเมื่อได้รับความเย็นจะเกิดการหดตัวระดับน้ำในหลอดจะลดลง/การขยายตัวหมายถึงการที่น้ำสีในหลอดจะสูงขึ้น การหดตัวหมายถึงการที่น้ำสีในหลอดจะลดลง)

เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

โดยในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

**วัสดุ/อุปกรณ์ :**

1. ขวดแก้วหรือขวดพลาสติก
2. ปีกเกอร์ ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
3. ลูกโป่ง
4. ชั้นพลาสติก
5. ขวดรูปกรวย ขนาด 125 cm<sup>3</sup>
6. น้ำสี
7. หลอดแก้วนำแก๊ส
8. จุกยางเจาะรู
9. น้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 80%
10. น้ำแข็ง
11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
12. วงแหวนและลูกกลมโลหะ

(แสดงอุปกรณ์เหล่านี้เป็นรูปภาพและมีชื่อตามนี้บนที่เก็บอุปกรณ์)

ให้นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

**วิธีการทดลอง (แสดงในใบกิจกรรม)**

1. ใส่น้ำสีลงในขวดรูปกรวย 2 ใบจนเต็ม
2. เสียบหลอดนำแก๊สลงในจุกยางแล้วนำไปปิดขวดรูปกรวยให้แน่น อย่าให้มีฟองอากาศภายในรูปขวดกรวย
3. ขยับจุกยาง ให้ระดับของน้ำสีในหลอดแก้วนำแก๊สสูงจากจุกยางประมาณ 2-3 เซนติเมตรเท่ากัน บันทึกระดับความสูงของน้ำสี
4. จากนั้นให้ความร้อนแก่ขวดรูปกรวยใบที่ 1 ส่วนอีกใบหนึ่งนำไปแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 3 นาทีเท่ากัน สังเกตและวัดระดับความสูงของน้ำสี สังเกตและบันทึกผล

### 8.1.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

8.1.3.1 ให้นักเรียนพิมพ์ข้อความสรุปผลการทดลองลงไปในช่วงที่กำหนดให้ โดยสรุปผลการทดลองดังต่อไปนี้

“เมื่อน้ำสีหรือของเหลวได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัว ระดับของเหลวในหลอดนำแก๊สจะสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อน้ำสีหรือของเหลวสูญเสียความร้อนจะมีปริมาตรลดลงและหดตัว ระดับของเหลวในหลอดนำแก๊สจะลดต่ำลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของสสาร”

## 8.2 การเรียนรู้แบบออฟไลน์ (เรียนที่ห้องเรียน) 50 นาที

### 8.2.1 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย จากนั้นเปรียบเทียบผลการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคนในห้องเรียนที่ได้เรียนผ่านแอปพลิเคชัน ว่าผลการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร

- นำข้อมูลไปวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการจัดเรียงอนุภาคของน้ำในขวดรูปกรวยเมื่อให้ความร้อนและนำไปแช่ในน้ำแข็งตามลำดับ

- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน เป็นรายบุคคล

- ครูให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป แนวคำตอบ (เมื่อน้ำสีหรือของเหลวได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัว ระดับของเหลวในหลอดนำแก๊สจะสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อน้ำสีหรือของเหลวสูญเสียความร้อนจะมีปริมาตรลดลงและหดตัว ระดับของเหลวในหลอดนำแก๊สจะลดต่ำลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของสสาร)

### 8.2.2 ชั้นประเมิน (Evaluation)

- ครูประเมินผลนักเรียนจากการตอบคำถาม การร่วมกิจกรรม การอภิปราย และการทำกิจกรรม

## 9. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

9.1 ใบความรู้ เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร (ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ)

9.2 สื่อ โมบายล์แอปพลิเคชันเรื่อง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ

9.3 ใบกิจกรรมเรื่อง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ



## 10. การ วัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเด็นการพิจารณา	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้ความรู้ (K)</b> - อธิบายผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ	- ประเมินจากการทำกิจกรรมท้ายบท การตอบคำถาม และการคำนวณ	- แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการ (P)</b> - ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และค่านิยามเชิงปฏิบัติการได้ - ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของน้ำ	- ประเมินจากการทำกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง	- แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดีมาก 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
<b>จุดประสงค์การเรียนรู้คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)</b> 1. ใฝ่เรียนรู้ 2. มุ่งมั่นในการทำงาน 3. มีจิตสาธารณะ 4. มีวินัย	- ประเมินจากพฤติกรรมของผู้เรียน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (รายบุคคล)	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

แบบประเมินการนำเสนอโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบ RUBRIC SCORE

ระดับคะแนนสิ่งที่ประเมิน	4 คะแนน (ดีมาก)	3 คะแนน (ดี)	2 คะแนน (พอใช้)	1 คะแนน (ควรปรับปรุง)
ความถูกต้องของเนื้อหา	ตอบคำถาม ถูกต้อง 90-100%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 70-80%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 50-60%	ตอบคำถาม ถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
การใช้ภาษา	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 90-100%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 70-80%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 50-60%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
ความตรงต่อเวลา	ส่งงานตามเวลา ที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 1-2 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 3-4 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 5 วัน ขึ้นไป

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 0-3 คะแนน ระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ปรับปรุง
- 4-6 คะแนน ระดับคุณภาพ 2 หมายถึง พอใช้
- 7-9 คะแนน ระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ดี
- 10-12 คะแนน ระดับคุณภาพ 4 หมายถึง ดีมาก

## แผนการจัดการเรียนรู้ 6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ชื่อ.....พลังงานความร้อน.....  
 เรื่อง.....ความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร (ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง)  
 เวลาสอน.....100.....นาที  
 กลุ่มสาระการเรียนรู้.....วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....วิชา.....วิทยาศาสตร์พื้นฐาน.....รหัสวิชา.....ว21103.....  
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....1.....ภาคเรียนที่.....1.....ปีการศึกษา.....2565.....

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

ตัวชี้วัด ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร เนื่องจากได้รับหรือสูญเสียความร้อน

### 3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

ความร้อนทำให้สสารขยายตัวหรือหดตัวได้ เนื่องจากเมื่อสสารได้รับความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัว แต่เมื่อสสารคายความร้อนจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้เกิดการหดตัว

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ความรู้ (K)

- อธิบายผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง

#### ทักษะ/กระบวนการ (P)

- ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และคำนึงถึงเชิงปฏิบัติการได้
- ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง

#### คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)

- ใฝ่เรียนรู้
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- มีจิตสาธารณะ
- มีวินัย

## 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- ความสามารถในการสื่อสาร
- ความสามารถในการคิด
- ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- มีจิตวิทยาศาสตร์ (ความอยากรู้อยากเห็น, มุ่งมั่นอดทน)

## 6. สารการเรียนรู้

เมื่ออนุภาคของแก๊สได้รับความร้อน จะพลังงานเพิ่มขึ้น เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น แต่เมื่ออนุภาคของแก๊สสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้เคลื่อนที่ได้ช้าลงและมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้แก๊สหดตัวมีปริมาตรลดลง

เมื่ออนุภาคของของเหลวได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็ว มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง ของเหลวจึงมีการขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออนุภาคของของเหลวสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้เคลื่อนที่ได้ช้าลงและมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้ของเหลวหดตัวมีปริมาตรลดลง

เมื่ออนุภาคของของแข็งได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้สั่นเร็วขึ้น มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง แต่เมื่ออนุภาคของของแข็งสูญเสียความร้อนจะมีพลังงานลดลง ทำให้สั่นช้าลง และมีระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลง จึงทำให้ของแข็งหดตัวมีปริมาตรลดลง การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของสสารในสถานะของแข็งจึงมีขนาดน้อยกว่าสสารในสถานะของเหลวและแก๊ส

## 7. ภาระงาน/ชิ้นงานที่แสดงผลการเรียนรู้

7.1 กิจกรรมที่ 6 ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง

## 8. กิจกรรมการเรียนรู้

### 8.1 การเรียนรู้แบบออนไลน์ (เรียนผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน) 50 นาที

- โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
1. เข้าสู่แอปพลิเคชัน กดเข้าสู่ระบบ
  2. เลือกบทเรียนและเรื่องที่จะเรียน
  3. เริ่มเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้

### 8.1.1 ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

8.1.1.1 ให้นักเรียนสังเกตภาพ และเลือกตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. ทำเครื่องหมายถูกต้องหน้าเหตุการณ์ที่แสดงว่า เมื่อน้ำหรือของเหลวได้รับความร้อน



2. ทำเครื่องหมายถูกต้องหน้าเหตุการณ์ที่แสดงว่า เมื่อน้ำหรือของเหลวสูญเสียความร้อน



### 8.1.2 ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

8.1.2.1 ศึกษาใบกิจกรรมที่ครูเตรียมไว้ให้ควบคู่กับแอปพลิเคชัน

8.1.2.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 6 ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง

โดยให้นักเรียนดูรูปภาพและคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเตรียมการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรและคำนิยามเชิงปฏิบัติการของการทดลอง โดยการเลือกตอบจากข้อความที่ครูกำหนดให้

จากรูปภาพนักเรียนคิดว่า : เมื่อนำลูกเหล็กไปให้ความร้อนและนำไปแช่ในน้ำแข็ง และนำไป  
ลวดวงแหวนเหล็ก ผลการเปลี่ยนแปลงของลูกเหล็กและการลวดวงแหวนเหล็กจะเป็นอย่างไร



- การตั้งสมมติฐาน : เมื่อนำลูกเหล็กได้รับความร้อนลูกเหล็กจะเกิดการ \_\_\_\_\_ (ขยายตัว/หดตัว)  
และเมื่อนำลูกเหล็กสูญเสียความร้อนลูกเหล็กจะเกิดการ \_\_\_\_\_ (ขยายตัว/หดตัว)
- ตัวแปรที่ศึกษา
  - ตัวแปรต้น : \_\_\_\_\_ (อุณหภูมิความร้อนและความเย็น)
  - ตัวแปรตาม : \_\_\_\_\_ (การขยายตัวและการหดตัวของลูกเหล็กหรือของแข็ง)
  - ตัวแปรควบคุม : \_\_\_\_\_ (ขนาดของห่วง/ระยะเวลาที่ให้ความร้อนและความเย็น)
- นิยามเชิงปฏิบัติการ : \_\_\_\_\_ (ลูกเหล็กหรือของแข็ง เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว  
เมื่อสูญเสียความร้อนจะหดตัว/การขยายตัวหมายถึงการที่ลูกเหล็กจะไม่สามารถลวดวงแหวนได้ การหด  
ตัวหมายถึงการที่ลูกเหล็กสามารถลวดวงแหวนได้)

### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือน  
จริง

โดยในห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

#### วัสดุ/อุปกรณ์ :

1. ขวดแก้วหรือขวดพลาสติก
2. บีกเกอร์ ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
3. ลูกโป่ง
4. ชั้นพลาสติก
5. ขวดรูปกรวย ขนาด 125 cm<sup>3</sup>
6. น้ำสี
7. หลอดแก้วนำแก๊ส

8. จุกยางเจาะรู
  9. น้ำร้อน อุณหภูมิประมาณ 80%
  10. น้ำแข็ง
  11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
  12. วงแหวนและลูกกลมโลหะ
- (แสดงอุปกรณ์เหล่านี้เป็นรูปภาพและมีชื่อตามนี้บนที่เก็บอุปกรณ์)

ให้นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### วิธีการทดลอง (แสดงในใบกิจกรรม)

1. นำลูกเหล็กลอดผ่านวงแหวนเหล็ก สังเกตการเคลื่อนที่ของลูกเหล็กผ่านวงแหวนเหล็ก  
บันทึกผล
2. ให้ความร้อนแก่ลูกเหล็กโดยใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ประมาณ 2 นาที
3. นำลูกเหล็กที่ได้ผ่านความร้อนมาลอดวงแหวนเหล็กอีกครั้ง สังเกตการเคลื่อนที่ลูกกลมเหล็ก  
ผ่านวงแหวนเหล็ก บันทึกผล
4. นำลูกเหล็กไปแช่น้ำประมาณ 2 นาที
5. นำลูกเหล็กที่ถูกทำให้เย็นลอดผ่านวงแหวนเหล็กอีกครั้ง สังเกตการเคลื่อนที่ลูกกลมเหล็ก  
ผ่านวงแหวนเหล็ก บันทึกผล

### 8.1.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

8.1.3.1 ให้นักเรียนพิมพ์ข้อความสรุปผลการทดลองลงไปในช่วงที่กำหนดให้ โดยสรุปผลการทดลองดังต่อไปนี้

“เมื่อลูกเหล็กได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัว ทำให้ลูกกลมเหล็กไม่สามารถลอดผ่านวงแหวนเหล็กได้ ในทางตรงกันข้ามเมื่อลูกเหล็กสูญเสียความร้อนจะมีปริมาตรลดลงและหดตัว ซึ่งทำให้ลูกกลมเหล็กสามารถลอดผ่านวงแหวนเหล็กได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของสสาร”

## 8.2 การเรียนรู้แบบออฟไลน์ (เรียนที่ห้องเรียน) 50 นาที

### 8.2.1 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)

- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย จากนั้นเปรียบเทียบผลการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน ในห้องเรียนที่ได้เรียนผ่านแอปพลิเคชัน ว่าผลการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร

- นำข้อมูลไปวาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของลูกกลมเหล็กเมื่อให้ความร้อนและนำไปแช่ในน้ำแข็งตามลำดับ และนำไปทดลองหาเพื่อตรวจสอบการหดตัวและการขยายตัวของลูกเหล็ก
- นักเรียนนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน เป็นรายบุคคล
- ครูให้นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุป แนวคำตอบ (เมื่อลูกเหล็กได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัว ทำให้ลูกกลมเหล็กไม่สามารถลอดผ่านวงแหวนเหล็กได้ ในทางตรงกันข้ามเมื่อลูกเหล็กสูญเสียความร้อนจะมีปริมาตรลดลงและหดตัว ซึ่งทำให้ลูกกลมเหล็กสามารถลอดผ่านวงแหวนเหล็กได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคของสสาร)

### 8.2.2 ชั้นประเมิน (Evaluation)

- ครูประเมินผลนักเรียนจากการตอบคำถาม การร่วมกิจกรรม การอภิปราย และการทำกิจกรรม

## 9. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

- 9.1 ใบความรู้ เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร (ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง)
- 9.2 สื่อ โมบายล์แอปพลิเคชันเรื่อง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง
- 9.3 ใบกิจกรรมเรื่อง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง

## 10. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ประเด็นการพิจารณา	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
จุดประสงค์การเรียนรู้ความรู้ (K) - อธิบายผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง	- ประเมินจากการทำกิจกรรมท้ายบท การตอบคำถาม และการคำนวณ	- แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง
จุดประสงค์การเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการ (P) - ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และค่านิยามเชิงปฏิบัติการได้ - ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแข็ง	- ประเมินจากการทำกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมือนจริง	- แบบประเมินการนำเสนอโดยการประเมินแบบ RUBRIC SCORE	4 = ดีมาก 3 = ดีมาก 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง



<p><b>จุดประสงค์การเรียนรู้คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม (A)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใฝ่เรียนรู้</li> <li>2. มุ่งมั่นในการทำงาน</li> <li>3. มีจิตสาธารณะ</li> <li>4. มีวินัย</li> </ol>	<p>- ประเมินจาก พฤติกรรมของผู้เรียน</p>	<p>- แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์ (รายบุคคล)</p>	<p>4 = ดีมาก 3 = ดี 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง</p>
--	---	--	---



แบบประเมินการนำเสนอโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบ RUBRIC SCORE

ระดับคะแนนสิ่งที่ประเมิน	4 คะแนน (ดีมาก)	3 คะแนน (ดี)	2 คะแนน (พอใช้)	1 คะแนน (ควรปรับปรุง)
ความถูกต้องของเนื้อหา	ตอบคำถาม ถูกต้อง 90-100%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 70-80%	ตอบคำถาม ถูกต้อง 50-60%	ตอบคำถาม ถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
การใช้ภาษา	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 90-100%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 70-80%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง 50-60%	ใช้คำเหมาะสม และเขียนสะกด คำถูกต้อง ต่ำกว่า 50%
ความตรงต่อเวลา	ส่งงานตามเวลา ที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 1-2 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 3-4 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 5 วัน ขึ้นไป

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 0-3 คะแนน ระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ปรับปรุง
- 4-6 คะแนน ระดับคุณภาพ 2 หมายถึง พอใช้
- 7-9 คะแนน ระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ดี
- 10-12 คะแนน ระดับคุณภาพ 4 หมายถึง ดีมาก



แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### ทักษะการตั้งสมมติฐาน

ตารางต่อไปนี้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากเทียนไข

จำนวนเวลา	อุณหภูมิของน้ำ
30 วินาที	28 องศาเซลเซียส
1 นาที	29 องศาเซลเซียส
1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส
2 นาที	31 องศาเซลเซียส
2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส
3 นาที	32 องศาเซลเซียส

1. นักเรียนจะตั้งสมมติฐานได้อย่างไร ที่ให้สอดคล้องกับผลการทดลองดังตาราง

ก. เมื่อเวลาที่เพิ่มขึ้นอุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น

ข. เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเวลาจะเริ่มลดลง

ค. เมื่อเวลาที่เพิ่มขึ้นอุณหภูมิของน้ำจะลดลง

ง. เมื่อเวลาที่แตกต่างกันอุณหภูมิของน้ำจะเท่ากัน

2. ถ้าต้องการทดลองว่า สารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิเป็นอย่างไรในเวลาเดียวกัน

ควรตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

ก. สารที่ต่างชนิดกันจะทำให้อุณหภูมิของสารคงที่

ข. สารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนอุณหภูมิของสารจะแตกต่างกัน

ค. สารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนอุณหภูมิของสารจะไม่เปลี่ยนแปลง

ง. อุณหภูมิของสารที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความร้อนเท่านั้นไม่เกี่ยวข้องกับตัวสาร

3. “สนใจต้องการทดสอบอุณหภูมิของน้ำ ทั้งหมดจำนวน 2 ปีกเกอร์ ให้ความร้อนโดยเทียนไข โดยปีกเกอร์ใบที่ 1 ได้รับความร้อนจากเทียนไข 1 เล่ม และปีกเกอร์ใบที่ 2 ได้รับความร้อนจากเทียนไข 2 เล่ม” สมใจควรจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

ก. จำนวนเทียนไขมากกว่าจะทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงกว่า

ข. จำนวนเทียนไขที่มีความแตกต่างกันจะทำให้อุณหภูมิของน้ำเท่ากัน

ค. อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นไม่เกี่ยวข้องกับจำนวนเทียนไข

ง. อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเกี่ยวข้องกับระดับน้ำที่แตกต่างกัน

4. “สมจิตร นำขวดน้ำมาทั้งหมด 2 ขวด ขวดที่ 1 บรรจุน้ำมีมวลเท่ากับ 50 กรัม ขวดที่ 2 บรรจุน้ำมีมวลเท่ากับ 100 กรัม เมื่อนำไปเทลงในปิกเกอร์และให้ความร้อนด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ ผลปรากฏว่า ขวดที่ 1 ที่อยู่ในปิกเกอร์ใบที่ 1 มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ขวดใบที่ 2 ที่อยู่ในปิกเกอร์ใบที่ 2 มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส” นักเรียนจะตั้งสมมติฐานนี้ว่าอย่างไร

- ก. มวลของน้ำที่น้อยกว่าอุณหภูมิจะต่ำกว่า
- ข. มวลของน้ำที่มากกว่าอุณหภูมิจะสูงกว่า
- ค. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ

ง. มวลของน้ำที่น้อยกว่าอุณหภูมิจะสูงกว่า

5. สมฤดี นำลูกโป่งครอบปากขวดที่มีอากาศอยู่ข้างในแล้วนำไปให้ความร้อนโดยไปแช่ในน้ำร้อน และให้สูญเสียน้ำร้อน โดยนำไปแช่น้ำแข็ง สมฤดีต้องการอยากรู้ว่าถึงการขยายตัวและหดตัวของอากาศนักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

ก. อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะมีการขยายตัวหรือพองตัวและเมื่อสูญเสียน้ำร้อนจะมีการหดตัว

ข. อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะมีการหดตัวและเมื่อสูญเสียน้ำร้อนจะมีการหดตัว

ค. การขยายตัวและหดตัวของอากาศไม่ขึ้นอยู่กับความร้อนและความเย็น

ง. อากาศมีการเปลี่ยนแปลงได้เพราะขึ้นอยู่กับลูกโป่ง

#### ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ

1. ข้อใดไม่จำเป็นต้องกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ก. ความร้อน

ข. ของเหลว

ค. เทียนไข

ง. ของแข็ง

2. นิยามเชิงปฏิบัติการ ของคำว่า ความร้อน คือข้อใด

ก. จุดเดือด

ข. อุณหภูมิที่ต่ำลงเมื่อได้รับจากแหล่งพลังงานความร้อน

ค. จุดที่สามารถทำให้ถึงจุดเยือกแข็ง

ง. อุณหภูมิที่สูงขึ้นเมื่อได้รับจากแหล่งพลังงานความร้อน

3. นิยามเชิงปฏิบัติการ ของคำว่า อุณหภูมิ คือข้อใด
  - ก. ปริมาณที่เทอร์มอมิเตอร์ที่วัดค่าได้
  - ข. ปริมาณความร้อนคงที่
  - ค. ปริมาณความเย็นคงที่
  - ง. การปรับเปลี่ยนตัวเลข
4. ข้อใดจำเป็นต้องกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
  - ก. เทียนไข
  - ข. ตะเกียงแอลกอฮอล์
  - ค. มวลของน้ำ
  - ง. น้ำ
5. การทดลองต้องการทราบ “สารชนิดใดที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น” นักเรียนจะกำหนดความหมายของคำว่า “อุณหภูมิสูงขึ้น” ว่าอย่างไร
  - ก. อุณหภูมิสูงขึ้นขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ
  - ข. อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งให้ความร้อน
  - ค. อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อสูญเสียความร้อน
  - ง. อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามอากาศ

#### ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

1. การทดลองหาอุณหภูมิของสสาร โดยมีสสารทั้งหมด 3 ชนิด เมื่อให้ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ ตัวแปรต้นของการทดลองนี้ข้อใด
  - ก. ตัวแปรต้น คือ ความร้อนของสสาร
  - ข. ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิของสสาร
  - ค. ตัวแปรต้น คือ สสารทั้ง 3 ชนิด
  - ง. ตัวแปรต้น คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์
2. การทดลองหาอุณหภูมิของสสาร โดยมีสสารทั้งหมด 3 ชนิด เมื่อให้ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ ตัวแปรตามของการทดลองนี้ข้อใด
  - ก. ตัวแปรตาม คือ สสารทั้ง 3 ชนิด
  - ข. ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิของสสาร
  - ค. ตัวแปรตาม คือ ความร้อนของสสาร
  - ง. ตัวแปรตาม คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์

3. การทดลองหาอุณหภูมิของสสาร โดยมีสสารทั้งหมด 3 ชนิด เมื่อให้ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ ตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้ข้อใด
  - ก. ตัวแปรควบคุม คือ สสารทั้ง 3 ชนิด
  - ข. ตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิของสสาร
  - ค. ตัวแปรควบคุม คือ ความร้อนของสสาร
  - ง. **ตัวแปรควบคุม คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์**
4. จากการทดลองเรื่องมวลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือไม่ เพื่อต้องการพิสูจน์ว่า “มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหรือไม่” ตัวแปรต้นคือข้อใด
  - ก. ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิของน้ำ
  - ข. ตัวแปรต้น คือ ความร้อนของน้ำ
  - ค. **ตัวแปรต้น คือ มวลของน้ำ**
  - ง. ตัวแปรต้น คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์
5. จากการทดลองเรื่องมวลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือไม่ เพื่อต้องการพิสูจน์ว่า “มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหรือไม่” ตัวแปรตามคือข้อใด
  - ก. **ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิของน้ำ**
  - ข. ตัวแปรตาม คือ ความร้อนของน้ำ
  - ค. ตัวแปรตาม คือ มวลของน้ำ
  - ง. ตัวแปรตาม คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์

#### ทักษะการทดลอง

1. เพื่อต้องการทดสอบว่า “ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่” ควรทำออกแบบการทดลองโดยวิธีใด
  - ก. **ออกแบบการทดลองโดย ใช้สสารที่มีแตกต่างกันทั้งหมด และให้ความร้อนแก่สสารดังกล่าว**
  - ข. ออกแบบการทดลองโดย ใช้สสารชนิดเดียวกันแต่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน
  - ค. ออกแบบการทดลองโดย ใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ที่มีความแตกต่างกันในการให้ความร้อน
  - ง. ออกแบบการทดลองโดย ใช้สสารที่มีความเหมือนกัน และให้ความร้อนแก่สสารในอุณหภูมิที่เหมาะสม
2. เพื่อต้องการทดสอบว่า “ชนิดของเทียนไข มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร” ควรเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ใดเพื่อต้องการทดสอบดังกล่าว
  - ก. **เทียนไข**
  - ข. ตะเกียงแอลกอฮอล์

- ค. สสารของแข็ง
- ง. พลังงานความร้อน
3. การทดลองเรื่องมวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่ สิ่งใดที่เราควรกำหนดให้แตกต่างกันในการทดลองนี้
- ก. อุณหภูมิของน้ำ
- ข. การให้ความร้อน
- ค. มวลของน้ำ
- ง. การเปลี่ยนแปลงของน้ำ
4. ในการทดลองเพื่อศึกษา “จำนวนของเทียนไขมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่” ใช้วิธีการทดลองโดยการใส่เทียนไขที่มีจำนวนแตกต่างกันในการให้ความร้อนในแต่ละบีกเกอร์ ถ้ากำหนดให้จำนวนเทียนไขในแต่ละเล่ม มีการให้ความร้อนที่คงที่และเท่ากัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นผลที่เกิดจากเงื่อนไขดังกล่าว
- ก. บีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไขที่มีจำนวนเทียนไขมากกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในเวลาเดียวกัน
- ข. บีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไขที่มีจำนวนเทียนไขน้อยกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในเวลาเดียวกัน
- การให้ความร้อน
- ค. บีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไขที่มีจำนวนเทียนไขมากกว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในเวลาเดียวกัน
- ง. บีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไขที่แตกต่างกันจะมีอุณหภูมิที่เท่ากันในเวลาเดียวกัน
5. ถ้าต้องการทดลองหาคำตอบว่า “ผลของความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศ” นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ใดในการทดลอง
- ก. นำตะเกียงแอลกอฮอล์มาให้ความร้อนแก่ลูกโป่งโดยตรง
- ข. นำลูกโป่งมาครอบที่ปากขวด เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอากาศภายใน
- ค. นำลูกโป่งไปแช่ในน้ำแข็ง
- ง. นำลูกโป่งไปแช่ในน้ำร้อน

### ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ตารางต่อไปนี้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากเทียนไข

จำนวนเวลา	อุณหภูมิของน้ำ
30 วินาที	28 องศาเซลเซียส
1 นาที	29 องศาเซลเซียส
1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส
2 นาที	31 องศาเซลเซียส
2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส
3 นาที	32 องศาเซลเซียส



1. จากตารางบันทึกผลการทดลองนี้ ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

- ก. เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของน้ำก็สูงขึ้น
- ข. เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของน้ำก็จะลดลง
- ค. อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่เวลาไม่เปลี่ยนแปลง
- ง. อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่เวลาจะลดลง

ตารางต่อไปนี้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของสสารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อน

จำนวนเวลา	อุณหภูมิของสสาร A	อุณหภูมิของสสาร B
30 วินาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส
1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส
1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส
2 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส
2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส	33 องศาเซลเซียส
3 นาที	32 องศาเซลเซียส	34 องศาเซลเซียส

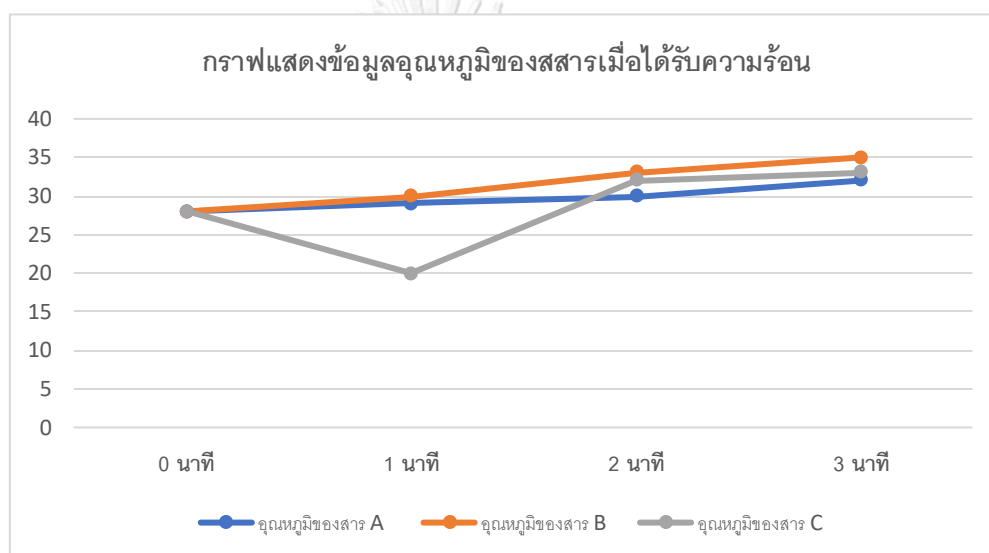
2. จากตารางบันทึกผลการทดลองนี้ ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

- ก. อุณหภูมิของสสาร A สูงกว่าอุณหภูมิของสสาร B ในเวลา 30 วินาที
- ข. อุณหภูมิของสสาร A สูงกว่าอุณหภูมิของสสาร B ในเวลา 3 นาที
- ค. อุณหภูมิของสสาร A ต่ำกว่าอุณหภูมิของสสาร B ในเวลา 2 นาที
- ง. อุณหภูมิของสสาร A ต่ำกว่าอุณหภูมิของสสาร B ในเวลา 30 วินาที
- จ.

ตารางต่อไปนี้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการขยายตัวและการหดตัวเมื่อได้รับความร้อนและสูญเสียความร้อน

สถานะ	ได้รับความร้อน	สูญเสียความร้อน
ของแข็ง	ขยายตัว	หดตัว
ของเหลว	ขยายตัว	หดตัว
แก๊ส	ขยายตัว	หดตัว

3. ตารางบันทึกผลการทดลองนี้ ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง
- สสารทั้ง 3 สถานะ เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวและเมื่อสูญเสียความร้อนจะเกิดการหดตัว
  - การขยายตัวของสสารเกิดขึ้นได้ต้องมีการสูญเสียความร้อนเท่านั้น
  - อุณหภูมิของสสารที่ทำให้เกิดการขยายตัวและหดตัวต้องเป็นอุณหภูมิที่สูงมาก
  - การหดตัวของสสารทั้ง 3 สถานะ จะต้องมีการได้รับความร้อนที่สูง
4. ข้อใดแปรความหมายจากกราฟได้ถูกต้อง



- สาร A เมื่อได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิของสารสูงมากกว่าสาร B และ C
  - สาร B เมื่อได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิของสารสูงมากกว่าสาร A และ C
  - สาร C เมื่อได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิของสารสูงมากกว่าสาร B และ A
  - สารแต่ละชนิดมีอุณหภูมิเท่ากันในเวลาเดียวกัน
5. จากการทดลอง เมื่อนำน้ำสีหรือของเหลวให้ได้รับความร้อน สังเกตเห็นระดับของเหลวในหลอดนำแก้วจะสูงขึ้น จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าอย่างไร
- ของเหลวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัว
  - ของเหลวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและหดตัว
  - ของเหลวมีปริมาตรลดลงและขยายตัว
  - ของเหลวมีปริมาตรลดลงและหดตัว

### ทักษะการสร้างแบบจำลอง

1. นักเรียนคิดว่าแบบจำลองใด เหมาะสมกับนำเสนอข้อมูลดังรูป

จำนวนเวลา	อุณหภูมิของสสาร A	อุณหภูมิของสสาร B
30 วินาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส
1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส
1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส
2 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส
2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส	33 องศาเซลเซียส
3 นาที	32 องศาเซลเซียส	34 องศาเซลเซียส

ก. นำเสนอในรูปแบบสร้างแบบจำลองโดยใช้วัสดุอุปกรณ์

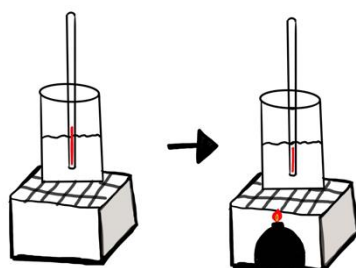
ข. นำเสนอในรูปแบบกราฟแผนภูมิแท่ง

ค. นำเสนอในรูปแบบบรรยาย

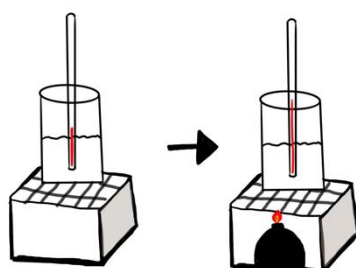
ง. นำเสนอในรูปแบบวาดภาพ

2. ภาพในข้อใดต่อไปนี้ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสารเมื่อได้รับความร้อนได้ถูกต้อง

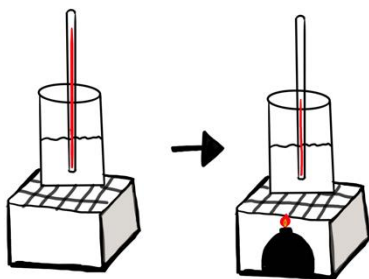
ก.



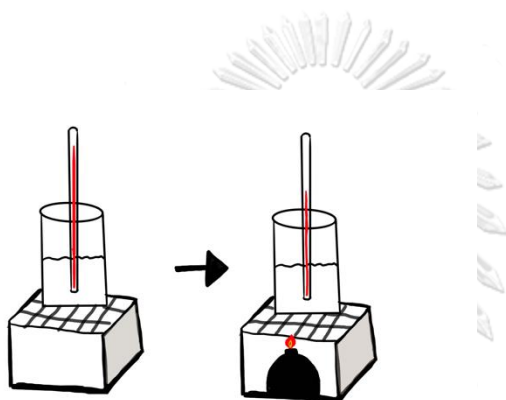
ข.



ค.



ง.



3. นักเรียนคิดว่าแบบจำลองใด เหมาะสมกับนำเสนอข้อมูลดังตาราง

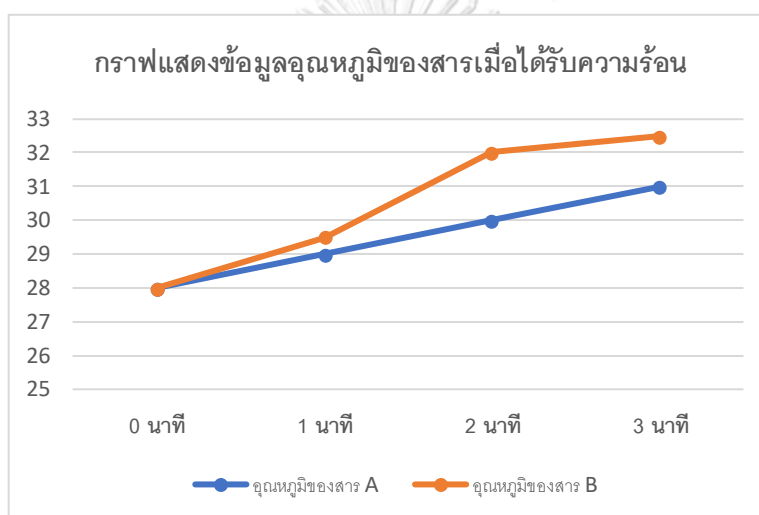
สถานะ	ได้รับความร้อน	สูญเสียความร้อน
ของแข็ง	ขยายตัว	หดตัว
ของเหลว	ขยายตัว	หดตัว
แก๊ส	ขยายตัว	หดตัว

- ก. นำเสนอในรูปแบบแผนสถิติ
- ข. นำเสนอในรูปแบบกราฟแผนภูมิแท่ง
- ค. นำเสนอในรูปแบบกราฟแผนภูมิวงกลม
- ง. นำเสนอในรูปแบบวาดภาพหรือสร้างแบบจำลอง

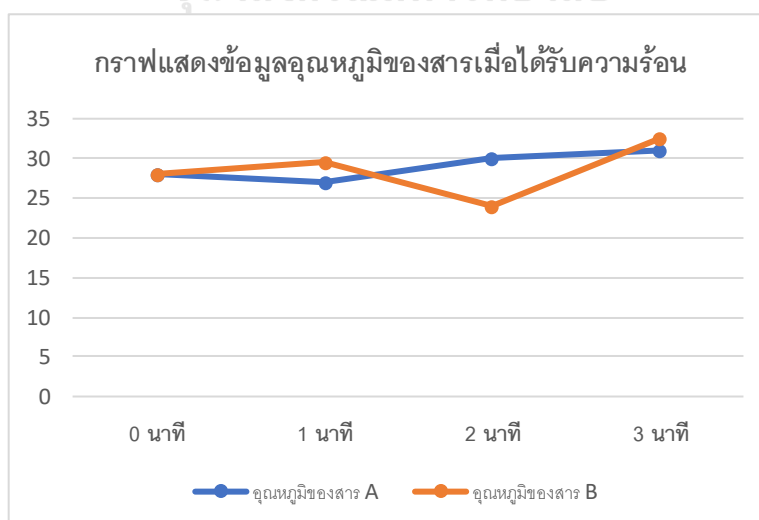
4. ข้อมูลดังตาราง เมื่อนำไปทำเป็นกราฟข้อใดนำเสนอในรูปแบบของกราฟได้ถูกต้อง

จำนวนเวลา	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B
0 นาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส
1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส
2 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส
3 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส

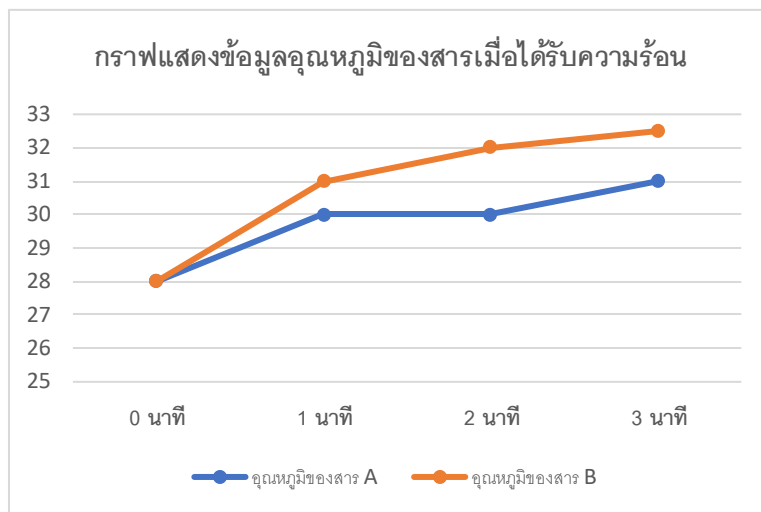
ก.



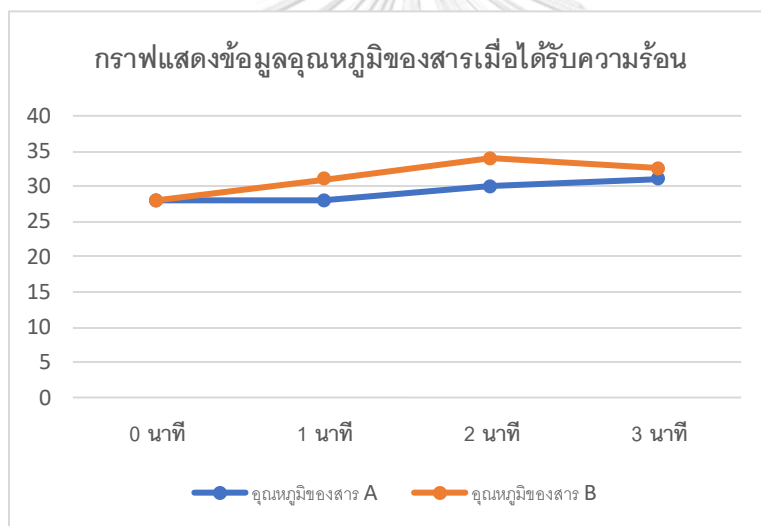
ข.



ค.



ง.



5. แบบจำลองใดแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของสสาร จากของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลว



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY



แบบสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์  
ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน  
มัธยมศึกษาตอนต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



## แบบสำรวจความพึงพอใจ

เรื่อง ความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

---

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่องการออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน ที่มีต่อห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ขอความอนุเคราะห์ท่านตอบแบบสอบถามครบทุกข้อ เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์ และมีคุณค่าต่อการนำไปใช้ในการออกแบบ พัฒนา ศึกษาค้นคว้า และนำไปพัฒนาห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์มา ณ  
ที่นี้

นายณัฐพล สิงสุข

นิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

### ตอนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

1. เพศ  (1) ชาย  (2) หญิง

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์  
ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน  
มัธยมศึกษาตอนต้น

คำชี้แจง ท่านเห็นด้วยกับข้อความต่อไปนี้ระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย					
2	มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน					
3	มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ตนเองเบื้องต้น					
4	การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ					
5	มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน					
6	สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม					
7	ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง					
8	สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง					
9	สามารถใช้เป็นการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา					
10	สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง					
11	สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา					
12	สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้นหรือครูได้					

13. ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้  
โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน  
มัธยมศึกษาตอนต้น

.....

.....

.....

.....

.....

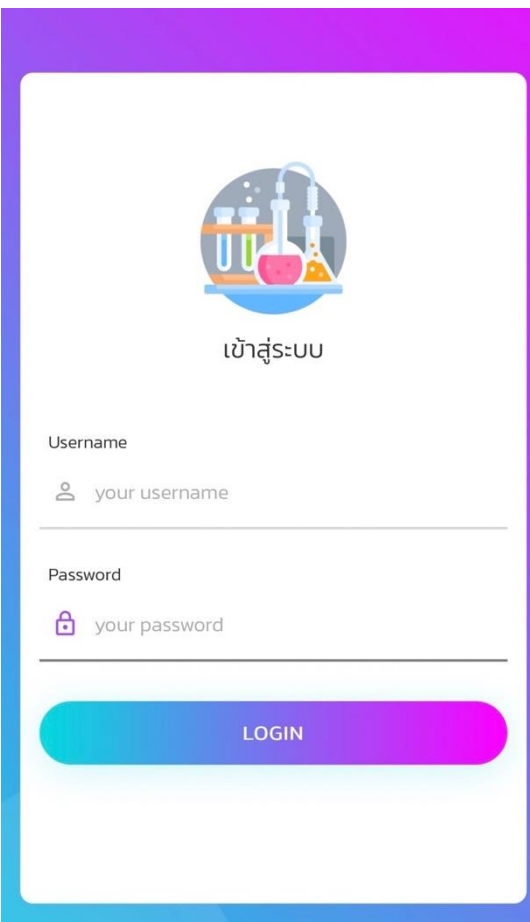




ภาคผนวก ค

ต้นแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้ไมโครร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

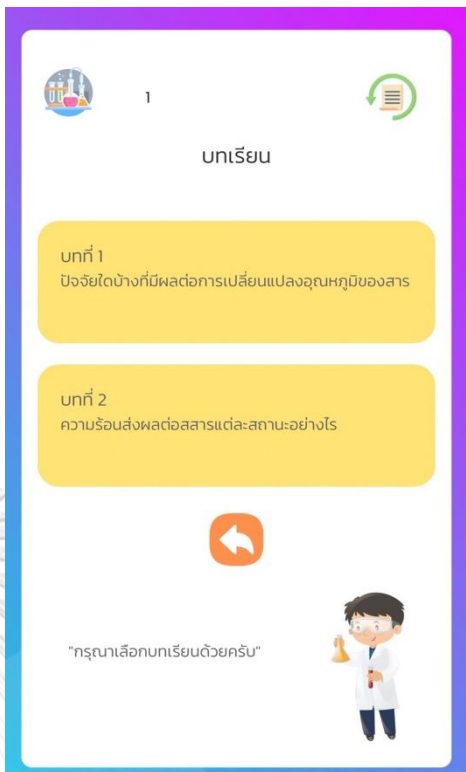


**เข้าสู่ระบบ**

Username  
your username

Password  
your password

**LOGIN**



1


**บทเรียน**


บทที่ 1  
ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสาร

บทที่ 2  
ความร้อนส่งผลต่อสารแต่ละสถานะอย่างไร

←

"กรุณาเลือกบทเรียนด้วยครับ"





1

**บทเรียนที่ 1**

จุดประสงค์การเรียนรู้ทดลองและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำและสารอื่นๆ


เรื่องที่ 1  
จำนวนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

เรื่องที่ 2  
ปริมาณน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

เรื่องที่ 3  
สารต่างชนิดกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่

←

"กรุณาเลือกเรื่องที่เรียนด้วยครับ"



หน้า : เข้าสู่ระบบ โดยจะให้นักเรียนกรอก  
Username  
Password  
ประจำตัวเพื่อเข้าสู่การเรียนรู้ในแอปพลิเคชัน

หน้า : เลือกบทเรียนและเรื่องที่จะเรียน



1

วิธีที่แสดงถึงวิธีการวัดอุณหภูมิของเหลวที่ถูกต้อง คือ ข้อใด









ภาพในข้อใดต่อไปนี้ แสดงถึงวิธีการอ่านค่าของเทอร์โมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง












"กรุณาเลือกคำตอบด้วยครับ"



จากรูปภาพนักเรียนคิดว่า : มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหรือไม่



สมมติฐาน : น้ำที่มี มวล

เมื่อได้รับความร้อน จะมีอุณหภูมิ

ตัวแปรที่ศึกษา :

ตัวแปรต้น :

ตัวแปรตาม :

ตัวแปรควบคุม :

นิยามเชิงปฏิบัติการ :




"ให้นักเรียนเลือกคำตอบในการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ"

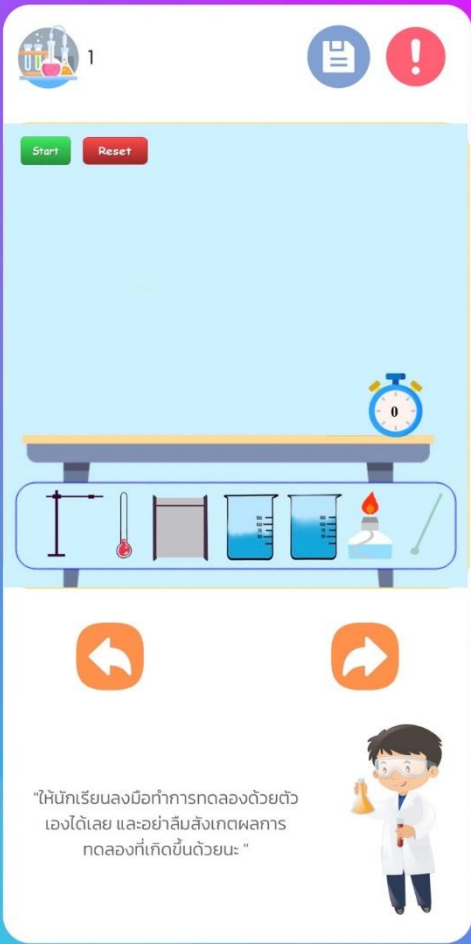
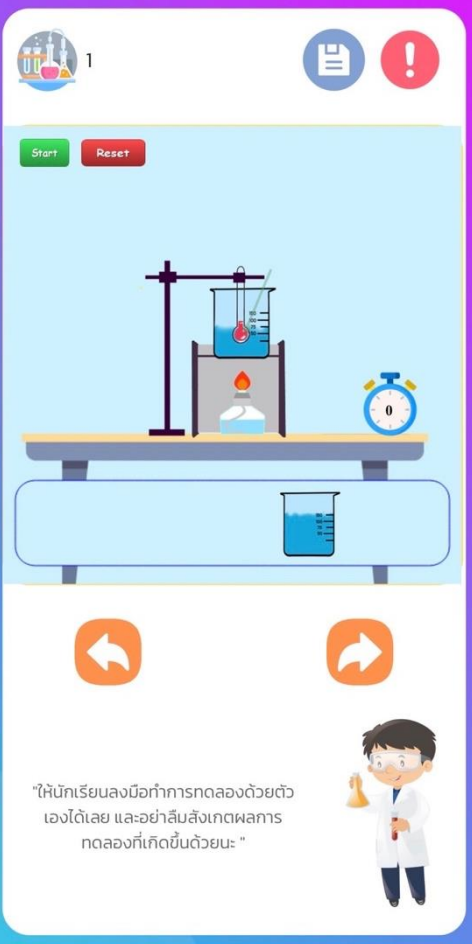


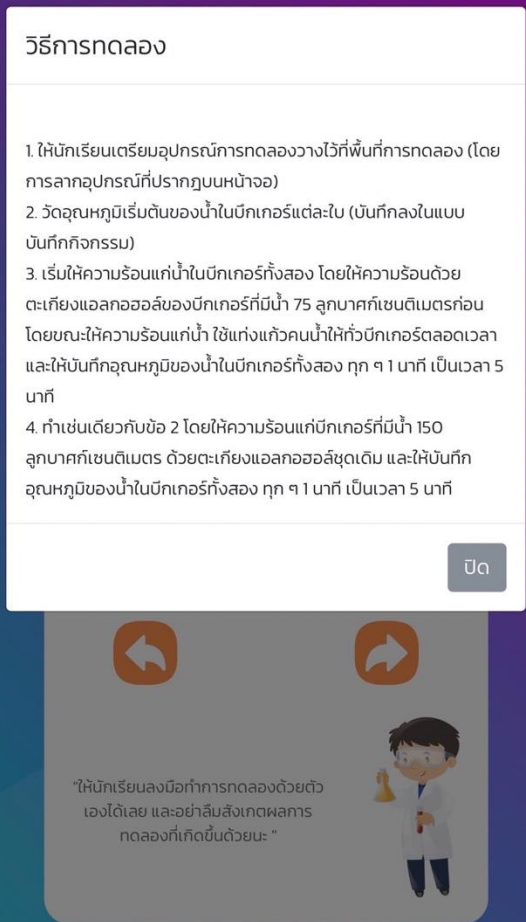
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า : ช้่นนำความสนใจ โดยให้นักเรียนเลือกคำตอบตามความรู้เดิมเพื่อเข้าสู่ความรู้ใหม่ของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นความรู้และความสนใจของผู้เรียน

หน้า : ช้่นสำรวจและค้นหา ให้นักเรียนอ่านข้อความคำถามและดูรูปภาพประกอบเกี่ยวกับการทดลองนี้ และให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรต่าง ๆ และกำหนดค่านิยามเชิงปฏิบัติการ ก่อนจะทำการทดลองเพื่อตรวจสอบ (โดยการพิมพ์คำตอบที่นักเรียนต้องการลงในช่องว่าง)

 <p>ให้นักเรียนลงมือทำการทดลองด้วยตัวเองได้เลย และอย่าลืมสังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้นด้วยนะ "</p>	 <p>ให้นักเรียนลงมือทำการทดลองด้วยตัวเองได้เลย และอย่าลืมสังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้นด้วยนะ "</p>
<p>หน้า : ชั้นสำรวจและค้นหา (ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง)</p> <p>โดยประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ส่วนห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงประกอบไปด้วย <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 ส่วนแถบอุปกรณ์</li> <li>1.2 ส่วนแถบพื้นที่ว่างในการทำการทดลอง</li> <li>1.3 ส่วนคำอธิบายเกี่ยวกับความรู้ในการทดลอง</li> </ol> </li> <li>2. หน้าจอหลักประกอบไปด้วย <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 ปุ่มกด start (เริ่มการทดลอง) และ Reset (รีเซ็ตทุกอย่างให้เหมือนเดิม)</li> </ol> </li> </ol>	<p>หน้า : ชั้นสำรวจและค้นหา (ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง)</p> <p>โดยการลากวาง และเกิดผลแสดงขึ้นแบบเรียลไทม์</p>

<p>2.2 แบบบันทึกผล (เพื่อให้นักเรียนบันทึกผล) และปุ่มแสดงวิธีการทดลอง</p>	
	
<p>CHULALONGKORN UNIVERSITY</p> <p>หน้า : แบบบันทึกผล (เมื่อกดปุ่มก็จะแสดงขึ้นมาเพื่อให้นักเรียนกรอกข้อมูลผลการทดลองที่ได้สังเกตจากการทดลอง)</p>	<p>CHULALONGKORN UNIVERSITY</p> <p>หน้า : แสดงวิธีการทดลอง (เมื่อกดปุ่มก็จะแสดงขึ้นมาเพื่อให้นักเรียนได้ดูวิธีการทดลองได้หากต้องการ)</p>



 <p>สรุปผลการทดลอง</p> <p>"ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองด้วยนะ"</p>	 <p>ยินดีด้วยคุณเรียนจบเรื่องที่ 2</p> <p>MR. Science "มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ โดยน้ำมวล 75 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าน้ำมวล 150 กรัม เมื่อได้รับความร้อนปริมาณเท่ากัน"</p>
<p>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY</p> <p>หน้า : สรุปผลการทดลอง (ให้นักเรียนพิมพ์สรุปผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง)</p>	<p>หน้า : (หน้าแสดงผลสรุปจากการทดลอง เพื่อแสดงให้ผู้เรียนได้เข้าใจในความรู้ได้ตรงกันและถูกต้อง)</p>

1

บทเรียน

บทที่ 1  
ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสาร

บทที่ 2  
ความร้อนส่งผลต่อสารแต่ละสถานะอย่างไร

"กรุณาเลือกบทเรียนด้วยครับ"

จากกราฟบันทึกเรียนคิดว่า : จำนวนของเทียบโยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหรือไม่

สมมติฐาน : น้ำที่ได้รับจำนวนเทียบโย

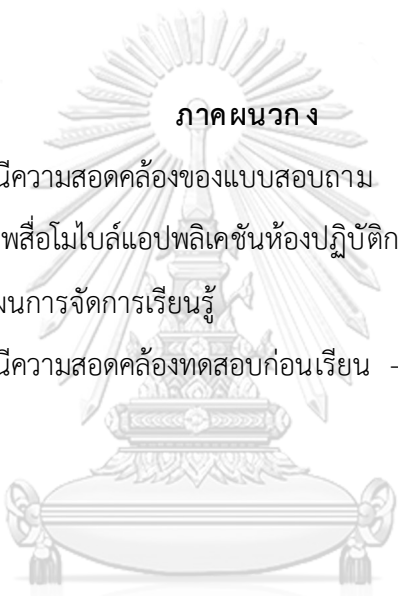
เมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิ

ตัวแปรที่ศึกษา :  
ตัวแปรต้น :   
ตัวแปรตาม :   
ตัวแปรควบคุม :   
นิยามเชิงปฏิบัติการ :

จำนวนเวลา	อุณหภูมิของน้ำ (เทียบโย 1 เล่ม)	อุณหภูมิของน้ำ (เทียบโย 2 เล่ม)
เริ่มต้น	<input type="text" value="26"/>	<input type="text" value="26"/>
30 วินาที	<input type="text" value="28"/>	<input type="text" value="28"/>
1 นาที	<input type="text" value="29"/>	<input type="text" value="29"/>
1.30 นาที	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="30"/>
2 นาที	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="31"/>
2.30 นาที	<input type="text" value="31"/>	<input type="text" value="32"/>
3 นาที	<input type="text" value="31"/>	<input type="text" value="33"/>

หน้า : แสดงผลคลังข้อมูลที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปในบทเรียนต่าง ๆ แสดงถึงสิ่งที่นักเรียนได้พิมพ์หรือได้บันทึกลงในแต่ละกิจกรรม เช่น ข้อมูลแสดงการตอบคำถามของผู้เรียน ข้อมูลแสดงถึงการบันทึกผลของผู้เรียน และข้อมูลแสดงถึงการสรุปผลของผู้เรียน (เพื่อให้ผู้เรียนกลับมาดูคำตอบของตัวเองได้ เมื่อจะได้นำสิ่งที่ได้ทำไปในโมบายล์แอปพลิเคชันไปอภิปรายร่วมกับครูในห้องเรียน)

หน้า : แสดงผลคลังข้อมูลของผู้เรียนแต่ละคน



ภาคผนวก

- แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถาม
- แบบประเมินคุณภาพสื่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง
- แบบประเมินของแผนการจัดการเรียนรู้
- แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบประเมินแบบสอบถามภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของ  
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้ โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น Designing A Mobile Virtual Science Laboratory in Blended Learning to Enhance Secondary School Students' Science Process Skills
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระกูลโรจน์ นายณัฐพล สิงสุข เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง

แบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญชุดนี้เป็นแบบประเมินเกี่ยวกับแบบประเมินแบบสอบถาม  
ภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
ขอให้ท่านพิจารณาโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็น มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 หมายถึง แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินไม่มีความเหมาะสม

### ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

1. ชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....
2. ตำแหน่ง.....
3. สถานที่ทำงาน.....

### ตอนที่ 2 แบบประเมินแบบสอบถามภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

#### ตารางที่ 1. ความต้องการจำเป็นในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	1	0	-1	
1. ช่วยให้ฉันเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้				
2. ช่วยให้ฉันมีทิศทางในการทดลองหาคำตอบ				
3. ช่วยให้ฉันกำหนดขอบเขตของการทดลอง				
4. ช่วยให้ฉันกำหนดตัวแปรได้				
5. ช่วยให้ฉันควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้				
6. ช่วยให้ฉันสามารถสรุปผลจากการทดลองได้				
7. ช่วยให้ฉันออกแบบการทดลองได้				
8. ช่วยให้ฉันบันทึกผลและสรุปการทำกรทดลองได้				
9. ช่วยให้ฉันสามารถเสนอแนวคิดรวบยอดได้				
10. สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้				
11. ช่วยลดระยะเวลาในการทดลองได้				
12. สามารถทดลองซ้ำๆ ได้				
13. สามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ				
14. ฉันรู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจากการทดลอง				
15. ช่วยให้ฉันเข้าใจการทดลองได้เป็นอย่างดี				
16. ช่วยให้ฉันมีประสบการณ์ในการทดลอง				
17. ทำให้ฉันต้องค้ความรู้เกี่ยวกับการทดลองที่ถูกต้องและครบถ้วน				

## ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

## ตารางที่ 2. ประสิทธิภาพผู้ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	1	0	-1	
1. เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย				
2. มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน				
3. มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ตนเองเบื้องต้น				
4. การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ				
5. มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน				
6. สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม				
7. ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง				
8. สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง				
9. ใช้เป็นการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา				
10. สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง				
11. สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา				
12. สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้นหรือครูได้				

## ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

จากการประเมินแบบประเมินแบบสอบถามภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของนักเรียน  
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ข้าพเจ้ามีความเห็นว่า

- แบบสอบถามมีความเหมาะสมดีแล้ว สามารถนำไปดำเนินการต่อได้
- แบบสอบถามมีความเหมาะสม แต่ควรปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปดำเนินการ
- แบบสอบถามยังไม่มีเหมาะสม

ลงชื่อ .....

( )

ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินความเหมาะสมของรูปแบบอันเป็น  
ประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**แบบประเมินแบบสอบถามภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของ  
ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา**

---

<b>ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์</b>	การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้ โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น Designing A Mobile Virtual Science Laboratory in Blended Learning to Enhance Secondary School Students' Science Process Skills
<b>อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัย</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระกูลรุ่งโรจน์ นายณัฐพล สิงสุข เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

**คำชี้แจง**

แบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญชุดนี้เป็นแบบประเมินเกี่ยวกับแบบประเมินแบบสอบถาม  
ภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา  
ขอให้ท่านพิจารณาโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็น มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสมหรือไม่

-1 หมายถึง แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินไม่มีความเหมาะสม



### ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

1. ชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....
2. ตำแหน่ง.....
3. สถานที่ทำงาน.....

### ตอนที่ 2 แบบประเมินแบบสอบถามภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

#### ตารางที่ 1. ความต้องการจำเป็นในการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ประเด็นการประเมิน	ระดับความ คิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	1	0	-1	
1. ช่วยให้นักเรียนเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้				
2. ช่วยให้นักเรียนมีทิศทางในการทดลองหาคำตอบ				
3. ช่วยให้นักเรียนกำหนดขอบเขตของการทดลอง				
4. ช่วยให้นักเรียนกำหนดตัวแปรได้				
5. ช่วยให้นักเรียนควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้				
6. ช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลจากการทดลองได้				
7. ช่วยให้นักเรียนออกแบบการทดลองได้				
8. ช่วยให้นักเรียนบันทึกผลและสรุปการทำการทดลองได้				
9. ช่วยให้นักเรียนสามารถเสนอแนวความคิดรวบยอดได้				
10. ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้นอกสถานที่ได้				
11. ช่วยลดระยะเวลาในการทดลองได้				
12. นักเรียนสามารถทดลองซ้ำๆ ได้				
13. สามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ				
14. รู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจากการทดลอง				
15. ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในการทดลองได้เป็นอย่างดี				
16. ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการทดลอง				

ประเด็นการประเมิน	ระดับความ คิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	1	0	-1	
17. ทำให้นักเรียนได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการทดลองที่ถูกต้อง และครบถ้วน				

## ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

## ตารางที่ 2. ประสพการณ์ผู้ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	1	0	-1	
1. เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย				
2. มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน				
3. มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ของนักเรียนเบื้องต้น				
4. การออกแบบที่สวยงาม น่าสนใจ				
5. ฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน				
6. สามารถใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม				
7. ความเสถียรของห้องปฏิบัติการการวิทยาศาสตร์เสมือน				
8. สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับนักเรียนในการทำการทดลอง วิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง				
9. สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา				
10. สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการเรียนรู้และฝึกทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน				
11. สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา				
12. สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับนักเรียนได้				

## ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

จากการประเมินแบบประเมินแบบสอบถามภูมิหลัง ประสบการณ์ผู้ใช้ และความต้องการจำเป็นของ  
ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา

ข้าพเจ้ามีความเห็นว่า

- แบบสอบถามมีความเหมาะสมดีแล้ว สามารถนำไปดำเนินการต่อได้
- แบบสอบถามมีความเหมาะสม แต่ควรปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปดำเนินการ
- แบบสอบถามยังไม่มีเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลงชื่อ .....

( )

ผู้วิจัยขอกราบขอบขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินความเหมาะสมของรูปแบบอันเป็น  
ประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

**แบบประเมินคุณภาพสื่อ**  
**ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสาน**  
**เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

แบบประเมินคุณภาพสื่อ ‘ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์’ เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จัดทำขึ้นโดย นายณัฐพล สิงสุข

นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยี และสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องที่ตรงกับการตรวจสอบรายการประเมินแต่ละข้อที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบประเมิน โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ให้คะแนน 5	หมายถึง	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดีมาก
ให้คะแนน 4	หมายถึง	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับดี
ให้คะแนน 3	หมายถึง	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับปานกลาง
ให้คะแนน 2	หมายถึง	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับพอใช้
ให้คะแนน 1	หมายถึง	ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

รายการประเมิน	ผลการประเมิน					ข้อคิดเห็น
	5	4	3	2	1	
1. มีความถูกต้อง / สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้						
2. มีความถูกต้อง / สอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา						
3. มีความถูกต้อง / สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนการสอน						
4. มีความถูกต้อง / สอดคล้องกับตัวชี้วัด						
5. มีความทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากที่เรียนปกติ						
6. กระตุ้นให้เกิดการคิด เรียนรู้ด้วยตนเอง						
7. สื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้ และพัฒนาความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์						
8. แบบตัวอักษรเหมาะสมและง่ายต่อการอ่าน						
9. สีของตัวอักษรและพื้นหลังมีความเหมาะสม						
10. ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสมกับหน้าจอ						
11. ภาพประกอบมีความเหมาะสม						
12. การจัดวางองค์ประกอบแต่ละส่วนในหน้าจอดีความเหมาะสม						
13. การสื่อสารผ่านปุ่มและสัญลักษณ์ต่างๆ สามารถสื่อความหมายได้ถูกต้อง						
14. สื่อที่มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน						
15. สะดวก ง่ายต่อการใช้งาน						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....



ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขอขอบพระคุณในข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

นายณัฐพล สingssุข

นิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

**ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์** การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์  
ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการ  
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

Designing A Mobile Virtual Science Laboratory in Blended Learning to Enhance  
Secondary School Students' Science Process Skills

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระกูลโรจน์  
**ผู้วิจัย** นายณัฐพล สิงสุข  
นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชา ภาควิชา เทคโนโลยีและสื่อสาร  
การศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### คำชี้แจง

แบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญชุดนี้เป็นแบบประเมินความเหมาะสมของ  
แผนการจัดการเรียนรู้ ขอให้ท่านพิจารณาโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็น มีเกณฑ์การ  
ประเมินดังนี้

+1	หมายถึง	แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสม
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสมหรือไม่
-1	หมายถึง	แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินไม่มีความเหมาะสม

### ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

1. ชื่อผู้เชี่ยวชาญ

.....

2. ตำแหน่ง

.....

3. สถานที่ทำงาน

.....

ตอนที่ 2 แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-6)

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	1	0	-1	
1. สาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ สาระสำคัญ และ ผลการเรียนรู้				
2. มาตรฐานการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้				
3. ตัวชี้วัดมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และ ผลการเรียนรู้				
4. สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และ ผลการเรียนรู้				
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้				
6. กระบวนการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และ ผลการเรียนรู้				
7. สื่อการเรียนการสอนมีความสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้				
8. มีการนำโมบายล์แอปพลิเคชันที่ใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริงมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม				
9. การวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และ กระบวนการเรียนรู้				
10. ความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วย 5E ใน การจัดการเรียนรู้				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....



จากการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ข้าพเจ้ามีความเห็นว่า

- แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมดีแล้ว สามารถนำไปใช้ทดลองได้
- แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม แต่ควรปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปทดลองใช้
- แผนการจัดการเรียนรู้ยังไม่มีความเหมาะสม



ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้วิจัยขอกราบขอบขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินความเหมาะสมของรูปแบบอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงโดยใช้โมบายล์ ร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น Designing A Mobile Virtual Science Laboratory in Blended Learning to Enhance Secondary School Students' Science Process Skills
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสุข ตันตระกูลรุ่งโรจน์
ผู้วิจัย	นายณัฐพล ลิ่งสุข นิสิตระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชา เทคโนโลยีและสื่อสาร การศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### คำชี้แจง

แบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญชุดนี้เป็นแบบประเมินความเหมาะสมของ  
แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ขอให้ท่านพิจารณาโดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความ  
คิดเห็น มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1	หมายถึง	แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสม
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินมีความเหมาะสมหรือไม่
-1	หมายถึง	แน่ใจว่าหัวข้อการประเมินไม่มีความเหมาะสม

#### ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ

.....

4. ตำแหน่ง

.....

5. สถานที่ทำงาน

.....

ตอนที่ 2 แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนวัดทักษะ  
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัด ม.1/10 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยน สถานะของ  
สสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง

ตัวชี้วัด ม.1/3 สร้างแบบจำลองที่อธิบายการขยายตัวหรือหดตัวของสสาร เนื่องจากได้รับ  
หรือสูญเสียความร้อน

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ														
		1	0	-1															
<b>ทักษะการตั้งสมมติฐาน</b>																			
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>จำนวนเวลา</th> <th>อุณหภูมิของน้ำ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 วินาที</td> <td>28 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1 นาที</td> <td>29 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1.30 นาที</td> <td>30 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2 นาที</td> <td>31 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2.30 นาที</td> <td>31.5 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>3 นาที</td> <td>32 องศาเซลเซียส</td> </tr> </tbody> </table> <p>1. นักเรียนจะตั้งสมมติฐานได้ว่าอย่างไร ที่ให้สอดคล้องกับผลการทดลองดังตาราง</p> <p>ก. เมื่อเวลาที่เพิ่มขึ้นอุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น</p> <p>ข. เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเวลาจะเริ่มลดลง</p> <p>ค. เมื่อเวลาที่เพิ่มขึ้นอุณหภูมิของน้ำจะลดลง</p> <p>ง. เมื่อเวลาที่แตกต่างกันอุณหภูมิของน้ำจะเท่ากัน</p>	จำนวนเวลา	อุณหภูมิของน้ำ	30 วินาที	28 องศาเซลเซียส	1 นาที	29 องศาเซลเซียส	1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส	2 นาที	31 องศาเซลเซียส	2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส	3 นาที	32 องศาเซลเซียส				
จำนวนเวลา	อุณหภูมิของน้ำ																		
30 วินาที	28 องศาเซลเซียส																		
1 นาที	29 องศาเซลเซียส																		
1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส																		
2 นาที	31 องศาเซลเซียส																		
2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส																		
3 นาที	32 องศาเซลเซียส																		
	<p>2. ถ้าต้องการทดลองว่า สารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิเป็นอย่างไรในเวลาเดียวกัน ควรตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร</p> <p>ก. สารที่ต่างชนิดกันจะทำให้อุณหภูมิของสารคงที่</p> <p>ข. สารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนอุณหภูมิของสารจะแตกต่างกัน</p> <p>ค. สารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนอุณหภูมิของสารจะไม่เปลี่ยนแปลง</p>																		

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		1	0	-1	
	ง. อุณหภูมิของสารที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความร้อนเท่านั้นไม่เกี่ยวข้องกับตัวสาร				
	<p>3. “สนใจต้องการทดสอบอุณหภูมิของน้ำ ทั้งหมดจำนวน 2 ปีกเกอร์ ให้ความร้อนโดยเทียนไข โดยปีกเกอร์ใบที่ 1 ได้รับความร้อนจากเทียนไข 1 เล่ม และปีกเกอร์ใบที่ 2 ได้รับความร้อนจากเทียนไข 2 เล่ม” สนใจควรตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร</p> <p>ก. จำนวนเทียนไขมากกว่าจะทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงกว่า</p> <p>ข. จำนวนเทียนไขที่มีความแตกต่างกันจะทำให้อุณหภูมิของน้ำเท่ากัน</p> <p>ค. อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นไม่เกี่ยวข้องกับจำนวนเทียนไข</p> <p>ง. อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเกี่ยวข้องกับระดับน้ำที่แตกต่างกัน</p>				
	<p>4. “สมจิตร นำขวดน้ำมาทั้งหมด 2 ขวด ขวดที่ 1 บรรจุน้ำมีมวลเท่ากับ 50 กรัม ขวดที่ 2 บรรจุน้ำมีมวลเท่ากับ 100 กรัม เมื่อนำไปเทลงในปีกเกอร์และให้ความร้อนด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ ผลปรากฏว่า ขวดที่ 1 ที่อยู่ในปีกเกอร์ใบที่ 1 มีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ขวดใบที่ 2 ที่อยู่ในปีกเกอร์ใบที่ 2 มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส” นักเรียนจะตั้งสมมติฐานนี้ว่าอย่างไร</p> <p>ก. มวลของน้ำที่น้อยกว่าอุณหภูมิจะต่ำกว่า</p> <p>ข. มวลของน้ำที่มากกว่าอุณหภูมิจะสูงกว่า</p> <p>ค. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ</p> <p>ง. มวลของน้ำที่น้อยกว่าอุณหภูมิจะสูงกว่า</p>				
	<p>5. สมฤดี นำลูกโป่งครอบปากขวดที่มีอากาศอยู่ข้างในแล้วนำไปให้ความร้อนโดยไปแช่ในน้ำร้อน และให้สูญเสียความร้อน โดยนำไปแช่น้ำแข็ง สมฤดีต้องการอยากจะทำทราบถึงการขยายตัวและหดตัวของอากาศนักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร</p> <p>ก. อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะมีการขยายตัวหรือพองตัวและเมื่อสูญเสียความร้อนจะมีการหดตัว</p>				

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		1	0	-1	
	ข. อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะมีการหดตัวและเมื่อ สูญเสียความร้อนจะมีการหดตัว ค. การขยายตัวและหดตัวของอากาศไม่ขึ้นอยู่กับความ ร้อนและความเย็น ง. อากาศมีการเปลี่ยนแปลงได้เพราะขึ้นอยู่กับลูกโป่ง				
<b>ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ</b>					
	6. ข้อใดไม่จำเป็นต้องกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ก. ความร้อน ข. ของเหลว ค. <b>เทียนไข</b> ง. ของแข็ง				
	7. นิยามเชิงปฏิบัติการ ของคำว่า ความร้อน คือข้อใด ก. จุดเดือด ข. อุณหภูมิที่ต่ำลงเมื่อได้รับจากแหล่งพลังงานความ ร้อน ค. จุดที่สามารถทำให้ถึงจุดเยือกแข็ง ง. <b>อุณหภูมิที่สูงขึ้นเมื่อได้รับจากแหล่งพลังงานความ            ร้อน</b>				
	8. นิยามเชิงปฏิบัติการ ของคำว่า อุณหภูมิ คือข้อใด ก. <b>ปริมาณที่เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดค่าได้</b> ข. ปริมาณความร้อนคงที่ ค. ปริมาณความเย็นคงที่ ง. การปรับเปลี่ยนตัวเลข				
	9. ข้อใดจำเป็นต้องกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ก. เทียนไข ข. ตะเกียงแอลกอฮอล์ ค. <b>มวลของน้ำ</b> ง. น้ำ				
	10. การทดลองต้องการทราบว่า “สารชนิดใดที่มีอุณหภูมิ สูงขึ้น” นักเรียนจะกำหนดความหมายของคำว่า “อุณหภูมิสูงขึ้น” ว่าอย่างไร				

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		1	0	-1	
	ก. อุณหภูมิสูงขึ้นขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ ข. อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งให้ความร้อน ค. อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อสูญเสียความร้อน ง. อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามอากาศ				
<b>ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร</b>					
	6. การทดลองหาอุณหภูมิของสสาร โดยมีสสารทั้งหมด 3 ชนิด เมื่อให้ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ ตัวแปรต้นของการทดลองนี้ข้อใด ก. ตัวแปรต้น คือ ความร้อนของสสาร ข. ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิของสสาร ค. ตัวแปรต้น คือ สสารทั้ง 3 ชนิด ง. ตัวแปรต้น คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์				
	7. การทดลองหาอุณหภูมิของสสาร โดยมีสสารทั้งหมด 3 ชนิด เมื่อให้ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ ตัวแปรตามของการทดลองนี้ข้อใด ก. ตัวแปรตาม คือ สสารทั้ง 3 ชนิด ข. ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิของสสาร ค. ตัวแปรตาม คือ ความร้อนของสสาร ง. ตัวแปรตาม คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์				
	8. การทดลองหาอุณหภูมิของสสาร โดยมีสสารทั้งหมด 3 ชนิด เมื่อให้ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ ตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้ข้อใด ก. ตัวแปรควบคุม คือ สสารทั้ง 3 ชนิด ข. ตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิของสสาร ค. ตัวแปรควบคุม คือ ความร้อนของสสาร ง. ตัวแปรควบคุม คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์				
	9. จากการทดลองเรื่องมวลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือไม่ เพื่อต้องการพิสูจน์ว่า “มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหรือไม่” ตัวแปรต้นคือข้อใด				

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		1	0	-1	
	ก. ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิของน้ำ ข. ตัวแปรต้น คือ ความร้อนของน้ำ ค. <b>ตัวแปรต้น คือ มวลของน้ำ</b> ง. ตัวแปรต้น คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์				
	10. จากการทดลองเรื่องมวลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือไม่ เพื่อต้องการพิสูจน์ว่า “มวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำหรือไม่” ตัวแปรตามคือข้อใด ก. <b>ตัวแปรตาม คือ อุณหภูมิของน้ำ</b> ข. ตัวแปรตาม คือ ความร้อนของน้ำ ค. ตัวแปรตาม คือ มวลของน้ำ ง. ตัวแปรตาม คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์				
<b>ทักษะการทดลอง</b>					
	6. เพื่อต้องการทดสอบว่า “ชนิดของสสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่” ควรทำออกแบบการทดลองโดยวิธีใด ก. <b>ออกแบบการทดลองโดย ใช้สสารที่มีแตกต่างกันทั้งหมด และให้ความร้อนแก่สสารดังกล่าว</b> ข. ออกแบบการทดลองโดย ใช้สสารชนิดเดียวกันแต่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ค. ออกแบบการทดลองโดย ใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ที่มีความแตกต่างกันในการให้ความร้อน ง. ออกแบบการทดลองโดย ใช้สสารที่มีความเหมือนกัน และให้ความร้อนแก่สสารในอุณหภูมิที่เหมาะสม				
	7. เพื่อต้องการทดสอบว่า “ชนิดของเทียนไข มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสาร” ควรเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ใดเพื่อต้องการทดสอบดังกล่าว ก. <b>เทียนไข</b> ข. ตะเกียงแอลกอฮอล์ ค. สสารของแข็ง				

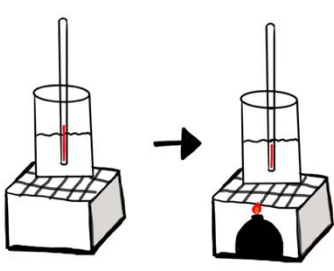
ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		1	0	-1	
	ง. พลังงานความร้อน				
	8. การทดลองเรื่องมวลของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่ สิ่งใดที่เราควรกำหนดให้แตกต่างกันในการทดลองนี้ ก. อุณหภูมิของน้ำ ข. การให้ความร้อน ค. มวลของน้ำ ง. การเปลี่ยนแปลงของน้ำ				
	9. ในการทดลองเพื่อศึกษา “จำนวนของเทียนไขมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือไม่” ใช้วิธีการทดลองโดยการใส่เทียนไขที่มีจำนวนแตกต่างกันในการให้ความร้อนในแต่ละบีกเกอร์ ถ้ากำหนดให้จำนวนเทียนไขในแต่ละเล่ม มีการให้ความร้อนที่คงที่และเท่ากัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นผลที่เกิดจากเงื่อนไขดังกล่าว ก. บีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไขที่มีจำนวนเทียนไขมากกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในเวลาเดียวกัน ข. บีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไขที่มีจำนวนเทียนไขน้อยกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในเวลาเดียวกันการให้ความร้อน ค. บีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไขที่มีจำนวนเทียนไขมากกว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในเวลาเดียวกัน ง. บีกเกอร์ที่ได้รับความร้อนจากเทียนไขที่แตกต่างกันจะมีอุณหภูมิที่เท่ากันในเวลาเดียวกัน				
	10. ถ้าต้องการทดลองหาคำตอบว่า “ผลของความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศ” นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุ/อุปกรณ์ใดในการทดลอง ก. นำตะเกียงแอลกอฮอล์มาให้ความร้อนแก่ลูกโป่งโดยตรง ข. นำลูกโป่งมาครอบที่ปากขวด เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอากาศภายใน ค. นำลูกโป่งไปแช่ในน้ำแข็ง ง. นำลูกโป่งไปแช่ในน้ำร้อน				

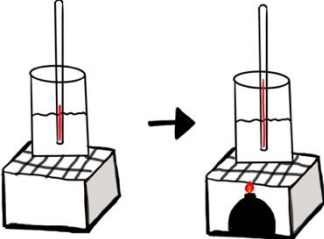
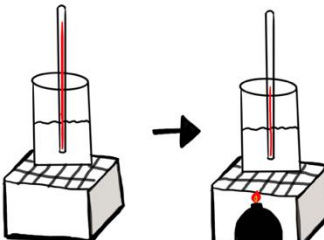
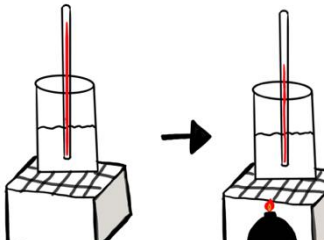


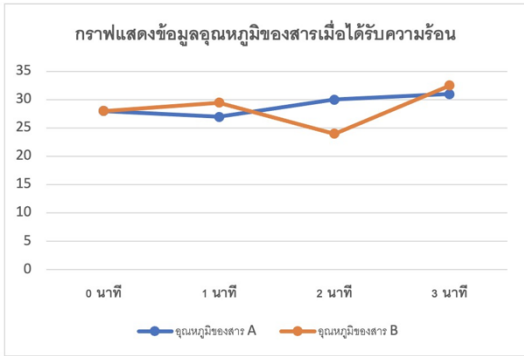
ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ																							
		1	0	-1																								
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป																												
	<p>ตารางต่อไปนี้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากเทียนไข</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>จำนวนเวลา</th> <th>อุณหภูมิของน้ำ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 วินาที</td> <td>28 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1 นาที</td> <td>29 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1.30 นาที</td> <td>30 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2 นาที</td> <td>31 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2.30 นาที</td> <td>31.5 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>3 นาที</td> <td>32 องศาเซลเซียส</td> </tr> </tbody> </table> <p>5. จากตารางบันทึกผลการทดลองนี้ ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง</p> <p>ก. เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของน้ำก็สูงขึ้น</p> <p>ข. เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของน้ำก็จะลดลง</p> <p>ค. อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่เวลาไม่เปลี่ยนแปลง</p> <p>ง. อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่เวลาจะลดลง</p>	จำนวนเวลา	อุณหภูมิของน้ำ	30 วินาที	28 องศาเซลเซียส	1 นาที	29 องศาเซลเซียส	1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส	2 นาที	31 องศาเซลเซียส	2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส	3 นาที	32 องศาเซลเซียส													
จำนวนเวลา	อุณหภูมิของน้ำ																											
30 วินาที	28 องศาเซลเซียส																											
1 นาที	29 องศาเซลเซียส																											
1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส																											
2 นาที	31 องศาเซลเซียส																											
2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส																											
3 นาที	32 องศาเซลเซียส																											
	<p>ตารางต่อไปนี้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของสสารต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อน</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">จำนวนเวลา</th> <th colspan="2">อุณหภูมิของสสาร</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 วินาที</td> <td>28 องศาเซลเซียส</td> <td>28 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1 นาที</td> <td>29 องศาเซลเซียส</td> <td>29.5 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1.30 นาที</td> <td>30 องศาเซลเซียส</td> <td>32 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2 นาที</td> <td>31 องศาเซลเซียส</td> <td>32.5 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2.30 นาที</td> <td>31.5 องศาเซลเซียส</td> <td>33 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>3 นาที</td> <td>32 องศาเซลเซียส</td> <td>34 องศาเซลเซียส</td> </tr> </tbody> </table>	จำนวนเวลา	อุณหภูมิของสสาร		A	B	30 วินาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส	1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส	1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส	2 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส	2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส	33 องศาเซลเซียส	3 นาที	32 องศาเซลเซียส	34 องศาเซลเซียส				
จำนวนเวลา	อุณหภูมิของสสาร																											
	A	B																										
30 วินาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส																										
1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส																										
1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส																										
2 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส																										
2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส	33 องศาเซลเซียส																										
3 นาที	32 องศาเซลเซียส	34 องศาเซลเซียส																										

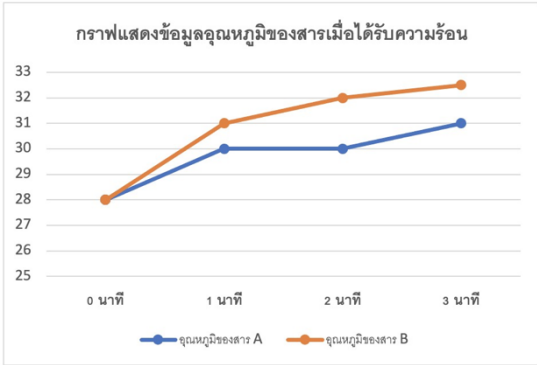
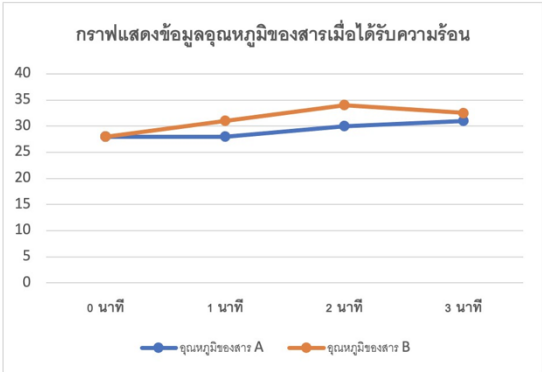
ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ												
		1	0	-1													
	<p>6. จากตารางบันทึกผลการทดลองนี้ ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง</p> <p>ก. อุณหภูมิของสสาร A สูงกว่าอุณหภูมิของสสาร B ในเวลา 30 วินาที</p> <p>ข. อุณหภูมิของสสาร A สูงกว่าอุณหภูมิของสสาร B ในเวลา 3 นาที</p> <p>ค. <b>อุณหภูมิของสสาร A ต่ำกว่าอุณหภูมิของสสาร B ในเวลา 2 นาที</b></p> <p>ง. อุณหภูมิของสสาร A ต่ำกว่าอุณหภูมิของสสาร B ในเวลา 30 วินาที</p>																
	<p>ตารางต่อไปนี้แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการขยายตัวและการหดตัวเมื่อได้รับความร้อนและสูญเสียความร้อน</p> <table border="1" data-bbox="438 1048 1038 1330"> <thead> <tr> <th>สถานะ</th> <th>ได้รับความร้อน</th> <th>สูญเสียความร้อน</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ของแข็ง</td> <td>ขยายตัว</td> <td>หดตัว</td> </tr> <tr> <td>ของเหลว</td> <td>ขยายตัว</td> <td>หดตัว</td> </tr> <tr> <td>แก๊ส</td> <td>ขยายตัว</td> <td>หดตัว</td> </tr> </tbody> </table> <p>7. ตารางบันทึกผลการทดลองนี้ ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง</p> <p>ก. <b>สสารทั้ง 3 สถานะ เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวและเมื่อสูญเสียความร้อนจะเกิดการหดตัว</b></p> <p>ข. การขยายตัวของสสารเกิดขึ้นได้ต้องมีการสูญเสียความร้อนเท่านั้น</p> <p>ค. อุณหภูมิของสสารที่ทำให้เกิดการขยายตัวและหดตัวต้องเป็นอุณหภูมิที่สูงมาก</p> <p>ง. การหดตัวของสสารทั้ง 3 สถานะ จะต้องมีการได้รับความร้อนที่สูง</p>	สถานะ	ได้รับความร้อน	สูญเสียความร้อน	ของแข็ง	ขยายตัว	หดตัว	ของเหลว	ขยายตัว	หดตัว	แก๊ส	ขยายตัว	หดตัว				
สถานะ	ได้รับความร้อน	สูญเสียความร้อน															
ของแข็ง	ขยายตัว	หดตัว															
ของเหลว	ขยายตัว	หดตัว															
แก๊ส	ขยายตัว	หดตัว															

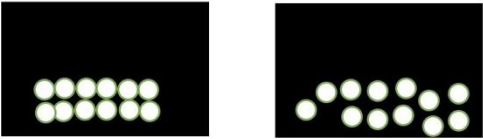



ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ																				
		1	0	-1																					
	<p>กราฟแสดงข้อมูลอุณหภูมิของสารเมื่อได้รับความร้อน</p> <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟ</caption> <thead> <tr> <th>เวลา (นาทีก่อน)</th> <th>อุณหภูมิของสาร A</th> <th>อุณหภูมิของสาร B</th> <th>อุณหภูมิของสาร C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>28</td> <td>28</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>29</td> <td>30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>30</td> <td>33</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>33</td> <td>35</td> <td>33</td> </tr> </tbody> </table> <p>4. ข้อใดแปรความหมายจากกราฟได้ถูกต้อง</p> <p>ก. สาร A เมื่อได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิของสารสูงมากกว่าสาร B และ C</p> <p>ข. สาร B เมื่อได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิของสารสูงมากกว่าสาร A และ C</p> <p>ค. สาร C เมื่อได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิของสารสูงมากกว่าสาร B และ A</p> <p>ง. สารแต่ละชนิดมีอุณหภูมิเท่ากันในเวลาเดียวกัน</p>	เวลา (นาทีก่อน)	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B	อุณหภูมิของสาร C	0	28	28	28	1	29	30	20	2	30	33	33	3	33	35	33				
เวลา (นาทีก่อน)	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B	อุณหภูมิของสาร C																						
0	28	28	28																						
1	29	30	20																						
2	30	33	33																						
3	33	35	33																						
	<p>5. จากการทดลอง เมื่อนำน้ำหรือของเหลวให้ได้รับความร้อน สังเกตเห็นระดับของเหลวในหลอดน้ำแก้วจะสูงขึ้น จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าอย่างไร</p> <p>ก. ของเหลวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและหดตัว</p> <p>ข. ของเหลวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและขยายตัว</p> <p>ค. ของเหลวมีปริมาตรลดลงและขยายตัว</p> <p>ง. ของเหลวมีปริมาตรลดลงและหดตัว</p>																								

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ																					
		1	0	-1																						
ทักษะการสร้างแบบจำลอง																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>จำนวนเวลา</th> <th>อุณหภูมิของ สาร A</th> <th>อุณหภูมิของ สาร B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 วินาที</td> <td>28 องศาเซลเซียส</td> <td>28 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1 นาที</td> <td>29 องศาเซลเซียส</td> <td>29.5 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1.30 นาที</td> <td>30 องศาเซลเซียส</td> <td>32 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2 นาที</td> <td>31 องศาเซลเซียส</td> <td>32.5 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2.30 นาที</td> <td>31.5 องศาเซลเซียส</td> <td>33 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>3 นาที</td> <td>32 องศาเซลเซียส</td> <td>34 องศาเซลเซียส</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. นักเรียนคิดว่าแบบจำลองใด เหมาะสมกับนำเสนอข้อมูลดังรูป</p> <p>ก. นำเสนอในรูปแบบสร้างแบบจำลองโดยใช้วัสดุอุปกรณ์</p> <p>ข. นำเสนอในรูปแบบกราฟแผนภูมิแท่ง</p> <p>ค. นำเสนอในรูปแบบบรรยาย</p> <p>ง. นำเสนอในรูปแบบวาดภาพ</p>	จำนวนเวลา	อุณหภูมิของ สาร A	อุณหภูมิของ สาร B	30 วินาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส	1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส	1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส	2 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส	2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส	33 องศาเซลเซียส	3 นาที	32 องศาเซลเซียส	34 องศาเซลเซียส				
จำนวนเวลา	อุณหภูมิของ สาร A	อุณหภูมิของ สาร B																								
30 วินาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส																								
1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส																								
1.30 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส																								
2 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส																								
2.30 นาที	31.5 องศาเซลเซียส	33 องศาเซลเซียส																								
3 นาที	32 องศาเซลเซียส	34 องศาเซลเซียส																								
	<p>4. ภาพในข้อใดต่อไปนี้ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารเมื่อได้รับความร้อนได้ถูกต้อง</p> <p>ก.</p> 																									

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ												
		1	0	-1													
	<p>ข.</p>  <p>ค.</p>  <p>ง.</p> 																
	<table border="1" data-bbox="434 1720 1015 1980"> <thead> <tr> <th>สถานะ</th> <th>ได้รับความร้อน</th> <th>สูญเสียความร้อน</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ของแข็ง</td> <td>ขยายตัว</td> <td>หดตัว</td> </tr> <tr> <td>ของเหลว</td> <td>ขยายตัว</td> <td>หดตัว</td> </tr> <tr> <td>แก๊ส</td> <td>ขยายตัว</td> <td>หดตัว</td> </tr> </tbody> </table>	สถานะ	ได้รับความร้อน	สูญเสียความร้อน	ของแข็ง	ขยายตัว	หดตัว	ของเหลว	ขยายตัว	หดตัว	แก๊ส	ขยายตัว	หดตัว				
สถานะ	ได้รับความร้อน	สูญเสียความร้อน															
ของแข็ง	ขยายตัว	หดตัว															
ของเหลว	ขยายตัว	หดตัว															
แก๊ส	ขยายตัว	หดตัว															

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ															
		1	0	-1																
	<p>3. นักเรียนคิดว่าแบบจำลองใด เหมาะสมกับนำเสนอข้อมูลดังตาราง</p> <p>ก. นำเสนอในรูปแบบแผนสถิติ</p> <p>ข. นำเสนอในรูปแบบกราฟแผนภูมิแท่ง</p> <p>ค. นำเสนอในรูปแบบกราฟแผนภูมิวงกลม</p> <p>ง. นำเสนอในรูปแบบวาดภาพหรือสร้างแบบจำลอง</p>																			
	<table border="1" data-bbox="421 770 1027 1050"> <thead> <tr> <th>จำนวนเวลา</th> <th>อุณหภูมิของสาร A</th> <th>อุณหภูมิของสาร B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 นาที</td> <td>28 องศาเซลเซียส</td> <td>28 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>1 นาที</td> <td>29 องศาเซลเซียส</td> <td>29.5 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>2 นาที</td> <td>30 องศาเซลเซียส</td> <td>32 องศาเซลเซียส</td> </tr> <tr> <td>3 นาที</td> <td>31 องศาเซลเซียส</td> <td>32.5 องศาเซลเซียส</td> </tr> </tbody> </table> <p>4. ข้อมูลดังตาราง เมื่อนำไปทำเป็นกราฟ ข้อใดนำเสนอในรูปแบบของกราฟได้ถูกต้อง</p> <p>ก.</p>  <p>ข.</p> 	จำนวนเวลา	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B	0 นาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส	1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส	2 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส	3 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส				
จำนวนเวลา	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B																		
0 นาที	28 องศาเซลเซียส	28 องศาเซลเซียส																		
1 นาที	29 องศาเซลเซียส	29.5 องศาเซลเซียส																		
2 นาที	30 องศาเซลเซียส	32 องศาเซลเซียส																		
3 นาที	31 องศาเซลเซียส	32.5 องศาเซลเซียส																		

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ																														
		1	0	-1																															
	<p>ค.</p>  <p>กราฟแสดงข้อมูลอุณหภูมิของสารเมื่อได้รับความร้อน</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>เวลา (นาทีก)</th> <th>อุณหภูมิของสาร A</th> <th>อุณหภูมิของสาร B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>28</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>30</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>30</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>31</td> <td>33</td> </tr> </tbody> </table> <p>ง.</p>  <p>กราฟแสดงข้อมูลอุณหภูมิของสารเมื่อได้รับความร้อน</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>เวลา (นาทีก)</th> <th>อุณหภูมิของสาร A</th> <th>อุณหภูมิของสาร B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>28</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>28</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>30</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>31</td> <td>33</td> </tr> </tbody> </table>	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B	0	28	28	1	30	31	2	30	32	3	31	33	เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B	0	28	28	1	28	31	2	30	34	3	31	33				
เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B																																	
0	28	28																																	
1	30	31																																	
2	30	32																																	
3	31	33																																	
เวลา (นาทีก)	อุณหภูมิของสาร A	อุณหภูมิของสาร B																																	
0	28	28																																	
1	28	31																																	
2	30	34																																	
3	31	33																																	

ทักษะ	ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		1	0	-1	
	<p>5. แบบจำลองใดแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของสสาร จากของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลว</p> <p>ก. </p> <p>ข. </p> <p>ค. </p> <p>ง. </p>				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....



จากการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ข้าพเจ้ามีความเห็นว่า

- แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความเหมาะสมดีแล้ว สามารถนำไปใช้ทดลองได้
- แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความเหมาะสม แต่ควรปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปใช้ทดลอง
- แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และคำถามท้ายบทเรียนยังไม่มีความเหมาะสม

ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้วิจัยขอกราบขอบขอบคุณท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาประเมินความเหมาะสมของรูปแบบอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก จ  
ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการตรวจสอบคุณภาพโดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความต้องการ  
จำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาตอนต้น

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					หมายเหตุ
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	
	1	2	3	4	5	
ช่วยให้ฉันเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้ฉันมีทิศทางในการทดลองหาคำตอบ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้ฉันกำหนดขอบเขตของการทดลอง	+1	0	+1	0	+1	0.60
ช่วยให้ฉันกำหนดตัวแปรได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้ฉันควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้ฉันสามารถสรุปผลจากการทดลองได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้ฉันออกแบบการทดลองได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้ฉันบันทึกผลและสรุปการทำงาน ทดลองได้	+1	0	+1	0	+1	0.60
ช่วยให้ฉันสามารถเสนอแนวคิดรวบยอดได้	+1	0	+1	+1	+1	0.80
สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยลดระยะเวลาในการทดลองได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถทดลองซ้ำๆ ได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ	0	+1	+1	+1	0	0.60
ฉันรู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจากการทดลอง	+1	+1	0	+1	+1	0.80

ผลการตรวจสอบคุณภาพโดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามปัจจัยที่ส่งผล  
ในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ตอนต้น

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					หมายเหตุ
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	
	1	2	3	4	5	
เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ตนเอง เบื้องต้น	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม	+1	0	+1	0	+1	0.60
ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เสมือนจริง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง	+1	0	+1	+1	+1	0.80
ใช้เป็นการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	+1	0	0.80
สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับเพื่อน ร่วมชั้นหรือครูได้	+1	+1	+1	0	+1	0.80

ผลการตรวจสอบคุณภาพโดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความต้องการ  
จำเป็นในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของครูผู้สอนระดับชั้น  
มัธยมศึกษา

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					หมายเหตุ
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	
	1	2	3	4	5	
ช่วยให้นักเรียนเกิดการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า ได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้นักเรียนมีทิศทางในการทดลองหาคำตอบ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้กำหนดขอบเขตของการทดลอง	+1	0	+1	0	+1	0.60
ช่วยให้นักเรียนกำหนดตัวแปรได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้นักเรียนควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลจากการทดลองได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้นักเรียนออกแบบการทดลองได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยให้นักเรียนบันทึกผลและสรุปการทำงาน ทดลองได้	+1	0	+1	0	+1	0.60
ช่วยให้นักเรียนสามารถเสนอแนวคิดรวบยอดได้	+1	0	+1	+1	+1	0.80
ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้รู้นอกสถานที่ได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
ช่วยลดระยะเวลาในการทดลองได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
นักเรียนสามารถทดลองซ้ำๆ ได้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ สารเคมีต่าง ๆ	0	+1	+1	+1	0	0.60
ช่วยให้นักเรียนรู้สึกปลอดภัยจากอันตรายจาก การทดลอง	+1	+1	0	+1	+1	0.80

ผลการตรวจสอบคุณภาพโดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามปัจจัยที่ส่งผลในการใช้โมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงของของครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษา

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					หมายเหตุ
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	
	1	2	3	4	5	
เนื้อหาครอบคลุมชัดเจน เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
มีตัวละครดำเนินเรื่องของบทเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
มีแบบทดสอบเพื่อให้ประเมินความรู้ของนักเรียนเบื้องต้น	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
การออกแบบสวยงาม น่าสนใจ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
มีฟังก์ชันอำนวยความสะดวกในการใช้งาน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถใช้งานได้กับทุกแพลตฟอร์ม	+1	0	+1	0	+1	0.60
ความเสถียรของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับนักเรียนในการทำกรทดลองวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตัวเอง	+1	0	+1	+1	+1	0.80
สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการทบทวนบทเรียนได้ตลอดเวลา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถใช้เป็นสื่อสำหรับการเรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	+1	+1	+1	+1	0	0.80
สามารถเรียนรู้นอกสถานที่ได้ เข้าเรียนได้ตลอดเวลา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
สามารถสื่อสาร และแสดงความคิดเห็นกับนักเรียนได้	+1	+1	+1	0	+1	0.80

ผลการตรวจสอบโดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความเหมาะสมของ  
แผนการจัดการเรียนรู้

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 4	+1	+1	0	0.67
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 6	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 7	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 8	0	+1	+1	0.67
ข้อที่ 9	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 10	+1	+1	+1	1.00

ผลการตรวจสอบคุณภาพโดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทักษะ  
กระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 4	+1	+1	0	0.67
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 6	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 7	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 8	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 9	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 10	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 11	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 12	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 13	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 14	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 15	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 16	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 17	+1	0	+1	0.67
ข้อที่ 18	+1	+1	0	0.67
ข้อที่ 19	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 20	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 21	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 22	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 23	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 24	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 25	+1	0	+1	0.67
ข้อที่ 26	+1	+1	+1	1.00



ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
ข้อที่ 27	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 28	+1	+1	+1	1.00
ข้อที่ 29	+1	+1	0	0.67
ข้อที่ 30	+1	+1	+1	1.00

ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

รายละเอียด	ผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
	1	2	3			
1. สารระการการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
2. มาตรฐานการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
3. ตัวชี้วัดมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
4. สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้ และผลการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
6. กระบวนการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้และผลการเรียนรู้	5	5	5	5	0.00	ดีมาก
7. สื่อการเรียนการสอนมีความสอดคล้องกับ กระบวนการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
8. มีการนำโมบายล์แอปพลิเคชันที่ใช้ห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เสมือนจริงมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม	5	5	5	5	0.00	ดีมาก
9. การวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้ และกระบวนการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
10. ความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนแบบ ผสมผสานด้วย 5E ในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	0.00	ดีมาก
<b>รวม</b>				<b>4.77</b>	<b>0.58</b>	<b>ดีมาก</b>

## ผลการทดลองหาค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

ข้อสอบ	$\bar{x}$	S.D.	If item dropped Cronbach's Alpha
ข้อที่ 1	.55	.510	.963
ข้อที่ 2	.50	.513	.961
ข้อที่ 3	.65	.489	.961
ข้อที่ 4	.35	.489	.962
ข้อที่ 5	.55	.510	.960
ข้อที่ 6	.45	.510	.960
ข้อที่ 7	.40	.503	.960
ข้อที่ 8	.60	.503	.962
ข้อที่ 9	.60	.503	.963
ข้อที่ 10	.75	.444	.962
ข้อที่ 11	.25	.444	.962
ข้อที่ 12	.70	.470	.963
ข้อที่ 13	.50	.513	.960
ข้อที่ 14	.45	.510	.961
ข้อที่ 15	.40	.503	.960
ข้อที่ 16	.70	.470	.963
ข้อที่ 17	.45	.510	.960
ข้อที่ 18	.30	.470	.962
ข้อที่ 19	.70	.470	.961
ข้อที่ 20	.60	.503	.960
ข้อที่ 21	.55	.510	.961
ข้อที่ 22	.50	.513	.961
ข้อที่ 23	.40	.503	.961
ข้อที่ 24	.40	.503	.960
ข้อที่ 25	.55	.510	.963
ข้อที่ 26	.75	.444	.962
ข้อที่ 27	.70	.470	.961

ข้อสอบ	$\bar{x}$	S.D.	If item dropped Cronbach's Alpha
ข้อที่ 28	.50	.513	.960
ข้อที่ 29	.45	.510	.960
ข้อที่ 30	.65	.489	.962
รวม			.962



ผลการทดลองหาค่าดัชนีความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

ข้อที่	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก		ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
	N = 20			
	คะแนนกลุ่มสูง	คะแนนกลุ่มต่ำ		
ข้อที่ 1	8	3	.55	.50
ข้อที่ 2	9	1	.50	.80
ข้อที่ 3	10	3	.65	.70
ข้อที่ 4	6	1	.35	.50
ข้อที่ 5	10	1	.55	.90
ข้อที่ 6	9	0	.45	.90
ข้อที่ 7	8	0	.40	.80
ข้อที่ 8	9	3	.60	.60
ข้อที่ 9	8	4	.60	.40
ข้อที่ 10	10	5	.75	.50
ข้อที่ 11	5	0	.25	.50
ข้อที่ 12	9	5	.70	.40
ข้อที่ 13	9	1	.50	.80
ข้อที่ 14	8	1	.45	.70
ข้อที่ 15	8	0	.40	.80
ข้อที่ 16	9	5	.70	.40
ข้อที่ 17	9	0	.45	.90
ข้อที่ 18	6	0	.30	.60
ข้อที่ 19	10	4	.70	.60
ข้อที่ 20	10	2	.60	.80
ข้อที่ 21	9	2	.55	.70
ข้อที่ 22	8	2	.50	.60
ข้อที่ 23	7	1	.40	.60
ข้อที่ 24	8	0	.40	.80
ข้อที่ 25	8	3	.55	.50

ข้อที่	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก		ค่าความยาก ง่าย (P)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)
	N = 20			
	คะแนนกลุ่มสูง	คะแนนกลุ่มต่ำ		
ข้อที่ 26	10	5	.75	.50
ข้อที่ 27	10	4	.70	.60
ข้อที่ 28	9	1	.50	.80
ข้อที่ 29	8	1	.45	.70
ข้อที่ 30	9	4	.65	.50



ผลการประเมินคุณภาพสื่อโมบายล์แอปพลิเคชันห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสมือนจริงร่วมกับการเรียนรู้แบบผสมผสานเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

รายละเอียด	ผู้เชี่ยวชาญ						$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
	1	2	3	4	5	6			
1. มีความถูกต้อง / สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้	5	4	4	4	5	5	4.50	.55	ดีมาก
2. มีความถูกต้อง / สอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา	5	5	5	4	5	5	4.83	.41	ดีมาก
3. มีความถูกต้อง / สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	4	5	5	4.83	.41	ดีมาก
4. มีความถูกต้อง / สอดคล้องกับตัวชี้วัด	5	5	4	4	5	5	4.67	.52	ดีมาก
5. มีความทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากที่เรียนปกติ	4	5	4	5	5	5	4.67	.52	ดีมาก
6. กระตุ้นให้เกิดการคิด เรียนรู้ด้วยตนเอง	5	5	5	5	5	4	4.83	.41	ดีมาก
7. สื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้ และพัฒนา ความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	5	5	5	5	4	4.83	.41	ดีมาก
8. แบบตัวอักษรเหมาะสมและง่ายต่อการอ่าน	5	5	5	5	5	4	4.83	.41	ดีมาก
9. สีของตัวอักษรและพื้นหลังมีความเหมาะสม	4	5	4	5	5	5	4.67	.52	ดีมาก
10. ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสมกับหน้าจอ	4	4	5	5	5	5	4.67	.52	ดีมาก
11. ภาพประกอบมีความเหมาะสม	5	4	4	5	5	5	4.67	.52	ดีมาก
12. การจัดวางองค์ประกอบแต่ละส่วนในหน้าจอมีความ เหมาะสม	5	4	5	5	5	4	4.67	.52	ดีมาก
13. การสื่อสารผ่านปุ่มและสัญลักษณ์ต่างๆ สามารถสื่อ ความหมายได้ถูกต้อง	4	4	5	5	5	4	4.50	.55	ดีมาก
14. สื่อที่มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5	5.00	.00	ดีมาก
15. สะดวก ง่ายต่อการใช้งาน	5	5	4	5	5	4	4.67	.52	ดีมาก
<b>รวม</b>							<b>4.72</b>	<b>.15</b>	<b>ดีมาก</b>



ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายด้านก่อนเรียนและหลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางแสดง ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายด้านก่อนเรียน  
และหลังเรียน

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test	Sig.
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
<b>ทักษะการตั้งสมมติฐาน</b>	<b>5</b>	<b>1.47</b>	<b>0.68</b>	<b>3.33</b>	<b>0.88</b>	<b>13.17</b>	<b>.000</b>
ข้อที่ 1	1	0.47	0.51	0.73	0.45	2.81	.009
ข้อที่ 2	1	0.33	0.48	0.73	0.45	4.40	.000
ข้อที่ 3	1	0.33	0.48	0.83	0.38	5.39	.000
ข้อที่ 4	1	0.27	0.45	0.53	0.51	3.25	.000
ข้อที่ 5	1	0.07	0.25	0.50	0.51	4.71	.000
<b>ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ</b>	<b>5</b>	<b>1.53</b>	<b>0.63</b>	<b>3.50</b>	<b>0.94</b>	<b>10.78</b>	<b>.000</b>
ข้อที่ 6	1	0.30	0.49	0.60	0.50	2.97	.006
ข้อที่ 7	1	0.53	0.51	0.77	0.43	2.97	.006
ข้อที่ 8	1	0.30	0.47	0.67	0.48	4.10	.000
ข้อที่ 9	1	0.17	0.38	0.77	0.43	6.60	.000
ข้อที่ 10	1	0.17	0.38	0.70	0.47	5.76	.000
<b>ทักษะการกำหนดตัวแปรและ ควบคุมตัวแปร</b>	<b>5</b>	<b>1.50</b>	<b>0.57</b>	<b>3.40</b>	<b>0.67</b>	<b>12.32</b>	<b>.000</b>
ข้อที่ 11	1	0.37	0.49	0.53	0.51	2.41	.023
ข้อที่ 12	1	0.40	0.50	0.80	0.41	4.40	.000
ข้อที่ 13	1	0.23	0.43	0.77	0.43	5.76	.000
ข้อที่ 14	1	0.17	0.38	0.57	0.50	3.89	.001
ข้อที่ 15	1	0.33	0.48	0.73	0.45	4.40	.000
<b>ทักษะการทดลอง</b>	<b>5</b>	<b>1.73</b>	<b>0.91</b>	<b>3.37</b>	<b>0.89</b>	<b>12.45</b>	<b>.000</b>
ข้อที่ 16	1	0.50	0.51	0.73	0.45	2.97	.006
ข้อที่ 17	1	0.47	0.51	0.70	0.47	2.97	.006
ข้อที่ 18	1	0.20	0.41	0.57	0.50	4.10	.000
ข้อที่ 19	1	0.30	0.47	0.67	0.48	4.10	.000
ข้อที่ 20	1	0.27	0.45	0.70	0.47	4.71	.000



ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test	Sig.
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
<b>ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป</b>	<b>5</b>	<b>1.50</b>	<b>0.57</b>	<b>3.37</b>	<b>0.99</b>	<b>12.48</b>	<b>.000</b>
ข้อที่ 21	1	0.43	0.50	0.60	0.50	2.41	.023
ข้อที่ 22	1	0.37	0.49	0.77	0.43	4.40	.000
ข้อที่ 23	1	0.40	0.50	0.67	0.48	3.25	.003
ข้อที่ 24	1	0.17	0.38	0.80	0.41	7.08	.000
ข้อที่ 25	1	0.13	0.35	0.53	0.51	4.40	.000
<b>ทักษะการสร้างแบบจำลอง</b>	<b>5</b>	<b>1.60</b>	<b>0.89</b>	<b>3.57</b>	<b>1.07</b>	<b>12.10</b>	<b>.000</b>
ข้อที่ 26	1	0.40	0.50	0.73	0.45	3.81	.001
ข้อที่ 27	1	0.37	0.49	0.80	0.41	4.71	.000
ข้อที่ 28	1	0.30	0.47	0.60	0.50	3.53	.001
ข้อที่ 29	1	0.20	0.41	0.80	0.41	6.60	.000
ข้อที่ 30	1	0.33	0.48	0.63	0.48	3.53	.001
<b>รวม</b>	<b>30</b>	<b>9.33</b>	<b>2.75</b>	<b>20.53</b>	<b>4.25</b>	<b>24.57</b>	<b>.000</b>

\*  $p < .05$

จากตารางพบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทุกด้านมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายข้อคำถามในแต่ละด้านพบเช่นเดียวกันว่ามีคะแนนเฉลี่ยของทุกข้อคำถามมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายณัฐพล สิงสุข
วัน เดือน ปี เกิด	1 กันยายน 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดอำนาจเจริญ
วุฒิการศึกษา	ครุศาสตรบัณฑิต คณะครุศาสตร์ สาขาเคมีและวิทยาศาสตร์ ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ที่อยู่ปัจจุบัน	กรุงเทพมหานคร



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY