

HX 130241

การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ  
เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นางสาวสุจิตรา แสนวัง



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ. 2564

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



ใบอนุญาตวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นางสาวสุจิตรา แสนวัง แล้ว  
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม)



กรรมการ



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์)



กรรมการ



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี อินสำราญ)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณรงค์ สิริปิยะสิงห์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรรคำ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....ปี.....  
09 ก.ย. 2564

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย : นางสาวสุจิตรา แสนวัง

ปริญญา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ชีววิทยาศึกษา)  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี อินสำราญ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณรงค์ สิริปิยะสิงห์

ปีการศึกษา : 2564

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์ และการทำงานของเซลล์ 2) หาค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง เป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 44 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนกระสังพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่มโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น จำนวน 5 บทปฏิบัติการ แต่ละบทปฏิบัติการใช้เวลาในการสอน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.24 ถึง 0.96 ความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.94 และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน t-test (Dependent Samples)

ผลการวิจัยพบว่า 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.34 ถึง 4.61) 2) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะมีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.687 3) นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะในระดับพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32

คำสำคัญ : บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ; เซลล์และการทำงานของเซลล์



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

**Title** : Development of Science Laboratory Lessons  
Entitled: *Cell and Cell Function* of Mathayomsuksa 4 Students

**Author** : Miss Sujittra Sanwung

**Degree** : Master of Science (Biology Education)  
Rajabhat Maha Sarakham University

**Advisors** : Assistant Professor Dr.Yuwadee Insumram  
Assistant Professor Dr.Pornarong Siripiyasing

**Year** : 2021

## ABSTRACT

This research aimed to 1) develop science laboratory lessons entitled: *Cell and Cell Function*, 2) find the effectiveness index of science laboratory lessons, 3) compare the learning outcomes of the students' cognitive learning before and after studying by using the science laboratory lessons, and 4) study the satisfaction of the students towards learning with the science laboratory lessons. Subjects were 44 of mathayomsuksa 4 students in Krasangpittayakom school the Secondary Education Service Area Office Burirum in the second semester, 2020 academic year gained by the cluster random sampling technique. Instruments used in this research consisted of 5 Science Laboratory Lessons (5E learning cycle), A Cognitive Learning Test with discrimination index from 0.24-0.96 and reliability at 0.94, and A Satisfaction towards learning by using science laboratory lessons Questionnaire. Statistics used for data analysis were mean, percentage, standard deviation. The t-test (dependent samples) was used test research hypothesis.

The research findings were 1) the quality of the developed science laboratory lessons were at the good level ( $\bar{X} = 4.34-4.61$ ), 2) the effectiveness index of the developed science laboratory lessons was 0.687, 3) after studying, the students showed cognitive learning mean score statistically higher than those before studying at the .05 level of significant difference, and 4) the students' satisfaction towards learning through the science laboratory lessons was at the good level.

**Keywords:** Science Laboratory Lesson, *Cell and Cell function*

*Yudha*

Major Advisor

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี อินสำราญ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณรงค์ สิริปิยะสิงห์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ช่วยกระตุ้นให้ผู้วิจัย รักการทำงานและให้กำลังใจในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำคอยชี้แนะแนวทางต่างๆ และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กรรณิการ์ ทองดอนเป็รียง นางสาวสุภิญญา ฤาพรผาด และนางกาญจนา ประสงค์ดี ที่เสียสละเวลา ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ คณะครูและนักเรียนโรงเรียนกระสังพิทยาคม อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของวิจัย ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแก่ บิดา มารดา ตลอดจนครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ ประสพอิทธิพรสาทความรู้แก่ผู้วิจัยให้ประสบผลสำเร็จ และดลบันดาลให้พบแต่ความสุขตลอดไป

นางสาวสุจิตรา แสนวัง

## สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทคัดย่อ .....	ก
ABSTRACT .....	ข
กิตติกรรมประกาศ .....	ค
สารบัญ .....	ง
สารบัญตาราง .....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย .....	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย .....	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย .....	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ .....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	6
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม .....	7
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 .....	7
2.2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) .....	10
2.3 การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ .....	20
2.4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ .....	26
2.5 หลักการวัดผลและประเมินผลการศึกษา .....	31
2.6 ความพึงพอใจ .....	39
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย .....	46
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	46
3.2 เครื่องมือวิจัย .....	46
3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย .....	47

หัวเรื่อง	หน้า
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	54
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล .....	56
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย .....	58
บทที่ 4 ผลการวิจัย .....	61
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	61
4.2 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	61
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	62
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	67
5.1 สรุป.....	67
5.2 อภิปรายผล .....	68
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	71
บรรณานุกรม .....	72
ภาคผนวก .....	78
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือในการวิจัย และตัวอย่างหนังสือ ขอความอนุเคราะห์ในการทดลองใช้และเก็บข้อมูลวิจัย .....	79
ภาคผนวก ข แบบประเมินและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	86
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	107
ภาคผนวก ง แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ และบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ .....	117
การเผยแพร่ผลงานวิจัย .....	149
ประวัติผู้วิจัย .....	150

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ชีววิทยา ข้อ 1 .....	16
3.1 รายชั่วโมงของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ .....	47
3.2 ตารางวิเคราะห์เพื่อออกข้อสอบ .....	50
3.3 ระยะเวลาการทดลองและเก็บข้อมูล .....	56
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ .....	62
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ .....	63
4.3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่องเซลล์และการทำงานของ ของเซลล์ .....	64
4.4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ .....	65
ข.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และ การทำงานของเซลล์ โดยผู้เชี่ยวชาญ .....	94
ข.2 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง เซลล์และ การทำงานของเซลล์.....	102
ข.3 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจต่อการเรียน ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ .....	104
ข.4 หาความยากง่าย และอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดความรู้ด้านความรู้แบบอิงเกณฑ์ ของเบรนนัน (Brennan) และหาความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยวิธีการของโลเวท (Lovett).....	105
ค.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และ การทำงานของเซลล์ .....	108
ค.2 คะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้.....	109
ค.3 การวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ .....	114



ตารางที่	หน้า
ค.4 วิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และทำงานของเซลล์ .....	114
ค.5 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ .....	115



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานจะต้องสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เพื่อพัฒนา และเสริมสร้างศักยภาพคนของชาติให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยการยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากลสอดคล้องกับ ประเทศไทย 4.0 และโลกในศตวรรษที่ 21 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) วิทยาศาสตร์มีบทบาท สำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งใน ชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิถีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่ง การเรียนรู้ (K: knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้ วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 30)

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มา จัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่ สำคัญ เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญ ในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิต เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะใน

การสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 30) แม้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในฐานะผู้รับผิดชอบหลักสูตร วิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศได้วางเป้าหมาย ปรัชญา กระบวนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาและแนวคิด รวบรวมหลักของรายวิชาไว้เป็นมาตรฐานสากลเช่นเดียวกับนานาชาติ แต่ก็พบว่าไม่มีการนำ ปรัชญาและเป้าหมายของหลักสูตรลงสู่การปฏิบัติอย่างแท้จริง อีกทั้งยังไม่สามารถแก้ไขผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาของ นักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบการจัดการศึกษาแห่งชาติขั้น พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559-2562 วิชาวิทยาศาสตร์ ค่าเฉลี่ยระดับประเทศคิด เป็นร้อยละ 31.12, 26.69, 27.90 และ 26.69 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ควรได้รับการพัฒนา (โรงเรียนกระสังพิทยาคม, 2562) จากรายงานผลการประเมินตนเองของสถานศึกษา ประจำปี การศึกษา 2562 ของโรงเรียนกระสังพิทยาคม พบว่าโรงเรียนยังมีผลการทดสอบระดับชาติอยู่ใน ระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ

จากประสบการณ์สอนของครูผู้สอนวิชาชีววิทยาใน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนมีปัญหาต่อการทำความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียน เนื่องจากธรรมชาติของ เนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรม ซ้ำซ้อน มีเนื้อหาและคำศัพท์เฉพาะให้จดจำมาก และยากต่อการทำ ความเข้าใจเนื้อหาในเวลาอันสั้นได้ ซึ่งผู้เรียนมีความแตกต่างกัน ประกอบด้วยสภาพสังคมที่มี การเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้สอนที่เน้นบรรยายอาจจะไม่ ตอบสนองต่อความสนใจและความถนัดของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนขาด ความสนใจใฝ่รู้ ไม่กระตือรือร้นในการเรียน ส่งผลให้ผลการเรียนรู้ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ รวมถึงวิชาชีววิทยาอยู่ในระดับต่ำ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่ง ของการสอนแบบ

วัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) หรือวัฏจักรการสืบเสาะ (Inquiry Cycle) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่ง ของการเรียนแบบสืบสอบ ซึ่งมี 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement), ขั้นสำรวจและ ค้นหาค้นหา (Exploration), ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation), ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) (BSCS., 1997 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี, 2550) ดังนั้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่สูงขึ้น ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้ลงมือปฏิบัติเอง มีการทดลอง เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จึงควรมีบทปฏิบัติการ เพื่อส่งเสริมศักยภาพในการเรียนวิชาชีววิทยาของผู้เรียนให้มากขึ้น ผู้วิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนใน

รายวิชาชีววิทยาจึงจำเป็นต้องพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์ และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.2 เพื่อหาค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์ และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียน หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนเรียน

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

### 1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระสังพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 6 ห้องเรียน รวม 256 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระสังพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้อง จำนวน 44 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

### 1.4.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

#### 1.4.2.1 ตัวแปรอิสระ คือ

การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

#### 1.4.2.2 ตัวแปรตาม คือ

- 1) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- 2) ความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ

### 1.4.3 ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โดยแบ่งออกเป็น บทปฏิบัติการ จำนวน 5 บทปฏิบัติการ ดังนี้

- บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์
- บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์
- บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์
- บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การหายใจระดับเซลล์
- บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การแบ่งเซลล์

### 1.4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ ทำการทดลองสอนนักเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 15 ชั่วโมง

### 1.4.5 สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

โรงเรียนกระสังพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ หมายถึง บทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 บทปฏิบัติการ เป็นบทปฏิบัติการแบบสืบเสาะ (Scientific Inquiry) โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E Learning Cycle) ได้แก่ ขั้นการสร้าง ความสนใจ (Engagement), ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration), ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation), ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) ซึ่งมีโครงสร้างแบบปฏิบัติการสืบเสาะตามที่ครูกำหนดไว้ให้

(Teacher-Structured Laboratory) ประกอบด้วย ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการ (จุดประสงค์การทดลอง แนวคิดหลัก แนวคิดรอง วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี วิธีดำเนินการทดลอง แบบบันทึกรายงานผลการทดลอง และ คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์)

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ หมายถึง การสร้างบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะให้มีคุณภาพตามหลักการทางวิทยาศาสตร์โดยศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ได้ จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และประเมินคุณภาพในด้านองค์ประกอบของบท ปฏิบัติการวิ โดยมีรายการประเมิน ดังนี้ รูปแบบและเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทดลอง และการวัดผลและประเมินผล ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วน ประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ

ดัชนีประสิทธิผล หมายถึง ค่าที่แสดงความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งคำนวณจากผลต่างของ คะแนนความรู้ก่อนเรียน กับหลังเรียน หารด้วยคะแนน เต็มของแบบการทดสอบ

ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวทางของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ประยุกต์จาก Klopfer (ประวิตร ชูศิลป์, 2548) ดังนี้

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียน มาแล้วเกี่ยวกับตัวความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหลาย การถามเกี่ยวกับ ข้อเท็จจริง (Fact) ข้อตกลง (Convention) นิยาม (Definition) แนวความคิด (Concept) หลักการ (Principle) กฎ (Law) หรือ ทฤษฎี (Theory)

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่งได้ เป็นการ เรียนรู้ในระดับที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความรู้ความจำ

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) หมายถึง ความสามารถ ในด้านต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างที่สำคัญ ได้แก่ การสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูล การจัดกระทำกับข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การสรุป การสร้างและทดสอบ สมมุติฐาน และการแก้ปัญหา

4. การนำความรู้ไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่แตกต่างไปจากเดิมที่เคยเรียนรู้มาแล้ว

วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ โดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 30 ข้อ

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นความรู้สึกชอบ มีความสุขและต้องการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวมุ่งสู่ความสำเร็จที่มีต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาความพึงพอใจ 3 ด้านดังนี้ ด้านที่ 1 ความรู้สึกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ ที่ส่งเสริมผลการเรียนรู้ที่ดีขึ้น

1.6.2 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอน ในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการความรู้โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
3. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ
5. หลักการวัดผลและประเมินผลการศึกษา
6. ความพึงพอใจ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ จัดทำขึ้นสำหรับท้องถิ่นและสถานศึกษาได้นำไปใช้เป็นกรอบและทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา และจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนไทยทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพด้านความรู้ และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง และแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553, น. 1-4)

##### 2.1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้ และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ



## 2.1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

2.1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติและคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

2.1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

2.1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

## 2.1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

2.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

## 2.1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

2.1.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสารมีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม

2.1.4.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.1.4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

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

## 2.1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

2.1.5.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

2.1.4.2 ซื่อสัตย์สุจริต

2.1.4.3 มีวินัย

2.1.4.4 ใฝ่เรียนรู้

2.1.4.5 อยู่อย่างพอเพียง

2.1.4.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

2.1.4.7 รักความเป็นไทย

2.1.4.8 มีจิตสาธารณะ

## 2.2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยง ความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการ สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำ กิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายใน ระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลง ลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์ อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและ การสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2.2.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

2.2.1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2.2.1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์

2.2.1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

2.2.1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

2.2.1.5 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

2.2.1.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

2.2.1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

## 2.2.2 คุณภาพผู้เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2.2.2.1 เข้าใจการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์กลไกการรักษาคุณภาพของมนุษย์ ภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วิวัฒนาการที่ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

2.2.2.2 เข้าใจความหลากหลายของไบโอมในเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลกการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

2.2.2.3 เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม สมบัติบางประการของธาตุ การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว พันธะเคมีโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การเกิดปฏิกิริยาเคมีปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเขียนสมการเคมี

2.2.2.4 เข้าใจปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวลและความเร่งผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า และแรงภายในนิวเคลียส

2.2.2.5 เข้าใจพลังงานนิวเคลียร์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการรวมคลื่น การได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง สื่อกับการมองเห็นสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.2.2.6 เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐาน สาเหตุกระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

2.2.2.7 เข้าใจผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส ที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนของอากาศ และการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรและผลต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และข้อมูลสารสนเทศ

2.2.2.8 เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของ เอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซีโครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดและการสร้างพลังงาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก รวมทั้งการสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

2.2.2.9 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

2.2.2.10 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ

เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวस्तุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

2.2.2.11 วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูล และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

2.2.2.12 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

2.2.2.13 แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2.2.2.14 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2.2.2.15 ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

2.2.2.16 แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษารักษา ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลรักษา ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

2.2.2.17 วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยีได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีที่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะ ทักษะการเพื่อออกแบบสร้างหรือ

พัฒนาผลงาน สำหรับแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสังคม โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและนำเสนอผลงาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

2.2.2.18 ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่น มาประยุกต์ใช้สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม วัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัย มีจริยธรรม

### 2.2.3 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมี วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทันสมัยกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง

#### สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์
2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

### 2.2.4 ผลการเรียนรู้

สาระชีววิทยา ข้อ 1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์ มีผลการเรียนรู้ดังนี้

2.2.4.1 อธิบาย และสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้

2.2.4.2 อภิปราย และบอกความสำคัญของการระบุ ปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้ง ออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

2.2.4.3 สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำ และบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญ ต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต

2.2.4.4 สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญ ของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.4.5 สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.4.6 สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.4.7 อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุ ชนิดของกรดนิวคลีอิก และ ความสำคัญของ กรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.4.8 สืบค้นข้อมูล และอธิบายปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้น ในสิ่งมีชีวิต



2.2.4.9 อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

2.2.4.10 บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ใช้แสง วัตขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏ ภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้และการดูแลรักษา กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง

2.2.4.11 อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้ม เซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

2.2.4.12 สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ ของออร์แกเนลล์

2.2.4.13 อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส

2.2.4.14 อธิบาย และเปรียบเทียบการแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทตและแอกทีฟทรานสปอร์ต

2.2.4.15 สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพ การลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ ด้วยกระบวนการเอกไซโทโทซิสและการลำเลียง สารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส

2.2.4.16 สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและ แบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่ง นิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส

2.2.4.17 อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอน การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจน เพียงพอ และภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

## ตารางที่ 2.1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ชีววิทยา ข้อ 1

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. 4	1. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงวัตขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าและรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์</li> <li>- กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโออาศัยเลนส์ในการทำให้เกิดภาพขยาย</li> <li>- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทำให้เกิดภาพขยายโดยอาศัยเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้ารวมลำอิเล็กตรอนซึ่ง</li> </ul>

(ต่อ)

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. 4	<p>2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์</p> <p>3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์</p> <p>4. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส</p>	<p>มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ ชนิดส่องผ่าน และชนิดส่องกราด</p> <p>- ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงต้องมีวิธีการเตรียมที่ถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของสิ่งมีชีวิต เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการศึกษา</p> <p>- กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดซับซ้อน และราคาค่อนข้างสูง จึงควรใช้อย่างถูกวิธี มีการเก็บและดูแลรักษาที่ถูกต้อง เพื่อให้สามารถใช้งานได้นาน</p> <p>- เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วย ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส</p> <p>- ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบในเซลล์ทุกชนิดคือ เยื่อหุ้มเซลล์ แต่ในแบคทีเรีย สาหร่าย ฟังไจ และพืช จะมีผนังเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์เพิ่มเติมขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง</p> <p>- โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยโมเลกุลของฟอสโฟลิพิดเรียงเป็นสองชั้น และมีโปรตีนแทรกหรืออยู่ที่ผิวทั้งสองด้านของฟอสโฟลิพิด</p> <p>- ไซโทพลาสซึมอยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ ประกอบด้วยไซโทซอลและออร์แกเนลล์</p> <p>- นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์ยูคาริโอต ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม ซึ่งภายในมี DNA RNA และโปรตีนบางชนิด</p>

(ต่อ)

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. 4	<p>5. อธิบาย และเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต</p> <p>6. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ตัวกระบวนการเอกไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ตัวกระบวนการเอนโดไซโทซิส</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สารต่าง ๆ มีการเคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์อยู่ตลอดเวลาโดยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอกทีฟทรานสปอร์ต กระบวนการเอกไซโทซิส กระบวนการเอนโดไซโทซิส</li> <li>- แก๊สต่าง ๆ เข้าหรือออกจากเซลล์โดยการแพร่ ส่วนน้ำเข้าหรือออกจากเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยออสโมซิส</li> <li>- ไอออนและสารบางอย่างที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงได้ จำเป็นต้องอาศัยโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวพาสารนั้นเข้าและออกจากเซลล์ เรียกว่า การแพร่แบบฟาซิลิเทต</li> <li>- แอกทีฟทรานสปอร์ต เป็นการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง</li> <li>- สารบางอย่างที่ไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือลำเลียงผ่านโปรตีนที่เป็นตัวพาได้จะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ ด้วยกระบวนการเอกไซโทซิส</li> <li>- สารที่มีขนาดใหญ่จะสามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส ซึ่งแบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่ พิโนไซโทซิส ฟาโกไซโทซิส และการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ</li> </ul>

(ต่อ)

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. 4	<p>7. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส</p> <p>8. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ และภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักร โดยวัฏจักรของเซลล์ ประกอบด้วย อินเตอร์เฟส การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและการแบ่งไซโทพลาซึม</li> <li>- การแบ่งนิวเคลียสมี 2 แบบ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส</li> <li>- การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ประกอบด้วย ระยะโพรเฟส เมทาเฟส แอานาเฟส และเทโลเฟส</li> <li>- การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสประกอบด้วย ระยะโพรเฟส I เมทาเฟส I แอานาเฟส I เทโลเฟส I ระยะโพรเฟส II เมทาเฟส II แอานาเฟส II และเทโลเฟส II</li> <li>- การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสทำให้เซลล์ร่างกายเพิ่มจำนวนเพื่อการเจริญเติบโต และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอหรือถูกทำลายไปได้ ส่วนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์</li> <li>- การแบ่งไซโทพลาซึมในเซลล์พืชจะมีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์และเซลล์สัตว์จะมีการคอดเว้าเข้าหากันของเยื่อหุ้มเซลล์</li> <li>- การหายใจระดับเซลล์เป็นการสลายสารอาหารที่มีพลังงานสูง โดยมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ไกลโคลิซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน</li> </ul>

(ต่อ)

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม. 4		<ul style="list-style-type: none"> <li>- การหายใจระดับเซลล์ พลังงานส่วนใหญ่ได้จากขั้นตอนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน พลังงานนี้จะถูกเก็บไว้ในพันธะเคมีในโมเลกุลของ ATP</li> <li>- ในภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้การหายใจของเซลล์ไม่สมบูรณ์ จึงเกิดได้เฉพาะไกลโคลิซิสผลที่ได้จากการหายใจในสภาวะนี้ในสัตว์จะได้กรดแลกติก ในจุลินทรีย์และพืชอาจได้กรดแลกติก หรือเอทิลแอลกอฮอล์</li> </ul>

จากเอกสารดังกล่าวข้างต้นเป็นแนวทางที่ให้ผู้ศึกษาได้ศึกษา วิเคราะห์เนื้อหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ นำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

## 2.3 การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

### 2.3.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำว่า “บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์” ตามความหมายในพจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542 ยังไม่ได้บัญญัติคำนี้ไว้ แต่ได้ให้ความหมายของคำว่า “ปฏิบัติการ” หมายถึง การทดลอง พิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายในลักษณะที่เป็นการสอนวิธีหนึ่งที่ใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

วิมล สํารณวานิช (2532, น. 79-80) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการหรือ การทดลอง (Laboratory Method) ว่าการทดลองหมายถึง การที่นักเรียนได้ทำงาน ได้ปฏิบัติ และเรียนรู้จากการทดลองด้วยตนเองภายใต้การแนะนำของครูซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกันขณะปฏิบัติการทดลอง ได้สัมผัสและรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ รู้จักรับผิดชอบงานร่วมกัน

จาร์ส อินทลาภาพร (2545, น. 40) ได้ให้ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดกิจกรรมที่เน้นการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง จนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยมีครูเป็นผู้นำอย่างใกล้ชิด

รัชนิกร ฤทธิรงค์ (2546, น. 6) ได้ให้ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง บทปฏิบัติการที่ให้นักเรียนใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมภาคสนาม ซึ่งประกอบขึ้นด้วยบทปฏิบัติการสำหรับครูบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน และแบบฝึก

พรทิพย์ วงษ์ปานา (2548, น. 48) ได้ให้ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมการทดลองที่สร้างขึ้น เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ สร้างองค์ความรู้จากการได้ทดลองด้วยตนเองโดยมีครูเป็นเพียงผู้นำคำแนะนำ พร้อมทั้งมุ่งให้นักเรียนมีความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทดลอง การนำความรู้ และความสามารถที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมหรือท้องถิ่นของตนเองได้

ปัทมา สันชาตรี (2555, น. 16) ได้ให้ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดการทดลองหรือชุดปฏิบัติการที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำการทดลองด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผล แปลผลและสรุปผลด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว และแสวงหาความรู้ใหม่ภายใต้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดของครูผู้สอน

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ชุดการทดลองหรือชุดปฏิบัติการที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง จนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และแสวงหาความรู้ใหม่ภายใต้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดของครูผู้สอน

### 2.3.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประนอม วุฒิพันธ์ (2550, น. 24, อ้างถึงใน Hofstein and Lunetta, 1982, p. 203) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจความคิดแบบวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจในกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
2. เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น ทักษะการสืบสอบ ความพึงพอใจ เจตคติ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาอื่น ๆ ได้

3. เพื่อช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เกิดความรู้สึกรักชอบซึ่ง และเลียนแบบบทบาทของนักวิทยาศาสตร์

4. เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลองรวมทั้งเข้าใจต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5. เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสามารถทางสติปัญญา

6. เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติการ

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อมุ่งพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎี อยากรู้อยากเห็น มีความพึงพอใจและสามารถนำทักษะต่างๆไปใช้แก้ปัญหาได้

### 2.3.4 รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

วิมล สำราญวานิช (2532, น. 80-81) ได้กำหนดรูปแบบการจัดกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็น 2 แบบดังนี้

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) เป็นการทดลองที่ครูกำหนดปัญหาไว้ก่อนบอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่นๆไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำสั่งชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lab direction) ก็สามารถได้คำตอบจึงเป็นรูปแบบที่เก่าแก่ เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory Works) เป็นการทดลองที่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบเองโดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายวางแผนและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาเมื่อได้แนวทางแล้วนักเรียนจึงแยกทำการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาอธิบายหน้าชั้นอีกครั้ง ซึ่งถือเป็นการทดลองในแบบที่ส่งเสริมสมรรถภาพทางความคิดของนักเรียน เป็นรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบสอบ (Inquiry Model) เน้นให้นักเรียนได้ค้นและสืบสอบในหลักการที่วิเคราะห์วิจารณ์ในห้องเรียน นักเรียนมีการวางแผนการทดลองซึ่งประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานและสร้างแบบการทดลองตามลำดับแล้วจึงลงมือทดลองตามแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งครูควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อนแล้วค่อยๆ ลดการกำหนดแนวทางของครูจนนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543, น. 87-88) ได้กำหนดชนิดของวิธีสอนแบบทดลองแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1. วิธีสอนแบบทดลองตามบทปฏิบัติการหรือตามแบบฝึก (Laboratory Approach or Cookbook Experiment) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติตามใบงานการทดลอง (Lab Sheet)

ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เรียบร้อยโดยมุ่งหวังให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในข้อเท็จจริงหรือมโนคติ และเน้นการตรวจสอบหลักการ กฎ และทฤษฎี

2. วิธีสอนแบบทดลองโดยมีการชี้แนะ (Guided Experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียน ได้คิดออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยตนเองโดยมีครูคอยตั้งคำถามชี้แนะแนวทาง

3. วิธีสอนแบบทดลองที่แท้จริง (Pure Experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีวิธีการในการคิด ทั้งด้านการเลือก กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 219-220) ได้สรุปถึงวิธีการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้ การเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการสอนแบบทดลอง ซึ่งเป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิธีหนึ่ง โดยอาศัยกิจกรรมการเรียนการสอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่มีซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย ความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ได้เรียนมา เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือกระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็น หรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อนักเรียนยอมรับคำถามหรือประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ มีวิธีการตรวจสอบซึ่งวิธี การตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แผลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างองค์ความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้



4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม นำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ จากขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นแบบแผนที่ครูกำหนดขึ้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกการทดลอง ให้นักเรียนปฏิบัติตามคำชี้แจงและใช้ลำดับขั้นการจัดกิจกรรมแบบ 5E ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

### 2.3.5 หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประวิตร ชูศิลป์ (2524, น. 5-6) และวิมล สำราญวานิช (2532, น. 83-84) ได้กล่าวถึงหน้าที่และบทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งครูมีหน้าที่และบทบาทสำคัญที่จะช่วยเหลือแนะแนวทางให้นักเรียนพบความสำเร็จในการทดลองโดยแบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้

1. **หน้าที่ก่อนทดลองหรือการอธิบายก่อนทดลอง (Pre-Lab Discussion)** โดยครูต้องเตรียมคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นเป็นการแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป หน้าที่โดยตรงของครูได้แก่ การกำหนดจุดหมายให้ชัดเจน ทดลองด้วยตนเอง ก่อนวางแผนและกำหนดวิธีแก้ปัญหา เตรียมความพร้อมในเรื่องอุปกรณ์ แบ่งกลุ่มนักเรียนตามความเหมาะสม ถ้าเป็นการทดลองแบบสำเร็จรูปครูต้องจัดทำคู่มือการทดลอง ให้พร้อม รวมทั้งวางแผนเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล

2. **หน้าที่ระหว่างนักเรียนทำการทดลองหรือการให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment Period)** ครูต้องคอยดูแลให้คำแนะนำต่าง ๆ อย่างใกล้ชิด คอยเตือนเรื่องความปลอดภัย กำหนดเวลาให้พอเหมาะสำหรับการทดลองแต่ละเรื่อง ควบคุมดูแลให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทดลอง หรือการทำงานเป็นกลุ่มรวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนสังเกต และบันทึกผลการทดลอง

3. **หน้าที่หลังการทดลองหรือการอภิปรายผลการทดลอง (Post-Lab Discussion)** ครูต้องเตรียมคำถามต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็น กฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่าง ๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้

ได้ ในส่วนของนักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนรายงานเสนอผลการทดลอง อภิปรายผล และสรุปประเด็นสำคัญ เสนอแนะให้นักเรียนไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ

สรุปได้ว่า หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการ จะต้องทำหน้าที่ดูแลให้คำแนะนำนักเรียนตั้งแต่ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง ตลอดจนการอภิปรายผลการทดลอง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น มีความระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัย ดูแลให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการ รวมทั้งสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลองเป็นกฎ ทฤษฎี หรือ หลักการ ต่างๆเพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และนำความรู้เหล่านั้นไปใช้ ตลอดจนค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่อง เหล่านั้นจากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆได้ด้วยตนเอง

### 2.3.6 ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการ

จากการศึกษาเอกสารด้านวิชาการของ บุญชม ศรีสะอาด (2541, น. 69), สุเทพ อุตสาหะ (2526, น. 68), วิมล สำราญวานิช (2532, น. 85) และสุภาพ วาดเขียน (2523, น. 10) สรุปประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการ ดังนี้

1. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และมีโอกาสฝึกทักษะในการทดลองและใช้
2. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
3. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัส
4. หลายด้านโดยตรงและอาจศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสิ่งที่สามารถเรียนด้วยตนเองได้
5. เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง
6. เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองโดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง
7. นักเรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมี
8. ทักษะมากขึ้น
9. นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน
10. การจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการอาจดำเนินการโดยผู้เรียนเป็น
11. รายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ได้ เป็นการฝึกการทำงานร่วมกันแบบประชาธิปไตย
12. เป็นการเตรียมนักเรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในการ
13. แก้ปัญหา รวมทั้งเป็นการฝึกการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ
14. ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือการสอนแบบทดลองเป็นการสร้างองค์ความรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนซึ่งได้รับประสบการณ์ตรง มีโอกาสฝึกทักษะ รู้จักการแก้ปัญหาในการทำงานร่วมกัน นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยบททดลองที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง รู้จักเชื่อมโยงความรู้ที่ได้ศึกษาจากการทำการทดลองกับการศึกษาค้นคว้าในเรื่องใหม่ ๆ เป็นการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง เกิดความรู้เกี่ยวกับกฎ หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ

## 2.4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

### 2.4.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es)

นักวิชาการศึกษาเรียกวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะในคำที่แตกต่างกันไป เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนแบบสอบสวน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบสืบเสาะ การสอนแบบสืบค้น การสอนแบบสืบสอบ เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า “สืบเสาะหาความรู้” ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, น. 123) ให้ความหมายว่า การสอนแบบสืบเสาะ หมายถึง การสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหาโดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดการวางแผนการเรียนนักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการเป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) กล่าวว่า การสืบเสาะเป็นรูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบสวนตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า

นิพนธ์ จันเลน (2557) กล่าวว่า จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ได้เริ่มนำกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะมาใช้ในห้องเรียน ในช่วงปี 1938 หลังจากนั้นการเรียนการสอนแบบสืบเสาะได้รับการยอมรับและมีบทบาทในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยด้วย นักจิตวิทยา นักการศึกษา และกลุ่มนักคิดค้นได้ปรับเปลี่ยนการสืบเสาะจากแนวคิดเดิม เพื่อนำมาใช้ในห้องเรียน ทำให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หลากหลายรูปแบบ และได้อ้างอิงงานของ National Research Council: NRC (1996) ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่กล่าวไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะ คือ ชุดของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน เริ่มจากการตั้งคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติโดยนักวิทยาศาสตร์และนักเรียน จากนั้นดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบนั้นและด้วยกระบวนการดังกล่าวนี้เองจึงทำให้นักเรียนได้มาซึ่งความรู้ และสามารถสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ แบบจำลองและ ทฤษฎี และมีลักษณะเฉพาะของห้องเรียนแบบสืบเสาะ (Essential features of classroom inquiry) ที่ถูกเพิ่มขึ้นมาในปี พ.ศ. 2543 (NRC, 2000) คือ

1. ผู้เรียนมีความสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Learner engages in scientifically oriented questions)
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ใช้ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Learner gives priority to evidence in responding to questions)
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่มีอยู่ (Learner formulates explanations from evidence)
4. ผู้เรียนเชื่อมต่อกำอธิบายเข้ากับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Learner connects explanations to scientific knowledge)
5. ผู้เรียนสื่อสาร ถ่ายทอด และแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลของคำอธิบายที่สร้างขึ้น (Learner communicates and justifies explanations)

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง

#### 2.4.2 ลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะ

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558) การจัดการเรียนรู้ด้วยการศึกษาหาความรู้เป็นวิธีการหรือแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสร้างหรือได้รับองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเองผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบหรือทดลอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยเพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักรู้ว่า “เราต้ององค์ความรู้

ต่างๆมาได้อย่างไร” มากกว่าแค่รู้ว่า “เรารู้องค์ความรู้อะไร” ดังนั้นกิจกรรมที่จัดได้ว่าเป็นการศึกษาหาความรู้มีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการดังนี้

1. ผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ คนเราจะตั้งคำถามต่าง ๆ ได้ก็ต่อเมื่อเกิดการสังเกตเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยต่าง ๆ ขึ้นในตนเองแม้ว่าผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะและฝึกกระบวนการการสร้างคำถาม แต่จะพบได้ว่าในสถานการณ์จริงเราอาจจะไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกเรื่องในช่วงเวลานั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อจำกัดของความรู้ วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะมาช่วยในการตอบคำถามที่สงสัย ดังนั้นผู้สอนควรจะเป็นผู้ช่วย เป็นผู้แนะนำให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดหรือปรับข้อคำถามให้เป็นคำถามที่สามารถสำรวจ ตรวจสอบ หรือสามารถตั้งสมมุติฐานที่ตรวจสอบได้ผ่านกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์

2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้นจากคำถามที่ตั้งขึ้นผู้เรียนจะทำการปฏิบัติเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น จากการสำรวจ ตรวจสอบ หรือจากการทดลองผู้เรียนจึงจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยความละเอียดถูกต้องและแม่นยำด้วยกระบวนการทำวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจะให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำ ผู้เรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ประเมินถึงข้อดีและข้อด้อยของเครื่องมือแต่ละชนิดเสียก่อน เพื่อจะได้เลือกใช้ที่ได้ถูกต้องเหมาะสมด้วยความชำนาญ ดังนั้นครูจึงควรให้ความสำคัญกับการฝึกทักษะการปฏิบัติการเบื้องต้นก่อนการใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มีเมื่อผู้เรียนได้เก็บข้อมูลต่าง ๆ ด้วยความละเอียดแล้ว ข้อมูลดิบที่ได้มาจะถูกนำมาวิเคราะห์และใช้เป็นหลักฐานในการใช้สร้างคำอธิบาย ดังนั้นผู้เรียนจึงจำเป็นต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่เหมาะสม อย่างซื่อสัตย์ และสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาที่ตั้งไว้

4. ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เมื่อผู้เรียนได้หลักฐาน สามารถสร้างคำอธิบายและใช้กระบวนการสังเคราะห์ออกมาเป็นคำอธิบายของตนเอง แล้วผู้เรียนควรได้ทำการสืบค้นเพื่อศึกษาขอเพิ่มเติมว่า จากองค์ความรู้ที่ผู้เรียนได้นั้นมีความสอดคล้องหรือแตกต่างจากองค์ความรู้ เช่น หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันอย่างไร

5. ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุการณ์ที่ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้จากการลงมือปฏิบัติและสืบเสาะด้วยตนเอง ความรู้ใหม่ที่ได้ (ในที่นี้อาจไม่ใช่ความรู้ใหม่ทั่วไป แต่เป็นความรู้ใหม่ของผู้เรียน) จะช่วยให้ผู้เรียนได้รู้สึกเห็นคุณค่าของการทำงานอย่าง เช่น นักวิทยาศาสตร์ ซึ่งการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะไม่สิ้นสุดลงที่การได้ผลการทดลองแต่นักวิทยาศาสตร์จะนำองค์ความรู้ที่ได้มาใช้สื่อสารต่อประชาคมโลก ดังนั้นการสื่อสารจึงเป็นอีก

คุณลักษณะหนึ่งที่สำคัญ กล่าวคือ การเปิดโอกาสให้ผู้อื่นได้วิพากษ์ วิจารณ์ผลงาน แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันนั้นเป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกการให้และรับข้อเสนอแนะจากผู้อื่น ซึ่งเป็นการช่วยเติมเต็มความรู้ในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียนเรียนรู้ที่จะรับฟังความคิดเห็น ข้อวิพากษ์และวิจารณ์ของผู้อื่นได้ด้วย

### 2.4.3 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

บุญรัตน์ จันทร (2558, อ้างถึงใน สสวท., 2548) แบ่งการศึกษาหาความรู้ (Level of inquiry) ออกเป็น 4 ระดับ คือ

1. การศึกษาหาความรู้แบบยืนยัน (Confirmed Inquiry) เป็นการตรวจสอบแนวคิด ที่ถูกค้นพบมาแล้ว ดังนั้น ครูจะให้นักเรียนตรวจสอบองค์ความรู้โดยครูเป็นผู้สร้างสถานการณ์ กำหนดปัญหา คำตอบหรือความคาดหวังของคำตอบที่นักเรียนค้นพบ ซึ่งลักษณะกิจกรรมจะเน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ครูกำหนด เช่น ใบกิจกรรม หนังสือเรียน หรือทำตามที่ครูบรรยาย

2. การศึกษาหาความรู้แบบนำทาง (Directed Inquiry) เป็นการสร้างองค์ความรู้จากการสืบเสาะหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยลักษณะกิจกรรมคือครูเป็นผู้สร้างสถานการณ์ เช่น กำหนดปัญหา สาธิต บรรยาย และให้นักเรียนทำกิจกรรมตามวิธีที่ครูบรรยาย

3. การศึกษาหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) เป็นการสร้างองค์ความรู้จากการสืบเสาะหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยลักษณะกิจกรรม คือนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาแต่ครูจะเป็นผู้วางแผนหรือชี้แนะแนวทางการทำกิจกรรม เพื่อสำรวจตรวจสอบเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาครูจะเป็นผู้ให้คำปรึกษา

4. การศึกษาหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry) เป็นการสร้างองค์ความรู้จากการศึกษาหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยลักษณะกิจกรรม คือให้นักเรียนมีอิสระในการสืบเสาะหาความรู้ ตั้งแต่กำหนดปัญหา วางแผนการดำเนินกิจกรรม สำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

### 2.4.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

นักการศึกษาจากกลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Society) ได้เสนอกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้อยู่กับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เป็นความรู้หรือแนวคิดของผู้เรียนเอง เรียกรูปแบบการสอนนี้ว่า วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle) หรือ 5Es (BSCS., 1997, อ้างถึงใน สสวท, 2550) มีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engagement) จุดประสงค์ขั้นตอนนี้คือต้องการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเป็นสิ่งที่สามารถสำรวจความเข้าใจความคิดของนักเรียนในประเด็นที่ครูต้องการสอนได้ พร้อมทั้งเข้าใจความคลาดเคลื่อน (Misconceptions) หรือกิจกรรมเข้าสู่บทเรียน

อาจจะเป็นกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การอ่าน การสาธิตหรือเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเป็นต้น

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นคำที่ต้องการให้นักเรียนร่วมกันสำรวจหาความรู้จากการทำกิจกรรม ซึ่งอาจจะเป็นกิจกรรมธรรมดาหรือกิจกรรมที่ซับซ้อน เพื่อช่วยให้นักเรียนได้สร้างแนวคิดและพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำการทดลองหรือทดสอบสมมุติฐาน โดยจุดประสงค์ของขั้นนี้เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจากประสบการณ์ของตนเองด้วยตนเอง ซึ่งครูสามารถแนะนำแนวคิดกระบวนการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในภายหลังการสำรวจได้

3. การอธิบาย (Eplanation) ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงความคิดจากขั้นการสำรวจเพื่ออธิบาย หรือครูจะต้องตั้งใจฟังทุกประโยคอย่างจริงจังเพื่อขยายความในแนวคิดของนักเรียนหรือแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและแนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นขั้นที่สำคัญมากที่ครูจะต้องชัดเจนในการเชื่อมโยงระหว่างคำอธิบายกับการทดลองและค้นเข้าสู่บทเรียน

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ในขั้นตอนนี้ อาจจะมีนักเรียนบางคนที่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรืออาจจะไม่เข้าใจแนวคิดอยู่หรือเข้าใจแนวคิดเพียงแค่รับทจากการทำการทดลองเพียงอย่างเดียว ในขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนที่ยังเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่สามารถเข้าใจแนวคิดใหม่ได้ถูกต้องได้ ซึ่งขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ทำทหายความคิดของนักเรียนในการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ หรือการขยายผลภายใต้แนวคิดและทักษะในสถานการณ์ใหม่และสามารถสรุปเป็นความเข้าใจเชิงลึกได้

5. การประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้ครูจะเป็นผู้ประเมินความเข้าใจในแนวคิดของนักเรียนและประสิทธิภาพของนักเรียนและทักษะที่หลากหลายของนักเรียน ซึ่งครูสามารถใช้การประเมินความเข้าใจแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการอย่างหลากหลาย อีกทั้งครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้วโดยการประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใดรวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใดข้อสรุปที่ได้จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไปทั้งนี้จะรวมทั้งการประเมินของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

## 2.5 หลักการวัดผลและประเมินผลการศึกษา

### 2.5.1 ความหมายของการทดสอบ

นักวิชาการให้ความหมายของการทดสอบไว้หลากหลาย ดังนี้

ภัทรา นิคมานนท์ (2538, น. 8) การทดสอบ เป็นการใช้เครื่องมือวัดผลที่เรียกว่า แบบทดสอบเพื่อรวบรวมข้อมูลจากบุคคลที่ต้องการวัด

บุญเชิด ภิญโญพงษ์อนันต์ (2545, น. 8) การทดสอบ เป็นวิธีการวัดชนิดหนึ่งที่มีการใช้อย่างกว้างขวางโดยใช้แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดโดยที่การทดสอบเป็นวิธีการที่มีระบบสำหรับ “วัดพฤติกรรมของผู้เรียนและให้ผลการวัดแสดงออกมาเป็นคะแนน”

สมนึก ภัททิยธนี (2545, น. 3) การทดสอบ เป็นส่วนหนึ่งของการวัดผล ในการวัดผลด้านวิทยาศาสตร์หรือด้านกายภาพมักจะใช้คำว่า ทดสอบ ปนกับคำว่า วัดผล เช่น ทดสอบการเป็นกรด-ด่าง ทดสอบการทำงานของเครื่องกล ซึ่งที่จริงก็คือ การวัดผลนั่นเอง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 9) การทดสอบ เป็นกระบวนการใช้แบบสอบสำหรับกำหนดหรือบรรยายคุณลักษณะหรือคุณภาพเฉพาะอย่างของบุคคลหรือกลุ่มบุคคลเพื่อใช้เป็นสารสนเทศสำหรับการตัดสินใจ

จากความหมายดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การทดสอบเป็นการกำหนดสถานการณ์เงื่อนไขหรือการใช้แบบทดสอบ เพื่อเป็นสิ่งเร้ากระตุ้นให้บุคคลหรือผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมตามที่ต้องการออกมาเพื่อที่จะสามารถวัดและสังเกตพฤติกรรมนั้น ๆ ได้

### 2.5.2 ทฤษฎีการทดสอบ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 35-37) ในการวัดใด ๆ มีทฤษฎีการทดสอบที่นักวิชาการเกี่ยวกับการวัดได้นำเสนอไว้เกี่ยวกับรูปแบบการวัดข้อตกลงเบื้องต้นการพัฒนาเครื่องมือการวิเคราะห์และการนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหาการวัดและพัฒนาแบบทดสอบให้มีคุณภาพจำแนกออกเป็น 2 แนวทางตามพัฒนาการดังนี้

2.5.2.1 ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) เป็นทฤษฎีการทดสอบที่ใช้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากคะแนนที่แท้จริงและวิเคราะห์คุณภาพโดยส่วนรวมของข้อสอบและแบบทดสอบที่ใช้สำหรับแต่ละบุคคลในสภาพการทดสอบเฉพาะโดยมีข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญว่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดมีแบบแผนคงที่เหมือนกันสำหรับกลุ่มบุคคลที่ทำแบบทดสอบในภาพรวมโดยไม่สนใจพฤติกรรมคำตอบเป็นรายข้อของแต่ละบุคคลและไม่ใช้การสรุปอ้างอิงไปยังความสามารถหรือคะแนนจริงทั่วไปของบุคคล



2.5.2.2 ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Modern Test Theory) จำแนกเป็น 2 ทฤษฎีย่อย ๆ ดังนี้

1) ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงทางการทดสอบ (Generalizability Theory) มีแนวคิดที่ว่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดจะมีความแตกต่างกันไปตามสถานการณ์ของการวัดเพื่อศึกษาความเชื่อมั่นโดยทั่วไปของแบบทดสอบภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ของการวัด

2) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) มีแนวคิดที่ว่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดมีความแตกต่างกันที่จะขึ้นกับระดับความสามารถของแต่ละบุคคลและคุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อพร้อมทั้งพยายามวัดคุณลักษณะภายในหรือความสามารถที่แท้จริงของแต่ละบุคคล

ในปัจจุบันทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ได้รับการยอมรับว่าให้ผลการวัดที่ชัดเจนตรงประเด็นที่จะสามารถนำไปใช้พัฒนาข้อสอบและแบบทดสอบให้สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพของแบบทดสอบตามเงื่อนไขของการทดสอบรวมทั้งประเมินความสามารถที่แท้จริงและบรรยายพฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบของผู้สอบได้เป็นอย่างดี

### 2.5.3 ความหมายของการวัดผล

มีนักวิชาการให้ความหมายของการวัดผลไว้หลากหลายท่าน ดังนี้

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์ (2535, น. 111) การวัดผล เป็นกระบวนการเชิงปริมาณในการกำหนดค่าเป็นตัวเลขหรือสัญลักษณ์ที่มีความหมายแทนคุณลักษณะของสิ่งที่วัดโดยใช้กฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง

บุญเชิด ภิญญพงษ์อนันต์ (2545, น. 8) การวัดผล เป็นกระบวนการกำหนดตัวเลขให้กับสิ่งที่วัดมีกฎเกณฑ์ที่สามารถวัดคุณลักษณะบางอย่างของผู้เรียนโดยใช้แบบทดสอบเขียนตอบลงบนกระดาษใช้มาตราวัดน้ำหนักและส่วนสูงใช้การทดสอบปฏิบัติอาที่เด็กสามารถเตะลูกบอลได้ไกลเพียงไรและใช้วิธีการอื่น

สมนึก ภัททิยธนี (2545, น. 3) การวัดผล เป็นกระบวนการหาปริมาณความสามารถเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ต้องการ อันสืบเนื่องจากการเรียนการสอน โดยใช้เครื่องมือทางการศึกษาอย่างใดอย่างหนึ่งมาวัดผลจากการวัดจะออกมาเป็นจำนวน (คะแนน) หรือสัญลักษณ์ หรือข้อมูล

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 9) การวัดผล เป็นกระบวนการกำหนดตัวเลขให้แก่สิ่งต่าง ๆ ตามกฎเกณฑ์ การวัดจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ 1) จุดมุ่งหมายของการวัดต้องชัดเจน 2) เครื่องมือที่ใช้วัดต้องมีหน่วยในการวัดและมาตราเปรียบเทียบระหว่างหน่วย 3) การแปลผลและนำผลไปใช้

สรุปได้ว่า การวัดผลการศึกษา เป็นกระบวนการกำหนดตัวเลขให้แก่พฤติกรรมของบุคคลที่ได้แสดงออกในการทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด หรือ เกณฑ์มาตรฐาน เพื่อที่จะได้รวบรวมผลทั้งหมดไปพิจารณาตัดสินใจ

#### 2.5.4 ประเภทของการวัดผล

นักวิชาการได้จำแนกประเภทของการวัดผล ดังนี้

##### 2.5.4.1 จำแนกตามคุณลักษณะของสิ่งที่วัด (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, น. 26)

1) การวัดทางกายภาพ (Physical Measurement) เป็นการวัดคุณลักษณะที่เป็นรูปธรรมสัมผัสหรือจับต้องได้โดยใช้เครื่องมือการวัดที่มีมาตรฐานให้ผลการวัดที่น่าเชื่อถือได้อาதிความยาว ความสูง น้ำหนัก เป็นต้น

2) การวัดทางจิตวิทยา (Psychological Measurement) เป็นการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาและการศึกษา ที่เป็นลักษณะภายในที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง อาติผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สมรรถภาพของสมอง เจตคติค่านิยม หรือบุคลิกภาพ เป็นต้น ดังนั้นในการวัดลักษณะนี้จึงเป็นการวัดทางอ้อมที่ใช้แนวคิดเชิงสมมุติที่แสดงออกในรูปของทฤษฎี การวัดทฤษฎีการทดสอบที่จะนำมาช่วยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะภายในที่ต้องการวัดกับพฤติกรรมที่แสดงออก ที่จำแนกการวัดทางจิตวิทยาเพื่อตอบคำถาม 2 คำถามคือ 1) ใครจะสามารถทำอะไรได้บ้าง และ 2) ใครจะทำอะไรต่อไป อย่างไร

##### 2.5.4.2 จำแนกตามความหมายจากการเปรียบเทียบ (Gronlund, 1976, p. 19)

1) การวัดแบบอิงกลุ่ม (Norm-reference Measurement) เป็นการกำหนดค่าคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีความหมาย ด้วยการนำค่าที่วัดไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดคุณลักษณะเดียวของกลุ่มที่เหมาะสมสำหรับการประเมินผลสรุป (Summative Evaluation)

2) การวัดแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced Measurement) เป็นการกำหนดค่าคุณลักษณะที่ต้องการวัดให้มีความหมายโดยการนำค่าที่วัดไปเปรียบเทียบ หรือแปลความหมายกับคะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัดที่บ่งชี้มาตรฐานการปฏิบัติของเรื่องนั้น ๆ ที่กำหนดไว้ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Evaluation) หรือเพื่อวินิจฉัย

#### 2.5.5 ความหมายของการประเมินผล

ได้มีนักวิชาการให้ความหมายของการประเมินผลไว้หลากหลาย ดังนี้

บุญเชิด ภิญโญพงษ์อนันต์ (2545, น. 9) การประเมินผล (Evaluation) เป็นกระบวนการที่ทำต่อจากการวัดแล้วตัดสินใจลงสรุปคุณค่าอย่างมีกฎเกณฑ์การประเมินผลจึงเป็นผลการตัดสินใจจากผู้ประเมินไม่ใช่ผลจากการวัดโดยตรงแต่การประเมิน (Assessment) หมายถึงกระบวนการรวบรวมและเรียบเรียงข้อมูลสารสนเทศที่เป็นระบบสำหรับใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับผู้เรียนให้ข้อมูล

ย้อนกลับไปยังผู้เรียนเกี่ยวกับความก้าวหน้าจุดเด่นจุดด้อยใช้ตัดสินประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และความเพียงพอของหลักสูตรและใช้ชี้แนะนโยบาย

สมนึก ภัททิยธนี (2545, น. 3) การประเมินผล เป็นการตัดสิน หรือวินิจฉัยสิ่งต่าง ๆ ที่ได้จากการวัดผล โดยอาศัยเกณฑ์การพิจารณาอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ผลการวัดความสูงของนายแดงได้ 180 ซม. ก็อาจจะประเมินว่าเป็นคนที่สูงมาก

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 9) การประเมินผล เป็นกระบวนการตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ตามเกณฑ์มาตรฐานโดยทั่วไปการประเมินต้องอาศัยข้อมูลจากการวัดที่เป็นปรนัยแต่บางครั้งการประเมินต้องอาศัยการสังเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อตัดสินคุณค่าของสิ่งนั้น

สรุปได้ว่าการประเมินผล เป็นกระบวนการในการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวัดพฤติกรรมของบุคคลหรือผู้เรียน เพื่อนำผลมาพิจารณาตัดสิน หรือประเมินค่า ตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือเกณฑ์มาตรฐานแล้วนำเสนอเป็นข้อมูลย้อนกลับให้แก่ผู้สอนที่จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผู้สอนและผู้เรียน ตลอดจนการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป

## 2.5.6 ประเภทของการประเมินผล

สมชาย วรกิจเกษมสกุล (2556, น. 10-11) ในการประเมินผลทางการศึกษาจำแนกได้ดังนี้

### 2.5.6.1 จำแนกตามจุดประสงค์ของการประเมินจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) การประเมินผลก่อนเรียน (Pre Evaluation) เป็นการประเมินเพื่อใช้ตรวจสอบพื้นฐานความรู้หรือทักษะว่ามีอย่างพอเพียงที่จะเรียนรู้ในรายวิชาใหม่หรือไม่และหาวิธีการเพื่อปรับพื้นฐานความรู้ป็นั้น ๆ จนกระทั่งผู้เรียนมีความรู้อย่างพอเพียง หรือเป็นการประเมินเพื่อใช้วินิจฉัยผู้เรียนในการนำข้อมูลมาใช้วางแผนการจัดการเรียนการสอนหรือเลือกวิธีการ/เทคนิคการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน

2) การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Evaluation) เป็นการประเมินเพื่อใช้ตรวจสอบการบรรลุจุดประสงค์ย่อยที่กำหนดไว้ของผู้เรียนว่ามีจุดประสงค์ใดบ้างที่ผู้เรียนไม่บรรลุจุดประสงค์เพื่อที่ครูผู้สอนจะได้จัดกิจกรรมการสอนซ่อมเสริมเพื่อให้ความช่วยเหลือหรืออาจนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนาการเรียนการสอนในจุดประสงค์นั้น ๆ ในอนาคตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3) การประเมินผลสรุป (Summative Evaluation) เป็นการประเมินเพื่อใช้สรุปผลสัมฤทธิ์หรือตัดสินผลการเรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชาตามเกณฑ์ ว่าผู้เรียนสอบได้-ตก สอบผ่าน-ไม่ผ่าน หรือควรได้ระดับผลการเรียนในระดับใดและอาจใช้ข้อมูลในการประเมินผลการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนในภาพรวมว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่

### 2.5.6.2 จำแนกตามเกณฑ์อ้างอิงของผลการประเมินจำแนกได้ 2 ประเภทดังนี้

1) การประเมินผลแบบอิงกลุ่ม (Norm Reference Evaluation) เป็นการประเมินตัดสินคุณค่าผลตามเกณฑ์อ้างอิงที่ใช้ผลของผู้เรียนในกลุ่มเดียวกันตามแนวคิดของบิเน็ตและไซมอน ที่ได้ระบุว่าแบบทดสอบที่ดีจะสามารถจำแนกผู้เรียนที่มีความสามารถที่มากหรือน้อยแตกต่างกันออกจากกันได้ใช้ในการพิจารณาเพื่อจัดจำแนกหรือจัดลำดับก่อน-หลังของบุคคลในกลุ่มนั้น ๆ ว่าเป็นอย่างไร อาทิ การสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อ หรือการประกวดการคัดลายมือ เป็นต้น แต่จะต้องระมัดระวังว่าผลการประเมินในระดับดีผู้เรียนอาจมีความสามารถไม่ถึงระดับมาตรฐานและไม่ทราบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

2) การประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion Reference Evaluation) เป็นการประเมินตัดสินคุณค่าของผลตามเกณฑ์อ้างอิงที่ใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นหรือเกณฑ์มาตรฐานตามหลักการของการเรียนรู้แบบรอบรูป (Master Learning) เพื่อใช้ระบุสถานภาพของผู้เรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ว่าผ่านเกณฑ์ในระดับนั้น ๆ มากหรือน้อยเพียงใดอาทิการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ เป็นต้น แต่จะมีความยุ่งยากในการกำหนดจุดตัดหรือเกณฑ์มาตรฐาน

3) การประเมินผลแบบอิงตนเอง (Self Reference Evaluation) เป็นการประมวลผลที่ตัดสินผลที่ไม่เน้นการแข่งขันโดยการเปรียบเทียบระดับความรอบรูปของบุคคลนั้นเมื่อได้เรียนรู้แล้วกับระดับความรอบรูปเดิมที่มีอยู่1ที่แสดงพัฒนาการในการเรียนรู้ของบุคคลนั้นผลการประเมินผู้เรียนแต่ละคนจึงขึ้นอยู่กับระดับความรู้ที่เพิ่มขึ้นจากเดิมของบุคคลแต่จะต้องระมัดระวังว่าบุคคลมีความรู้ความสามารถตามเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่

### 2.5.7 ความมุ่งหมายของการวัดและประเมินผล

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2535, น. 32-34) ในการวัดผลและประเมินผลแต่ละครั้งจะมีการกำหนดความมุ่งหมายในการวัดและประเมินผลที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.5.7.1 เพื่อการจัดตำแหน่ง (Placement) เป็นการวัดผลเพื่อนำผลมาระบุว่าผู้เรียนมีความรู้ในระดับหรือตำแหน่งใดของกลุ่มได้ถูกต้องชัดเจน หรืออาจจะพิจารณาตัดสินโดยใช้เกณฑ์มาตรฐานเพื่อที่จะระบุว่าผู้เรียนรอบรู้-ไม่รอบรู้ หรือ เก่ง-ปานกลาง-อ่อน เป็นต้น

2.5.7.2 เพื่อการคัดเลือก (Selection) เป็นการวัดความรู้ทักษะและเจตคติเพื่อนำผลมาใช้พิจารณาในการคัดเลือกเพื่อการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ เช่น การคัดเลือกเข้าศึกษาต่อเข้ารับทุนการศึกษา หรือการเข้าทำงาน เป็นต้น

2.5.7.3 เพื่อการวินิจฉัย (Diagnostic) เป็นการวัดผลเพื่อนำผลมาใช้ในการพิจารณาจุดเด่น-จุดด้อย เก่ง-อ่อนของผู้เรียนในการหาวิธีการหรือแนวทางการจัดกิจกรรมเพื่อซ่อมเสริมหรือส่งเสริมได้ตรงประเด็นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.5.7.4 เพื่อการเปรียบเทียบ (Assessment) พัฒนาการเป็นการวัดผลเพื่อนำผลมาใช้พิจารณาพัฒนาการที่เกิดขึ้นของผู้เรียนคนเดียวกันในช่วงเวลาที่แตกต่างกันหรือได้รับเงื่อนไขที่แตกต่างกันตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ เช่น การสอบก่อน-หลัง แล้วนำผลการทดสอบมาพิจารณาเปรียบเทียบกัน เป็นต้น

2.5.7.5 เพื่อการพยากรณ์ (Prediction) เป้าหมายการวัดผลเพื่อนำผลมาใช้คาดคะเนความสำเร็จที่จะเกิดขึ้นของผู้เรียนไว้เพื่อระบุสิ่งที่จะต้องศึกษาต่อแล้วประสบความสำเร็จในอนาคต อาทิ การทดสอบวัดแววความเป็นครู หรือ การทดสอบความถนัดทางวิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น

2.5.7.6 เพื่อการประเมินค่า (Evaluation) เป็นการวัดผลเพื่อนำผลไปประเมินผลในภาพรวมว่าผู้เรียนมีความสำเร็จมากหรือน้อยเพียงใด เช่น การทดสอบปลายภาคเรียนหรือการประเมินผลความสำเร็จในการจัดการศึกษาในระดับชาติ หรือจังหวัด เป็นต้น

2.5.7.7 เพื่อจูงใจการเรียนรู้ (Motivating Learning) โดยการวัดผลที่ดีจะเป็นแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดนิสัยการเรียนรู้ที่ดีและทำให้รู้สถานภาพของตนเองแล้วหาแนวทาง หรือ วิธีการแก้ไขปรับปรุงตนเองตามคำแนะนำของครูผู้สอน

2.5.7.8 เพื่อรักษามาตรฐาน (Maintaining Standard) เป็นการวัดผลเพื่อนำผลไปใช้ตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนว่ามีมาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร

## 2.5.8 หลักการสำคัญในการวัดผลและประเมินผลวิทยาศาสตร์

ประวิตร ชูศิลป์ (2547, น. 29-37) หลักการสำคัญในการวัดผลและประเมินผลวิทยาศาสตร์ ดังนี้

หลักในการวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ นั้น จะต้องวัดและประเมินผลให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนการสอนเสมอ ซึ่งก็คือ จุดมุ่งหมายที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ เจริญงอกงาม และพัฒนา ครบถ้วนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการรับรู้และความคิด หรือ พุทธิพิสัย (Cognitive domain) ด้านความรู้สึกรู้สึก หรือ จิตพิสัย (Affective domain) และด้านทักษะการปฏิบัติ หรือ ปฏิบัติพิสัย (Psychomotor domain) โดยอาศัยเนื้อหาวิชาตามหลักสูตรเป็นสื่อกลาง (Medium) ในการวัด ดังนั้นการที่จะวัดผลและประเมินผลให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมายทั้ง 3 ด้านนี้ได้ จึงจำเป็นต้องเลือกใช้วิธีการต่าง ๆ ที่เหมาะสมมาประกอบกัน เช่น การสอบข้อเขียน การสังเกตพฤติกรรมที่คาดหวัง การสอบปากเปล่า การตรวจรายงานหรืองานที่มอบหมาย เป็นต้น สำหรับการสอบข้อเขียน หรือการใช้ข้อสอบเป็นเครื่องมือในการวัดนั้น จะเหมาะสมกับการใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้าน พุทธิพิสัยมากที่สุด และยังสามารถใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นจุดมุ่งหมายด้านปฏิบัติพิสัย ได้หลายทักษะ อีกด้วย แต่อาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้วัดผลด้านความรู้สึกรู้สึก และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางทักษะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่

เป็นทักษะการปฏิบัติการ (Motor Skills) เช่น การชั่ง ตวง วัด หรือการหยิบ จับ ใช้ เครื่องมือ เป็นต้น ดังนั้น ในการประเมินผล จึงมีความจำเป็นต้องใช้วิธีการ หรือมีคะแนนที่ได้รับจากส่วนอื่น ๆ ด้วย เช่น การสังเกตพฤติกรรมความสนใจ ผลจากการปฏิบัติ หรือทำงานที่มอบหมาย เป็นต้น มาประกอบกับคะแนนที่ได้จากการวัดผลโดยใช้ข้อสอบเป็นเครื่องมือด้วย ครูจึงควรตระหนักถึงหลักการของการวัดผลและประเมินผล ดังกล่าวนี้ไว้ด้วยเสมอ

### 2.5.9 พฤติกรรมการเรียนรู้ กับการออกข้อสอบวิทยาศาสตร์

ประวิตร ชูศิลป์ (2547, น. 29-37) พฤติกรรมการเรียนรู้ที่จะออกข้อสอบวัด สำหรับ วิชาวิทยาศาสตร์ สาขาต่าง ๆ ให้เป็นที่ยอมรับและใช้กันแพร่หลายนั้น รองศาสตราจารย์ Leopold E. Klopfer แห่งมหาวิทยาลัย University of Pittsburgh มลรัฐ Pennsylvania ประเทศสหรัฐอเมริกา (Bloom and others, 1971, pp. 562-563) ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่จะใช้สำหรับวัดผลวิชา วิทยาศาสตร์ไว้โดยเฉพาะ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 9 ด้าน ในที่นี้จะกล่าวถึงโดยสรุป ดังนี้

1. ความรู้และความเข้าใจ (Knowledge and comprehension)
2. กระบวนการเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 1: การสังเกตและการวัด (Processes of scientific inquiry I : Observing and measuring)
3. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2: การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีแก้ปัญห (Processes of scientific inquiry II : Seeing a problem and seeking ways to solve it)
4. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3: การแปลความหมายของ ข้อมูลและการลงข้อสรุป (Processes of scientific inquiry III : Interpreting data and formulating generalizations)
5. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4: การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงรูปแบบทฤษฎี (Processes of scientific inquiry IV: Building, testing, and revising atheoretical model)
6. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods)
7. ทักษะปฏิบัติ (Manual skill)
8. เจตคติและความสนใจ (Attitudes and interests)
9. การรู้และตระหนักในสิ่งที่สัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ (Orientation)

เพื่อความสะดวกในการนำพฤติกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ไปใช้ในการสร้าง หรือออกข้อสอบ นักการศึกษาและ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ สสวท. ได้เสนอแนะให้

รวมพฤติกรรมบางข้อเข้าด้วยกัน (ประวิตร ชูศิลป์, 2524, น. 25) ได้จำแนก พฤติกรรมการเรียนรู้ สำหรับเป็นเกณฑ์สอบวัดว่าผู้เรียนเรียนรู้ได้มาก-น้อย หรือลึกซึ้งเพียงใด ออกเป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียน มาแล้วเกี่ยวกับตัวความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหลาย ได้แก่ การถามเกี่ยวกับ ข้อเท็จจริง (Fact) ข้อตกลง (Convention) นิยาม (Definition) แนวความคิด (Concept) หลักการ (Principle) กฎ (Law) หรือ ทฤษฎี (Theory)

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์ หนึ่งได้ กล่าวได้ว่า เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความรู้ความจำ

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) หมายถึง ความสามารถ ในด้านต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างที่สำคัญ ได้แก่ การสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูล การจัดกระทำกับข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การสรุป การสร้างและทดสอบ สมมุติฐาน และการแก้ปัญหา ซึ่งบางพฤติกรรมจะเป็นการเรียนรู้ในระดับที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความเข้าใจ

4. การนำความรู้ไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และ วิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่แตกต่างไปจากเดิมที่ เคยเรียนรู้มาแล้ว

สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ประเมินผลการเรียน 4 พฤติกรรม ได้แก่ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้ เป็น แบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบอิงเกณฑ์ ชนิด 4 ตัวเลือก ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพ โดย พิจารณาเป็นรายข้อ คือ ความยาก และอำนาจจำแนก ส่วนการพิจารณาทั้งฉบับ คือ ความเชื่อมั่นทั้ง ฉบับโดยวิธีการของโลเวท (Lovett)

## 2.6 ความพึงพอใจ

### 2.6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกหรือความคิดเห็นไม่ว่าจะเป็นทางบวกหรือลบซึ่งเป็นผลจากประสบการณ์ ความเชื่อ ซึ่งจะขอกกล่าวถึง ความหมายและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจดังนี้

อรรถพร หาญวานิช (2546, น. 29) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ทัศนคติหรือระดับความพึงพอใจของบุคคลต่อกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมนั้น ๆ โดยเกิดจากพื้นฐานของการรับรู้ค่านิยมและประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับ ระดับของความพึงพอใจจะเกิดขึ้นเมื่อกิจกรรมนั้น ๆ สามารถตอบสนองความต้องการแก่บุคคลนั้นได้

จิราพร หนูลาย (2552, น. 59) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือเจตคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นความสุขที่เกิดจากการปฏิบัติงาน เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการของตนทำให้เกิดความรู้สึกดีในสิ่งนั้น

พิกุลทอง กุลชาติ (2561, น. 44) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือเจตคติของบุคคลที่มีต่อกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง ซึ่งเป็นสภาพความรู้สึกชอบ อิ่มเอิบใจ มีความสุขและต้องการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวมุ่งสู่ความสำเร็จ

ฐิติมา ประยูรพรม (2558, น. 59) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมนั้น ๆ โดยเกิดจากพื้นฐานของการรับรู้ ค่านิยม และประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับ ซึ่งเป็นสภาพความรู้สึกชอบ มีความสุขและต้องการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวมุ่งสู่ความสำเร็จ

จากความหมายของความพึงพอใจ สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกต่อกิจกรรมนั้น ๆ เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการของตนทำให้เกิดความรู้สึกดีในสิ่งนั้น และต้องการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวมุ่งสู่ความสำเร็จ

### 2.6.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

นักวิชาการได้พัฒนาทฤษฎีที่อธิบายองค์ประกอบของความพึงพอใจ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจกับปัจจัยอื่น ๆ ไว้หลายทฤษฎี

Korman, A.K. (1977, อ้างถึงใน สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง, 2542, น. 161-162) ได้จำแนกทฤษฎีความพึงพอใจในงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ทฤษฎีการสนองความต้องการ กลุ่มนี้ถือว่าความพึงพอใจในงานเกิดจากความต้องการส่วนบุคคล ที่มีความสัมพันธ์ต่อผลที่ได้รับจากงานกับการประสบความสำเร็จตามเป้าหมายส่วนบุคคล



2. ทฤษฎีการอ้างอิงกลุ่มความพึงพอใจ ในการมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับคุณลักษณะของงานตามความปรารถนาของกลุ่ม ซึ่งสมาชิกในกลุ่มเป็นแนวทางในการประเมินผลการทำงาน

Manford, E. (1972, อ้างถึงใน สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง, 2542, น. 162) ได้จำแนกความคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจงานจากผลงานวิจัยออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มความต้องการทางจิตวิทยา กลุ่มนี้ได้แก่ Maslow, A.H., Herzberg, F และ Likert R. โดยมองความพึงพอใจงานเกิดจากความต้องการของบุคคล ที่ต้องการความสำเร็จของงาน และความต้องการการยอมรับจากบุคคลอื่น

2. กลุ่มภาวะผู้นำมองความพึงพอใจงานจากรูปแบบ และการปฏิบัติของผู้นำที่มีต่อผู้ใต้บังคับบัญชา กลุ่มนี้ได้แก่ Blake R.R., Mouton J.s. และ Fiedler R.R.

3. กลุ่มความพยายามต่อรางวัล เป็นกลุ่มที่มองความพึงพอใจจากรายได้เงินเดือน และผลตอบแทนอื่น ๆ กลุ่มนี้ได้แก่ กลุ่มบริหารธุรกิจของมหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ (Manchester Business School)

4. กลุ่มอุดมการณ์ทางการจัดการมองความพึงพอใจ จากพฤติกรรมการบริหารงานขององค์กร ได้แก่ Crozier M. และ Coulder G.M.

5. กลุ่มเนื้อหาของงานและการออกแบบงาน ความพึงพอใจงานเกิดจากเนื้อหาของตัวงาน กลุ่มแนวคิดที่มาจากสถาบันทวิสตอค (Tavistock Institute) มหาวิทยาลัยลอนดอน

ทฤษฎีลำดับขั้นพัฒนาของ Maslow ความพึงพอใจในความต้องการของบุคคล ซึ่งมาสโลว์ (Abraham H. Maslow) เป็นผู้เสนอขึ้นมา ทฤษฎีนี้จะบอกให้รู้ว่าความต้องการของมนุษย์เรานั้นจะมีพัฒนาการเป็นไปตามลำดับขั้น โดยเริ่มจากความต้องการต่ำสุดไปจนกระทั่งความต้องการสูงสุด รวมทั้งหมด 5 ขั้นตอนด้วยกัน ดังต่อไปนี้

1. ความต้องการทางร่างกาย เป็นความต้องการที่มีอำนาจรุนแรงโดยเฉพาะในตอนแรก เกิดความต้องการอันนี้ถือว่าเป็นขั้นแรกสุด เช่น ต้องการอาหาร ความเคลื่อนไหว เป็นต้น

2. ความต้องการด้านความปลอดภัยจากอันตราย เป็นความต้องการด้านจิตใจเพื่อให้จิตใจมีที่ยึดเหนี่ยว เกิดความอบอุ่นทางใจ ตัวอย่างเช่น เด็กต้องการความคุ้มครองจากผู้ใหญ่กลุ่ม ต้องการผู้นำ อาจเป็นกลุ่มครอบครัวซึ่งเป็นกลุ่มแรกสุดในสังคมมนุษย์

3. ความต้องการในด้านความรักหรือความห่วงใย เป็นความต้องการสูงขึ้นมาจากด้านความปลอดภัย ความต้องการในด้านนั้นเป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างบุคคล ซึ่งอาจจะออกมาได้หลากหลายลักษณะ เช่น เพื่อน พ่อแม่กับลูก ชายหนุ่มกับหญิงสาว สามีกับภรรยา

4. ความต้องการในชื่อเสียง ในเกียรติยศชื่อเสียงของตนเอง เป็นความต้องการที่สูงสุดขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง เพราะต้องการให้ตนเป็นที่ยอมรับและนับถือของสังคมให้รู้ว่าตนเองเป็นคนที่มีค่าต่อสังคม และจะทำให้บุคคลเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง

5. ความต้องการความสำเร็จและความสมหวังในตนเอง เป็นความต้องการสูงสุดซึ่งมนุษย์จะตั้งอุดมคติเอาไว้ โดยต้องรู้จักและเข้าใจตนเอง ไม่ใช่เป็นการเพ้อฝันหรือสร้างวิมานในอากาศ มนุษย์จะพยายามพัฒนาตนเองเพื่อให้ไปสู่ความสำเร็จ ความเจริญในชีวิตของตนเอง เช่น เราเป็นครูก็พยายามศึกษาความรู้เพื่อให้ได้ปริญญาแล้วนำความรู้มาช่วยพัฒนาตนเองและสังคมต่อไป ซึ่งการกระทำดังกล่าวอาจจะต้องเป็นไปด้วยใจรักและอยากจะทำจริง ๆ

### 2.6.3 วิธีวัดความพึงพอใจ

Best (1977, อ้างถึงใน เพทาย ศิริมุสิกะ, 2547, น. 12) ได้เสนอแนะว่า วิธีง่ายที่สุดในการที่จะบอกถึงความพึงพอใจ ก็คือการแสดงออกให้เห็นถึงจำนวนร้อยละของคำตอบในแต่ละข้อความ เพราะจะทำให้เห็นว่าความพึงพอใจจะออกมาในลักษณะเช่นไร การใช้แบบสอบถามสำหรับวัดความพึงพอใจจะต้องระบุให้ผู้ตอบ ตอบว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความที่กำหนดให้ แบบสอบถามประเภทนี้นิยมสร้างตามแนวของลิเคอร์ท ซึ่งแบ่งน้ำหนักความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ส่วนการให้คะแนนขึ้นอยู่กับในความเป็นปฏิปักษ์ (Positive) หรือนิเสธ (Negative)

พรเพ็ญ เพชรสุขศิริ (2531, น. 3) ได้เขียนในเอกสารบรรยายของคณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เรื่องการวัดทัศนคติกล่าวถึง การสร้างมาตรวัดทัศนคติหรือความพึงพอใจมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีแต่วิธีที่แพร่หลายมี 4 วิธี คือ

1. วิธีของเธอร์สตัน (Thurston's Scale) เป็นวิธีสร้างมาตรวัดออกเป็นปริมาณแล้วเปรียบเทียบกับตำแหน่งของความพึงพอใจทัศนคติไปในทางเดียวกันและเสมือนว่าเป็น Scale ที่มีช่วงห่างกัน (Equal-Appearing Intervals)

2. วิธีกัตต์แมน (Gattman's Scale) เป็นวิธีวัดทัศนคติหรือความพึงพอใจในแนวเดียวกันและสามารถจัดอันดับข้อความทัศนคติสูงต่ำแบบเปรียบเทียบกันและกัน จากอันดับต่ำสุดถึงสูงสุดได้และแสดงถึงการสะสมของข้อแสดงความพึงพอใจ

3. วิธีแนวแบบ S-D Scale (Semantic Differential Scale) เป็นวิธีวัดทัศนคติหรือความพึงพอใจ โดยอาศัยคู่คำคุณศัพท์ที่มีความหมายตรงกันข้าม (Bipolar Adjective) เช่น ดี-เลว ขยัน-ขี้เกียจ เป็นต้น

4. วิธีวัดแบบลิเคอร์ท (Likert's Scale) เป็นวิธีสร้างมาตรวัดทัศนคติที่นิยมแพร่หลายเพราะเป็นวิธีการสร้างมาตรวัดที่ง่าย ประหยัดเวลา ผู้ตอบสนองแสดงทัศนคติในทางขึ้น

ชอบหรือไม่ชอบโดยจัดอันดับความชื่นชอบ ซึ่งอาจมีคำตอบให้เลือก 5 หรือ 4 คำตอบ และให้คะแนน เป็น 5, 4, 3, 2, 1 หรือ +2, +1, -1, -2 ตามลำดับการให้คะแนน Positive หรือทาง Negative

สรุปได้ว่า วิธีการสร้างเครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดพฤติกรรมการเรียนด้านความพึงพอใจต่อการเรียนวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาใช้วิธีการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามแบบของลิเคิร์ต โดยพิจารณาความพึงพอใจหรือความรู้สึก 3 ด้านดังนี้ ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งมีเนื้อหาของข้อคำถามทั้งเชิงบวก จำนวน 15 ข้อ โดยประเมินผลแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ 5 4 3 2 และ 1

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

จิตติมา ประยูรพรหม (2558) ได้ศึกษาผลการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติทางเคมีของโปรตีนจากเชียงใหม่ โดยใช้การสอนรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและการคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 43 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ผลการวิจัยพบว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.531 นักเรียนโดยรวม และจำแนกตามผลการเรียนเคมีมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและการคิดวิจารณ์โดยรวมและรายด้านทุกด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาเคมีต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวมและการคิดวิจารณ์โดยรวมไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนที่มีผลการเรียนเคมีสูง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นรายด้านทั้ง 5 ด้าน และการคิดวิจารณ์เป็นรายด้าน ทั้ง 4 ด้าน มากกว่านักเรียนที่มีผลการเรียนมีต่ำ นอกจากนี้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับมาก

ทองหล่อ วันวิเศษ (2558) ได้ศึกษาการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมีโดยใช้การเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.5629 นักเรียนโดยส่วนรวม และจำแนกตามเพศที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณโดยรวมและรายด้าน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการโดยรวมและรายด้านหลังเรียน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ยกเว้นนักเรียนหญิงมีการคิดวิจารณ์ญาณ ด้านนิรนัย และคั่นการระบุข้อตกลงเบื้องต้นไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนเรียน และนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการโดยรวม และอีก 3 ด้าน คือ ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ด้านทักษะการทดลอง และคั่นทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป มากกว่านักเรียนชาย แต่มีการคิดวิจารณ์ญาณเฉพาะด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต น้อยกว่านักเรียนชาย

นุชนภา พลสรรค์ และปรานอม ขาวเมฆ (2558, น. 397) ได้ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะไอออนิก เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคณะราษฎรบำรุงปทุมธานี กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนคณะราษฎรบำรุงปทุมธานี จำนวน 32 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า 1) บทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะไอออนิก มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.88/81.04 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $p < 0.01$ ) 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะไอออนิก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $p < 0.01$ ) และ 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการเรื่อง พันธะไอออนิก อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.05)

สถาพร สุติบุตร และอรจิรา อารักษ์สกุลวงศ (2558, น. 424-433) ได้ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง กรด-เบส เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ปทุมธานี กลุ่มเป้าหมายนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ปทุมธานี จำนวน 92 คน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการ เรื่อง กรด-เบส มีประสิทธิภาพเท่ากับ 91.90/80.15 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวันในเรื่อง กรด-เบส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในระดับพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21

อาภาภรณ์ ปานมี, ดวงฤทัย ศรีแดง และอรพรรณ ทองประสงค์ (2558, น. 218-226) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดปฏิบัติการ เรื่อง การทำสบู่เหลวผสมสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน เพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียน

เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ นนทบุรี จำนวน 54 คน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และมีประสิทธิภาพเท่ากับ 95.06/90.56 นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พรเพ็ญ ชนะพันธ์ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่า 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.90/85.38 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และวิธีการสืบเสาะหาความรู้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

พิกุลทอง กุลชาติ (2561) ได้ศึกษาการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีพื้นฐานเรื่อง สารชีวโมเลกุลในอาหารโคขุน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน ภาคเรียน 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสกลทวาปี จังหวัดสกลนคร ผลการวิจัยพบว่า 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง สารชีวโมเลกุลในอาหารโคขุนมีประสิทธิภาพ 80.53/81.11 2) นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนหญิงมีกาคิดวิเคราะห์โดยรวม ด้านความสำคัญและด้านความสัมพันธ์สูงกว่านักเรียนชาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนมีความมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

## 2.5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Kanli and Yagbasam (2007, pp. 143-153) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าผู้เรียนกลุ่มทดลอง 38 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (31.47 และ 12.25) สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม 43 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความรู้ (27.2 และ 9.76) ( $p < 0.05$ ) ผู้เรียนกลุ่มทดลองมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนและด้านทักษะกระบวนการ (0.24 และ 0.68) สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม (0.03 และ 0.31) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และลดการเข้าใจที่ขาดเคลื่อนเกี่ยวกับเนื้อหาสาระนั้น ๆ

Chatterjee (2009, pp. 1427-1432) ได้ศึกษาการทำปฏิบัติการสืบเสาะมีความสำคัญต่อการพัฒนามโนทัศน์ของนักศึกษาและทำให้นักศึกษามีความเข้าใจลึกซึ้งขึ้น โดยแบ่งนักศึกษาเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ทำการทดลองสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง (guided inquiry) และแบบสืบเสาะแบบปลายเปิด (open inquiry) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สอนวิชาเคมีทั่วไป ของมหาวิทยาลัยใหญ่ทางตอนใต้แห่งหนึ่ง (large southwestern university) นักศึกษาถูกถามให้ทำแบบใหม่ คือ สืบเสาะแบบมีโครงสร้าง สืบเสาะแบบปลายเปิด หรือทั้งสองวิธี การศึกษายังรวมถึงสอบถามเจตคติของนักศึกษาต่อการสืบเสาะทั้งสองแบบที่นักศึกษาได้ทำระหว่างเรียน และสิ่งที่นักศึกษาได้รับมากขึ้นจากการทำการทดลองสืบเสาะแบบปลายเปิด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าร้อยละ 78 ของนักศึกษาสามารถระบุ identify guided-inquiry laboratories ขณะที่ร้อยละ 54 สามารถระบุ open-inquiry laboratories มีเพียงร้อยละ 46 ที่ระบุได้ทั้งสองวิธีอย่างถูกต้อง นักศึกษาชอบการทดลองสืบเสาะแบบมีโครงสร้างมากกว่าแบบปลายเปิด และพวกเขาได้เรียนรู้มากกว่าเมื่อทำการสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง

Patrick (2010, pp. 171-177) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการในรายวิชาชีววิทยา พบว่าผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลองมีคะแนนปฏิบัติการและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (53.50 และ 53.36) สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม (44.28 และ 50.08) ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ลงมือปฏิบัติการทดลองยังกระตุ้นความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ชีววิทยาซึ่งมีอิทธิพลต่อการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา

Tatli and Ayas (2013, pp. 159-170) ได้ศึกษาการใช้ปฏิบัติการเคมีเสมือนจริงมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำวิธีการศึกษาจากปฏิบัติการเคมีเสมือนจริง (VCL) จากผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน 90 คน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความแตกต่างกัน (โดยให้เป็นกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 2 กลุ่ม) ศึกษารวบรวมข้อมูลของการทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (CCUA) การทดสอบอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ (LET) และสังเกตองค์ประกอบ การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย (SPSS) เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่ม สรุปได้ว่า ปฏิบัติการเคมีเสมือนจริง มีประสิทธิภาพประสบความสำเร็จทั้งสองกลุ่มและนักเรียนได้รู้จักใช้ทักษะและนักเรียนได้รู้จักการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการทดลอง

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่าการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนรู้โดยประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรงและอาจศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสิ่งที่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนนั้น สามารถใช้การจัดการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบ ซึ่งต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดในการแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะเรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือวิจัย
3. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

#### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระสังพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 6 ห้องเรียน รวม 256 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระสังพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้อง จำนวน 44 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

#### 3.2 เครื่องมือวิจัย

3.2.1 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้

3.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะเรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

### 3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

3.3.1 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือแต่ละประเภทดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ 1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 2) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 3) หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนกระสังพิทยาคม 4) เอกสารเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และวิเคราะห์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมสาระชีววิทยา ข้อ1 มากำหนดกิจกรรมบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายชั่วโมงของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	เวลาที่ใช้สอน (ชั่วโมง)
บทปฏิบัติการที่ 1 กล้องจุลทรรศน์	3
บทปฏิบัติการที่ 2 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์	3
บทปฏิบัติการที่ 3 การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์	3
บทปฏิบัติการที่ 4 การหายใจระดับเซลล์	3
บทปฏิบัติการที่ 5 การแบ่งเซลล์	3
รวม	15

3.3.1.2 ศึกษารูปแบบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น โดยกำหนดหัวข้อในบทปฏิบัติการดังนี้

- 1) จุดประสงค์
- 2) แนวคิดหลัก
- 3) แนวคิดรอง
- 4) ขั้นสร้างความสนใจ
- 5) ขั้นสำรวจและค้นหา
- 6) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
- 7) ขั้นขยายความรู้
- 8) ขั้นประเมินผล



3.3.1.3 นำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของ เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ด้านโครงสร้างของบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.3.1.4 นำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของ เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์แล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย

- 1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ ปร.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน วิจัยและประเมินผล
- 2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ ปร.ด. (หลักสูตรและการเรียนการสอน) ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน หลักสูตรและการสอน
- 3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์กรรณิการ์ ทองดอนเปียง วท.ม. (ชีววิทยา) ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
- 4) นางสาวสุภิญญา ถาวรผาด ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกระสังพิทยาคม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอน
- 5) นางกาญจนา ประสงค์ดี ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกระสังพิทยาคม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอน

ประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้รูปแบบมาตราส่วน ประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับของ Likert ซึ่งระดับความเหมาะสมต้องได้ค่าเฉลี่ย 3.51 ขึ้นไป จึงจะถือว่าเป็นบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่ใช้ได้ การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของความ เหมาะสมที่มีต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ (ไพศาล วรคำ, 2562) ดังนี้

- ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ มากที่สุด
- ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ มาก
- ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ ปานกลาง
- ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ น้อย
- ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ น้อยที่สุด

จากนั้นนำความระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S) และแปลความหมายโดยใช้เกณฑ์ (ไพศาล วรคำ, 2562) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.3.1.5 ปรับปรุงบทปฏิบัติการตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมในการใช้ภาษาที่ถูกต้อง และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสอน แล้วนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

### 3.3.2 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ ดำเนินการดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระชีววิทยา เทคนิคการออกข้อสอบศึกษาแนวการสร้างแบบทดสอบตามแนวของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สรุปจาก Klopfer (ประวิตร ชูศิลป์, 2548) ประกอบด้วย 4 พฤติกรรมดังนี้

- 1) ความรู้-ความจำ
- 2) ความเข้าใจ
- 3) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 4) การนำความรู้ไปใช้

3.3.2.2 แล้วนำผลที่ได้มาสร้าง แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ด้านความรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (4 ตัวเลือก) จำนวน 50 ข้อ ใช้จริง 30 ข้อ ตามตารางวิเคราะห์เพื่อออกข้อสอบ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 วิเคราะห์เพื่อออกข้อสอบ

ที่	จุดประสงค์	จำนวนข้อสอบตามพฤติกรรมที่วัด							
		ความรู้- ความจำ		ความเข้าใจ		ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์		การนำความรู้ ไปใช้	
		ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้
1	ระบุส่วนประกอบ และ บอกหน้าที่ของ ส่วนประกอบกล้อง จุลทรรศน์ใช้แสง	-	-	2	1	-	-	-	-
2	บอกวิธีการใช้ และการ ดูแลรักษากล้อง จุลทรรศน์ใช้แสงที่ ถูกต้อง	-	-	-	-	-	-	2	1
3	บอกวิธีการ และเตรียม ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อ ศึกษาภายใต้กล้อง จุลทรรศน์ใช้แสง จุลทรรศน์ใช้แสงเชิง ประกอบ	-	-	-	-	2	2	-	-
4	สังเกต วัดขนาด โดยประมาณและวาด ภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ ปรากฏภายใต้กล้อง	-	-	-	-	2	1	2	1
5	อธิบายโครงสร้าง และ บอกหน้าที่ส่วนที่ห่อหุ้ม เซลล์ของเซลล์พืชและ เซลล์สัตว์	2	1	2	1	-	-	-	-

(ต่อ)

## ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ที่	จุดประสงค์	จำนวนข้อสอบตามพฤติกรรมที่วัด							
		ความรู้- ความจำ		ความเข้าใจ		ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์		การนำความรู้ ไปใช้	
		ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้
6	สืบค้นข้อมูล อธิบาย ระบุชนิดและบอก หน้าที่ของออร์แกเนลล์	-	-	3	2	-	-	1	1
7	อธิบายโครงสร้างและ หน้าที่ของนิวเคลียส	-	-	2	1	-	-	-	-
8	อธิบายและ เปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่ แบบฟาซิลิเทต และ แอกทีฟทรานสปอร์ต	-	-	2	1	2	1	2	1
9	สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการ ลำเลียงสารโมเลกุล ใหญ่ออกจากเซลล์ด้วย กระบวนการเอกโซไซ โทซิสและการลำเลียง สารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่ เซลล์ด้วยกระบวนการ เอนโดไซโทซิส	-	-	2	2	-	-	2	1

(ต่อ)

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ที่	จุดประสงค์	จำนวนข้อสอบตามพฤติกรรมที่วัด							
		ความรู้- ความจำ		ความเข้าใจ		ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์		การนำความรู้ ไปใช้	
		ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้	ออก	ใช้
10	อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการ หายใจระดับเซลล์ใน ภาวะที่มีออกซิเจน เพียงพอและภาวะที่มี ออกซิเจนไม่เพียงพอ	3	2	3	1	4	3	-	-
11	สังเกตการแบ่ง นิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิสจาก ตัวอย่างภายใต้กล้อง จุลทรรศน์ พร้อมทั้ง อธิบายและ เปรียบเทียบการแบ่ง นิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส	2	1	2	1	2	1	4	3
รวม		7	4	18	10	12	8	13	8
ร้อยละ		-	13.3	-	33.3	-	26.7	-	26.7

3.3.2.3 นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์  
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ

3.3.2.4 นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ  
ชุดเดิมประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด มีเกณฑ์การประเมิน  
ดังนี้

- ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดที่กำหนด
- ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดที่กำหนด
- ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดไม่ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดที่กำหนด

3.3.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่า IOC (Index of Item Objective Congruence) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 269) ซึ่งแสดงว่าแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องในการวัดตามจุดประสงค์การเรียนการสอนและพฤติกรรมที่วัดทั้ง 4 ด้าน (ภาคผนวก ข)

3.3.2.6 ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ไปทดลองกับนักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหา накануне ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกระสังพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาบุรีรัมย์ ปีการศึกษา 2563 จำนวน 30 คน

3.3.2.7 นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนนแล้วทำการวิเคราะห์แบบทดสอบหาความยากง่าย (Difficulty) และอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นรายข้อใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ของเบรนนัน (Brennan) (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 306-307) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ .20 ถึง .80 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .20 ถึง 1.00 แล้วคัดเลือกข้อสอบตามพฤติกรรมที่กำหนดไว้ให้ได้จำนวน 30 ข้อ พบว่า ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.47-0.80 และอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.96 (ภาคผนวก ข)

3.3.2.8 นำแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อหาความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยวิธีการของโลเวท (Lovett) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.94 (ภาคผนวก ข)

3.3.2.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์จำนวน 30 ข้อเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

3.3.3 ความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ดำเนินการดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาค้นคว้ารวบรวมเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผลการสร้างแบบวัดตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert Scale) และการวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2542)

3.3.3.2 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของ (ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์, 2542) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

- ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ มากที่สุด  
 ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ มาก  
 ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ ปานกลาง  
 ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ น้อย  
 ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

โดยพิจารณาความพึงพอใจหรือความรู้สึก 3 ด้านดังนี้

- ด้านที่ 1 ความรู้สึกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์  
 ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์  
 ด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้

ในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทเรียนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะจะมีเนื้อหาของข้อคำถามในลักษณะเชิงบวก

3.3.3.3 นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ ประเมินความสอดคล้องของข้อคำถาม IOC (Index of Item Objective Congruence) ซึ่งค่า IOC ที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง 0.6 ขึ้นไป (ภาคผนวก ข)

ให้คะแนน +1 หมายถึง สอดคล้อง

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

ให้คะแนน -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

3.3.3.4 นำแบบประเมินไปประเมินกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

## 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

### 3.4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยกำหนดแบบแผนการทดลองเป็นแบบ One Group Pretest-Posttest Design (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 125) มีรูปแบบการทดลอง ดังนี้

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	ทดลอง	ทดสอบหลัง
E	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>

E	หมายถึง	กลุ่มทดลอง (Experiment group)
O <sub>1</sub>	หมายถึง	ทดสอบก่อนเรียน
X	หมายถึง	การเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
O <sub>2</sub>	หมายถึง	ทดสอบหลังเรียน

### 3.4.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนกระสังพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ จำนวน 44 คน เพื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ และความพึงพอใจของนักเรียน หลังจากการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่พัฒนาขึ้น โดยมีลำดับขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.4.2.1 ติดต่อโรงเรียนกระสังพิทยาคม เพื่อขออนุญาตเข้าทำการวิจัย

3.4.2.2 ชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงกระบวนการเรียนการสอน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่พัฒนาขึ้น

3.4.2.3 ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้

3.4.2.4 ทำการเรียนการสอน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่พัฒนาขึ้น

3.4.2.5 หลังจากเรียนครบทุกบทปฏิบัติการแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ชุดเดิม และให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3.4.2.6 เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

### 3.4.3 ระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาในการทดลองและเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2564-29 มีนาคม 2564



### ตารางที่ 3.3 ระยะเวลาการทดลองและเก็บข้อมูล

กิจกรรม	กุมภาพันธ์-มีนาคม							
	สัปดาห์ที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. ปฐมนิเทศนักเรียน	↔							
2. ทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ก่อนเรียน	↔							
3. ทำการเรียนตามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น	↔							
4. ทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน							↔	
5. ทำแบบสอบถามความพึงพอใจ							↔	
6. วิเคราะห์ผล							↔	↔

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือ

3.5.1.1 วิเคราะห์หาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา คือ (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 296)

ค่า IOC ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป คัดเลือกข้อสอบข้อนั้นไว้ใช้

ค่า IOC ต่ำกว่า 0.6 ควรพิจารณาแก้ไขปรับปรุง หรือตัดทิ้ง

การแก้ไขปรับปรุงหรือตัดทิ้งของข้อสอบนั้นให้พิจารณาจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.5.1.2 วิเคราะห์ความยากง่ายของข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เป็นรายข้อ โดยใช้ดัชนีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.47-0.08 (ภาคผนวก ข)

3.5.1.3 วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เป็นรายข้อ โดยใช้ดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.96 (ภาคผนวก ข) โดยกำหนดเกณฑ์ การพิจารณา คือ ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง +1 ถึง -1 ถ้าคำถามข้อใดมีค่าอำนาจจำแนกเป็นบวกสูง แสดงว่าข้อ

คำถามนั้นสามารถจำแนกกลุ่มเก่งออกจากกลุ่มอ่อนได้ดี การแจกแจงระดับของของค่าอำนาจจำแนกสำหรับแบบทดสอบที่ใช้ผลการเรียนรู้ด้านความรู้มีเกณฑ์ดังนี้

1.00	บ่งชี้	ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องทุกคน
0.50-0.99	บ่งชี้	ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
0.20-0.49	บ่งชี้	ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้เป็นบางส่วน
0.00-0.19	บ่งชี้	ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องน้อยมากหรือไม่ถูกเลย
$B < 0.00$	บ่งชี้	ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้ผิดพลาดหรือตรงกันข้ามกับความเป็นจริง

ค่าอำนาจจำแนกรายข้อควรมีค่าสูงเกิน .40 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2562)

3.5.1.4 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ทั้งฉบับ โดยใช้วิธีของ Lovette โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา คือ ค่าความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 0.6 (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 292)

### 3.5.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย

3.5.2.1 วิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวิเคราะห์จากผลการเรียนรู้ด้านความรู้ก่อนเรียน ผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน และคะแนนเต็มของแบบการทดสอบ

3.5.2.2 เปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สถิติ t-test (Dependent Samples)

3.5.2.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และแปลผลที่ได้ โดยใช้เกณฑ์กำหนดความหมายตามขอบเขตของค่าเฉลี่ยตามแนวคิดของเบสท์ (John W. Best) ดังนี้ (Best, 1986, p. 182)

ระดับคะแนนเฉลี่ย	เกณฑ์การประเมิน
4.51-5.00	พึงพอใจมากที่สุด
3.51-4.50	พึงพอใจมาก
2.51-3.50	พึงพอใจปานกลาง
1.51-2.50	พึงพอใจน้อย
1.00-1.50	พึงพอใจน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์และโปรแกรม

### 3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.6.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่

##### 3.6.1.1 ค่าร้อยละ

##### 3.6.1.2 การหาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 323)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3-1)$$

เมื่อ $\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
$X_i$	แทน	คะแนนของคนที่ $i$
$n$	แทน	จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

##### 3.6.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 325)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3-2)$$

เมื่อ $S$	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
$X_i$	แทน	คะแนนของคนที่ $i$
$n$	แทน	จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.6.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.6.2.1 หาค่าความสอดคล้อง (Index of Item–Objective Congruence: IOC) ของของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ คำนวณได้จากสูตร (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 269)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-3)$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.6.2.2 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ (P) (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 298-299)

$$P = \frac{f}{n} \quad (3-4)$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
	f	แทน	จำนวนคนที่ตอบถูก
	n	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบ

3.6.2.3 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของเบรนนัน (Brennan's Index) (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 306-307)

$$B = \frac{f_p}{n_p} - \frac{f_F}{n_F} \quad (3-5)$$

เมื่อ	B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
	$f_p$	แทน	จำนวนคนทำข้อสอบข้อนี้ถูกของกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์
	$f_F$	แทน	จำนวนคนทำข้อสอบข้อนี้ถูกของกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์
	$n_p$	แทน	จำนวนคนที่สอบผ่านเกณฑ์
	$n_F$	แทน	จำนวนคนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

3.6.2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยใช้วิธีของโลเวทท์ (Lovett's Method) (ไพศาล วรคำ, 2562, น. 292)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x - \sum x^2}{(k-1) \sum (x-c)^2} \quad (3-6)$$

เมื่อ	$r_{cc}$	แทน	ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์
	$k$	แทน	จำนวนข้อสอบ
	$C$	แทน	คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด
	$x$	แทน	คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

3.6.3 ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (อรัญ ชูยกระเตือง, 2558, น. 34)

$$E.I = \frac{P_2 - P_1}{\text{Total} - P_1} \quad (3-7)$$

เมื่อ	$E.I$	แทน	ดัชนีประสิทธิผล
	$P_1$	แทน	ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน
	$P_2$	แทน	ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน
	Total	แทน	ผลคูณของจำนวนนักเรียนกับคะแนนเต็ม

### 3.6.4 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

#### 3.6.3.1 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 โดยใช้สถิติ t-test (Dependent Samples)

(ไพศาล วรคำ, 2562, น. 350)

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}} \quad (3-8)$$

เมื่อ	$t$	แทน	สถิติทดสอบที่
	$\bar{d}$	แทน	ผลต่างเฉลี่ยของคู่คะแนน
	$S_d$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างคู่คะแนน
	$n$	แทน	จำนวนคู่คะแนน หรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายข้อมูล ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการสื่อความหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
E.I	แทน	ดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-test
sig	แทน	ความน่าจะเป็นสำหรับบอกนัยสำคัญทางสถิติ

#### 4.2 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.2.3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นการสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน จำนวน 5 บทปฏิบัติการ แต่ละบทปฏิบัติการใช้เวลา 3 ชั่วโมง รวม 15 ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์คุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	รายการประเมิน				$\bar{X}$	S	ความเหมาะสม
	รูปแบบ และ เนื้อหา	การจัด กิจกรรม การเรียนรู้	การ ทดลอง	การวัดผล และ ประเมินผล			
1	4.75	4.54	4.60	4.53	4.61	0.10	มากที่สุด
2	4.70	4.43	4.40	4.60	4.53	0.14	มากที่สุด
3	4.30	4.34	4.25	4.47	4.34	0.09	มาก
4	4.50	4.49	4.50	4.53	4.51	0.02	มากที่สุด
5	4.40	4.54	4.35	4.53	4.46	0.09	มากที่สุด
รวม	4.53	4.47	4.42	4.53	4.49	0.05	มาก

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยมีรายการประเมิน ดังนี้ รูปแบบและ เนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทดลอง การวัดผลและประเมินผล พบว่า คุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ( $\bar{X}=4.49$ ,  $S=0.05$ ) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่มีค่าเฉลี่ยมาก

ที่สุด คือ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 ( $\bar{X}=4.61$ ,  $S=0.10$ ) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบ สืบเสาะที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 ( $\bar{X}=4.34$ ,  $S=0.09$ )

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ทำการวิเคราะห์จากผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้		E.I
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
คะแนน	1320	566	1084	0.687

จากตารางที่ 4.2 ผู้วิจัยได้นำคะแนนของผลการเรียนรู้ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนไป คำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล พบว่า ได้ค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.687 ซึ่งแสดงว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 68.70

4.3.3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนและ หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ตามพฤติกรรมที่วัด ได้แก่ ความรู้- ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้ไปใช้ ตามลำดับ และ วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยรวม โดยใช้สถิติ t-test (Dependent Samples) ผลปรากฏดัง ตารางที่ 4.3 ดังนี้



ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ของเซลล์

ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ตาม พฤติกรรมที่วัด	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน (N=44)		หลังเรียน (N=44)		t	Sig.
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S		
1. ความรู้-ความจำ	4	1.55	0.73	3.70	0.55	15.68*	0.00
2. ความเข้าใจ	10	4.64	1.50	8.55	0.99	17.21*	0.00
3. ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	8	3.45	0.90	5.64	1.06	10.99*	0.00
4. การนำความรู้ไปใช้	8	3.23	1.16	6.75	1.24	18.72*	0.00
โดยรวม	30	12.86	2.46	24.64	2.72	33.07*	0.00

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ พบว่า คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.64 ( $S = 2.72$ ) สูงกว่าคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.86 ( $S = 2.46$ ) และมีค่า t เท่ากับ 33.07 ค่า Sig. เท่ากับ 0.00 และผลการเรียนรู้ด้านความรู้ตามพฤติกรรมที่วัด 4 พฤติกรรม ได้แก่ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้ไปใช้ พบว่าพฤติกรรมด้านความรู้-ความจำ ผลการเรียนรู้หลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 ( $S = 0.55$ ) สูงกว่าคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 ( $S = 0.73$ ) พฤติกรรมด้านความเข้าใจ ผลการเรียนรู้หลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.55 ( $S = 0.99$ ) สูงกว่าคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ( $S = 1.50$ ) พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนรู้หลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.64 ( $S = 1.06$ ) สูงกว่าคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 ( $S = 0.90$ ) พฤติกรรมด้านการนำความรู้ไปใช้ ผลการเรียนรู้หลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.75 ( $S = 1.24$ ) สูงกว่าคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 ( $S = 1.16$ ) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้โดยรวม และผลการเรียนรู้ด้านความรู้ตามพฤติกรรมที่วัดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3.4 ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจของนักเรียน หลังจากที่นักเรียนเรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ ของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของ เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เทียบกับเกณฑ์ความพึงพอใจ รายด้าน ผลปรากฏดังตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

รายการ	$\bar{X}$	S	ระดับ ความพึงพอใจ
ด้านที่ 1 ความรู้สึกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			
1. บทปฏิบัติการฯ มีความน่าสนใจ	4.36	0.65	มาก
2. บทปฏิบัติการฯ กระตุ้นให้นักเรียนค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	4.34	0.64	มาก
3. บทปฏิบัติการฯ ช่วยฝึกให้นักเรียนทำงานร่วมกัน	4.43	0.66	มาก
4. บทปฏิบัติการฯ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ ความสามารถของตนเอง	4.41	0.69	มาก
5. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการฯ ใช้เวลาได้เหมาะสม	4.32	0.64	มาก
เฉลี่ย	4.37	0.65	มาก
ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วย บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			
6. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการฯ ทำให้นักเรียนได้ ประสบการณ์ตรง	4.32	0.64	มาก
7. กิจกรรมการทดลองทำให้นักเรียนสามารถใช้ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	4.20	0.67	มาก
8. การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทำให้เข้าใจ เนื้อหาได้ดีขึ้น	4.25	0.61	มาก

(ต่อ)

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

รายการ	$\bar{X}$	S	ระดับ ความพึงพอใจ
9. นักเรียนกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้	4.36	0.65	มาก
10. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการฯ ทำให้นักเรียนมี อิสระในการคิดและการเรียนรู้	4.34	0.64	มาก
เฉลี่ย	4.30	0.64	มาก
ด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้			
11. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน	4.32	0.64	มาก
12. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ใน การเรียนระดับสูงขึ้นไป	4.34	0.68	มาก
13. สามารถนำแนวคิดและหลักการไปคิดในการทำ โครงการวิทยาศาสตร์	4.25	0.61	มาก
14. ความรู้ที่ได้จากบทปฏิบัติการทำให้นักเรียนมี ความมั่นใจในการนำความรู้ไปใช้	4.39	0.62	มาก
15. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับผู้อื่น	4.14	0.63	มาก
เฉลี่ย	4.29	0.64	มาก
โดยรวม	4.32	0.64	มาก

จากตารางที่ 4.4 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความพอใจโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ( $\bar{X} = 4.32$ ,  $S = 0.64$ ) โดยด้านที่ 1 ความรู้สึกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ( $\bar{X} = 4.37$ ,  $S = 0.65$ ) ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ( $\bar{X} = 4.30$ ,  $S = 0.64$ ) และด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้ อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ( $\bar{X} = 4.29$ ,  $S = 0.64$ ) แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ขอเสนอลำดับการสรุปผล การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุป
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

5.1.1 คุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า คุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ( $\bar{X}=4.49$ ,  $S=0.05$ )

5.1.2 ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ได้ค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.687 ซึ่งแสดงว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 68.70

5.1.3 นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.1.4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

## 5.2 อภิปรายผล

จากการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการและเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้านความรู้และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ มีผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ( $\bar{X}=4.49$ ,  $S=0.05$ ) โดยมีรายการละเอียดดังนี้ รูปแบบและเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทดลอง การวัดผลและประเมินผล จำนวน 5 บทปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 4.61, 4.53, 4.34, 4.51 และ 4.46 ตามลำดับ ทั้งนี้ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและรูปแบบของบทปฏิบัติการ แล้วนำไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ และได้ปรับปรุงบทปฏิบัติการตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

เพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้เรียน ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น BSCS (1997, อ้างถึงใน สสวท., 2550) มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement), ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration), ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation), ขั้นขยายความรู้ (Elaboration), ขั้นประเมิน (Evaluation) ซึ่งสอดคล้องกับ พิกุลทอง กุลชาติ (2561) ได้ศึกษาการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีพื้นฐานเรื่อง สารชีวโมเลกุลในอาหารโคขุนที่ และนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและรูปแบบของบทปฏิบัติการแล้วนำไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าคุณภาพของบทปฏิบัติการอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.82$ ,  $S=0.39$ ) พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง สารชีวโมเลกุลในอาหารโคขุน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2.2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.687 ซึ่งแสดงว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 68.70 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แบบสืบเสาะที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นแต่ละบทปฏิบัติการมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เน้นการทดลองด้วยตัวเอง มีการทำงานเป็นกลุ่ม นอกจากนี้การสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ทำให้เกิดความรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน ดังนั้นการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะในการเรียนรู้จะทำให้มีประสิทธิภาพในการเรียน ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับพรทิพย์ วงษ์ปานา (2548, น. 48) ที่กล่าวว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมการทดลองที่สร้างขึ้น เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ สร้างองค์ความรู้จากการได้ทดลองด้วยตนเองโดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ พร้อมทั้งมุ่งให้นักเรียนมีความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทดลอง การนำความรู้ และความสามารถที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมหรือท้องถิ่นของตนเองได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จิตติมา ประยูรพรหม (2558) ได้ศึกษาผลการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติทางเคมีของโปรตีนจากรังไหม โดยใช้การสอนรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและการคิดวิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.531 นักเรียนโดยรวม และจำแนกตามผลการเรียนเคมีมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและการคิดวิจารณ์ญาณโดยรวมและรายด้านทุกด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ ทองหล่อ วันวิเศษ (2558) ได้ศึกษาการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.5629

5.2.3 นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะเน้นการปฏิบัติทดลอง ยึดการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำ ฝึกให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งกิจกรรมปฏิบัติการทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะจะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ที่สูงขึ้นมากกว่าการสอนที่ใช้การสอนบรรยายอย่างเดียว สอดคล้องกับ ปภัสญา สังขাত্রี (2555, น. 16) ได้กล่าวว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำการทดลองด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึกผลการทดลอง

วิเคราะห์ผล แปลผลและสรุปผลด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว และแสวงหาความรู้ใหม่ภายใต้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดของครูผู้สอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ จิตติมา ประยูรพรหม (2558) ได้ศึกษาผลการเรียนด้วย บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติทางเคมีของโปรตีนจากรังไหม โดยใช้การสอนรูปแบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและการคิดวิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มี ดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.531 นักเรียนโดยรวม และจำแนกตามผลการเรียนเคมี มีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและการคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมและ รายด้านทุกด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับ พรเพ็ญ ชนะพันธ์ (2561) ได้ศึกษาการ พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต ที่มีผลต่อการ เรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และทักษะ กระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรม วิทยาศาสตร์และวิธีการสืบเสาะหาความรู้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2.4 นักเรียนมีพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยรวมอยู่ใน ระดับพึงพอใจมาก โดยด้านที่ 1 ความรู้สึกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2 การแสดงออก ต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้ พบว่านักเรียนมีความพอใจโดยรวม อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ย 4.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเรียนด้วยบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะที่พัฒนาขึ้น เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นกิจกรรมที่ น่าสนใจ และทำให้ผู้เรียนรู้จักใช้อุปกรณ์และสารเคมีในห้องปฏิบัติการมากขึ้น นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ ฝึกการทำงานเป็นกลุ่มและมีส่วนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่ม สอดคล้องกับ วิมล สำราญวานิช (2532, น. 79-80) ได้กล่าวว่า การสอนแบบปฏิบัติการหรือการทดลอง (Laboratory Method) การที่นักเรียนได้ทำงาน ได้ปฏิบัติ และเรียนรู้จากการทดลองด้วยตนเองภายใต้การแนะนำของครูซึ่ง เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกันขณะปฏิบัติการทดลอง ได้สัมผัส และรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ รู้จักรับผิดชอบงานร่วมกัน

จากการสังเกตการณ์ทำกิจกรรมของนักเรียนในชั้นเรียน นักเรียนรู้จักการใช้เครื่องมืออย่าง ถูกต้องคล่องแคล่วและปลอดภัย ทำให้สนุกสนานกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้ มีการแบ่ง หน้าที่ภายในกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อหาข้อสรุปและอภิปรายผลร่วมกัน สอดคล้องกับ งานวิจัยของ นุชนภา พลสรรค์ และปรานอม ขาวเมฆ (2558, น. 397) ได้ศึกษาการพัฒนาบท ปฏิบัติการ เรื่อง พันธะไอออนิก เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคณะราษฎรบำรุงปทุมธานี พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการเรื่อง พันธะไอออนิก อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.05) และสอดคล้องกับสภาพ สุตติบุตร และอรจิรา อารักษ์สกุลวงศ (2558, น. 424-433) ได้ศึกษาการพัฒนบทปฏิบัติการเรื่อง กรด-เบส เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ปทุมธานี กลุ่มเป้าหมายนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในระดับพึงพอใจ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบปัญหา และข้อเสนอแนะที่อาจเป็นประโยชน์ในการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และการใช้นวัตกรรมอื่น ๆ ดังนี้

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ในการที่ครูผู้สอนจะนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะไปใช้สอน ควรศึกษารายละเอียดและขั้นตอนการสอนต่าง ๆ ให้เข้าใจเพื่อการเรียนการสอนจะได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

5.3.1.2 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่น ครูผู้สอนควรปรับเวลาการทำกิจกรรมให้เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียนจะทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่คาดว่าจะเกิดจากการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์

5.3.2.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรร่วม ที่อาจจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ประสบการณ์ในการเรียนของนักเรียนแต่ละคน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

5.3.2.3 ควรมีวิจัยเปรียบเทียบเกี่ยวกับผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อการสอนรูปแบบอื่น ๆ





บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กมลวรรณ กัญญาประสิทธิ์. (2558). 5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5 Essential features of inquiry). (เอกสารประกอบการสอน ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษามหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ PDF). สืบค้นจาก [http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5 Essential features of inquiry\\_Kamonwan.pdf?timestamp=1434440007462](http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5 Essential features of inquiry_Kamonwan.pdf?timestamp=1434440007462).
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- จิราพร หนูลาย. (2552). ผลการใช้วิธีสอนแบบ SQ4R ที่มีต่อความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจและความพึงพอใจต่อการเรียนภาษาอังกฤษ ของนักเรียน ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านโหล๊ะหาร จังหวัดพัทลุง (วิทยานิพนธ์ กศ.ม.). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- จำรัส อินทลาภาพร. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำนมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ปริญญาโทการศึกษา มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฐิติมา ประยูรพรหม. (2558). ผลการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติทางเคมีของโปรตีนจากรังไหม โดยใช้การสอนรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและการคิดวิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลการเรียนเคมีต่างกัน (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา). สืบค้นจากสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. (507.04 ฐ343ผ 2558)
- ณัฐรพีพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ทองหล่อ วันวิเศษ. (2558). *ได้ศึกษาการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้ การเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิด วิเคราะห์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. (ปริญญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- นิพนธ์ จันเลน. (2557). ความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการจัดห้องเรียนสี่เสาะและแนวทางปรับ ความเข้าใจ. *นิตยสาร สสวท*, 42(190), 3-8.
- นุชนภา พลสรรค์ และปรานอม ขาวเมฆ. (2558). การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะไอออนิก เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคณะราษฎรบำรุงปทุมธานี. ใน *การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและ นานาชาติ 2558*. (หน้า 397-405). สาขาครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน*. กรุงเทพฯ: ชมนมเด็ก.
- บุญเชิด ภิญโญนัตตพงษ์. (2545). *การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญแนวคิดและ วิธีการ*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- บุญรัตน์ จันทร. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สภาพสมดุล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสี่ เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5 ขั้น*. (ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์ศึกษา ไม่ได้ตีพิมพ์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปัทมา สังกาตรี. (2555). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการแยกสารสำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. (ปริญญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ประนอม วุฒิพันธ์. (2550). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องสารชีวโมเลกุลของแมลงใน ห้องถิ่น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. (ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชา หลักสูตรและการสอน). อุตรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2542). *หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่*. กรุงเทพฯ: ภาคตำราพัฒนา ตำราและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2547). *ข้อคิดในการออกข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์*. *วิทยัพบูลสาร*, (ฉบับวัน วิทยาศาสตร์แห่งชาติ สิงหาคม 2547), 29-37.
- ประสิทธิ์ สุวรรณรักษ์. (2542). *ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). บุรีรัมย์: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์.

- พรทิพย์ วงษ์ปานา. (2548). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการสกัดและแยกสารประกอบแซนโทนจากผลมังคุด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจันทบุรี*. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พรเพ็ญ ชนะพันธ์, ชูศักดิ์ โสชะระา, ปิยะวดี สราภิรมย์ และอรัญญา ชูยกระเดื่อง (2560). ผลของการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต ที่มีต่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2*. (หน้า1170-1780)
- พรเพ็ญ เพชรสุขศิริ. (2531). *การวัดทัศนคติ*. นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พิกุลทอง กุลชาติ. (2561). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีพื้นฐานเรื่อง สารชีวโมเลกุลในอาหารโคขุน*. (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมีศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- เพทาย ศิริมุลิกะ. (2547). *การตัดสินใจของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตพื้นที่การศึกษาสงขลา เขต 2 ต่อการศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*. (การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชารัฐศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพศาล วรคำ. (2562). *การวิจัยทางการศึกษา = Educational Research* (พิมพ์ครั้งที่ 10). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภัทรา นิคมานนท์. (2543). *การประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ: ทิพย์วิสุทธิ.
- มนตรี แยมกลีกร. (2550). *การเลือกใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพในการวิจัยในงานวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน*. วารสารศึกษาศาสตร์ ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มหาวิทยาลัยบูรพา.
- รัชนีกร ฤติรัชต์. (2546). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 โดยใช้บทปฏิบัติการขายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม*. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- วิภาณีย์ จิรธรรมาศ. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาคือและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบ. (ปริญญา นิพนธ์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิมล สำราญวานิช. (2532). เอกสารคำสอนวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา ตอนต้น. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *คู่มือการจัดสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *เอกสารการอบรมการสอนแบบสืบ เสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน*. สาขาชีววิทยา สสวท.
- สถาพร สุตบุตร และอรจิรา อารักษ์สกุลวงศ. (2558). การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง กรด-เบส เพื่อ ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย ปทุมธานี. ใน *การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ*. (หน้า 424-433). สาขาครุศาสตร์และ ศึกษาศาสตร์.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2545). *การวัดผลการศึกษา*. กพลินธ์: ประสานการพิมพ์.
- สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง. (2546). *การบริหารบุคลากรและการพัฒนาทรัพยากร มนุษย์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2535). *ความรู้พื้นฐานสำหรับการประเมินโครงการทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุทธวีรธณ พิศักดีโสภณ. *การเขียนข้อสอบวัด “การคิดวิเคราะห์”*. (เอกสารประกอบการบรรยาย สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ). สืบค้นจาก <http://www.mathayom9.go.th/nitad/analyze/analytic.pdf>.
- สุเทพ อุตสาหะ. (2526). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะ ศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2543). ชุดกิจกรรมแบบ 4 MAT กับการพัฒนาศักยภาพนักเรียน. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ปีที่ 1 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*.

- สุภาพ วาดเขียน. (2523). *ทำอย่างไรนิสิตนักศึกษาครูจึงจะสอนได้ดี*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- อรรถพร หาญวานิช. (2546). *ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของข้าราชการสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อภาภรณ์ ปานมี, ดวงฤทัย ศรีแดง และอรรถพรณ ทองประสงค์ (2558). การพัฒนาชุดปฏิบัติการ เรื่อง การทำสบู่เหลวผสมสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันเพื่อเสริมสร้างทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53*. (หน้า 218-226). สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Bloom, Benjamin S. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. McGraw-Hill Book Co., New York, 559-641.
- Chatterjee, Suparna. (2009). Sueveying Students' Attitudes and Perceptions toward Guided-Inquiry and Open- Inquiry Laboratories. *Journal of Chemistry Education*, 86(12), 1427-1432.
- Gronlund, N.E. (1976). *Measurment and Evaluation in Teaching*. 3rd ed. New York: McMillan Publishing Co., Inc.
- Kanli, U. & Yagbasam, R. (2007). The Effects of a Laboratory Approaches on the Development of University Students' Science Process Skills and Conceptual Achievement. on *Essays in Education*, p.143-153.
- Patrick, A.O. (2010). Effects of Field Studies on Learning Outcome in Biology. *Journal of Human Ecology*, 31(3), 171-177.
- Tatle, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievment. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159-170.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือในการวิจัย และตัวอย่างหนังสือ

ขอความอนุเคราะห์ในการทดลองใช้และเก็บข้อมูลวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY





## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ วท.ว๔๔๐/๒๕๖๓

วันที่ ๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตเป็นผู้ใช้วิชาดูตรวจสอบเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ

ด้วยนางสาวสุจิตรา แสนวัง รหัสประจำตัว ๖๒๔๒๒๐๐๗๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง  
“เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย  
บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พิจารณาแล้วว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถและประสบการณ์ในเรื่องนี้อย่างดียิ่ง จึงขออนุญาตจากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ  
ในการทำวิจัยและศึกษาข้อมูลครั้งนี้ เพื่อให้ผู้ทำการวิจัยจะได้ดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

- เพื่อ  ตรวจสอบความถูกต้องด้านหลักสูตรและการสอน
- ตรวจสอบด้านการวัดและประเมินผล
- ตรวจสอบด้านสถิติ การวิจัย
- อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาต และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานิตย์ อัญญาโพธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ วท. ว๔๔๐/๒๕๖๓

วันที่ ๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์

ด้วยนางสาวสุจิตรา แสนวัง รหัสประจำตัว ๒๒๘๒๒๐๐๗๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศาสตร์ รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาทฤษฎีปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง  
“เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย  
บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พิจารณาแล้วว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถและประสบการณ์ในเรื่องนี้อย่างดียิ่ง จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ  
ในการทำการวิจัยและศึกษาข้อมูลครั้งนี้ เพื่อให้ผู้ทำการวิจัยจะได้ดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

- เพื่อ
- ตรวจสอบความถูกต้องด้านหลักสูตรและการสอน
  - ตรวจสอบด้านการวัดและประเมินผล
  - ตรวจสอบด้านสถิติ การวิจัย
  - อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมานต์ย์ อัญญาโพธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ วท. ๖๔๔๐/๒๕๖๓

วันที่ ๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์กรรณิการ์ ทองคอนเปரியง

ด้วยนางสาวสุจิตรา แสนวัง รหัสประจำตัว ๖๒๘๒๒๐๐๗๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง  
“เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย  
บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พิจารณาแล้วว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถและประสบการณ์ในเรื่องนี้อย่างดียิ่ง จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ  
ในการทำวิจัยและศึกษาข้อมูลครั้งนี้ เพื่อให้ผู้ทำการวิจัยจะได้ดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

- เพื่อ  ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา
- ตรวจสอบด้านการวัดและประเมินผล
- ตรวจสอบด้านสถิติ การวิจัย
- อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานิตย์ อัญญะโพธิ์)  
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ที่ อว ๐๖๓๔.๐๖/ว๗๐๐๔

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม  
๔๕๐๐๐

๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย  
เรียน นางสาวสุจิตรา ฉานพราต ครูชำนาญการพิเศษ

ด้วยนางสาวสุจิตรา ฉานพราต รหัสประจำตัว ๒๒๘๒๒๐๐๗๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีพศึกษาศาสตร์ รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาทฤษฎีการศึกษาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง  
"เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่๔" เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย  
บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พิจารณาแล้วว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถและประสบการณ์ในเรื่องนี้อย่างดียิ่ง จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ  
ในการทำวิจัยและศึกษาข้อมูลครั้งนี้ เพื่อให้ผู้ทำการวิจัยจะได้ดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

- เพื่อ  ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาและการสอน  
 ตรวจสอบด้านการวัดและประเมินผล  
 ตรวจสอบด้านสถิติ การวิจัย  
 อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชำนาญตย์ อัญญาโพธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปฏิบัติราชการแทน  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โทรศัพท์/โทรสาร ๐-๔๓๗๑-๒๖๒๐



ที่ อว ๐๖๑๙.๐๖/วส๐๐๔

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม  
๔๕๐๐๐

๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย  
เรียน นางกาญจนา ประสงค์ดี ครูชำนาญการพิเศษ

ด้วยนางสาวสุจิตรา แสนวัง รหัสประจำตัว ๒๒๘๒๒๐๐๗๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีพวิทยาศาสตร์ รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง  
“เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย  
บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พิจารณาแล้วว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถและประสบการณ์ในเรื่องนี้อย่างดียิ่ง จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ  
ในการทำวิจัยและศึกษาข้อมูลครั้งนี้ เพื่อให้ผู้ทำการวิจัยจะได้ดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

- เพื่อ  ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาและการสอน  
 ตรวจสอบด้านการวัดและประเมินผล  
 ตรวจสอบด้านสถิติ การวิจัย  
 อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รายนิตย์ อัญญาโพธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปฏิบัติราชการแทน  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โทรศัพท์/โทรสาร ๐-๔๓๗๑-๒๖๒๐



ที่ อว ๐๖๑๙.๐๖/ว๗๐๐๔

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๐

๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย  
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกระสังพิทยาคม

ด้วยนางสาวสุจิตรา แสนวัง รหัสประจำตัว ๖๒๘๒๒๐๐๗๐๑๐๒ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีพศึกษาศาสตร์ รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ การพัฒนาทฤษฎีการศึกษาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง  
“เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย  
บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขออนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บ  
รวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยกับประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ ๔ โรงเรียนกระสังพิทยาคม จำนวน  
๔๔ คน เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มานิตย์ อัญญาโพธิ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โทรศัพท์/โทรสาร ๐-๔๓๗๑-๒๖๒๐

ภาคผนวก ข

แบบประเมินและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แบบประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ สำหรับนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และให้ข้อเสนอแนะ สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข โดยทำเครื่องหมาย  
✓ ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ มากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ มาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ น้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับ น้อยที่สุด

ร.ที่	รายการ บทปฏิบัติการที่ .....	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ				
		5	4	3	2	1
1.	<b>รูปแบบ และเนื้อหา</b>					
	1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	1.2 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน					
	1.3 รูปเล่มสวยงาม น่าสนใจ					
	1.4 ใช้ภาษาเข้าใจง่าย มีความถูกต้อง และชัดเจน					
2.	<b>การจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
	2.1 ความสอดคล้องของกิจกรรมชั้นสร้างความสนใจ					
	2.2 ความสอดคล้องของกิจกรรมชั้นศึกษาสำรวจ					
	2.3 ความสอดคล้องของกิจกรรมชั้นสร้างคำอธิบาย					
	2.4 ความสอดคล้องของกิจกรรมชั้นขยายความรู้					
	2.5 ความสอดคล้องของกิจกรรมชั้นประเมินผล					
	2.6 ลำดับกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาและ เวลาเรียน					
	2.7 เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ					



ที่	รายการ	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ				
		5	4	3	2	1
3.	การทดลอง					
	3.1 ขั้นตอนการทดลองเหมาะสมกับเนื้อหา ทำได้จริง					
	3.2 วัสดุ อุปกรณ์ในการทดลองได้เหมาะสม					
	3.3 การทดลองเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
	3.4 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น					
4.	การวัดผลและประเมินผล					
	4.1 การวัดผลและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์					
	4.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ					
	4.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับจุดประสงค์					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

...../...../.....

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้  
เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง โปรดพิจารณาว่าแบบทดสอบแต่ละข้อต่อไปนี้ วัดตรงตามพฤติกรรมการเรียนรู้ที่  
ระบุไว้หรือไม่ แล้วเขียนผลการพิจารณาของท่าน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “คะแนนการ  
พิจารณา” ตามความเห็นของท่านดังนี้

- ช่อง +1 ถ้าแน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ระบุไว้จริง  
ช่อง 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ระบุไว้  
ช่อง -1 ถ้าแน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ระบุไว้จริง

ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	+1	0	-1	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				

ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	+1	0	-1	
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				

ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
	+1	0	-1	
48				
49				
50				

(ลงชื่อ).....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

...../...../.....



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ  
วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง โปรดพิจารณาความสอดคล้องของประเด็นข้อคำถามเพื่อใช้ในแบบประเมินความคิดเห็น  
ของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของ  
เซลล์ แต่ละข้อว่ามีความถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ เมื่อพิจารณาแล้วให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง  
ความคิดเห็น โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

+1 หมายถึง สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
ด้านที่ 1 ความรู้สึกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
1	บทปฏิบัติการฯ มีความน่าสนใจ				
2	บทปฏิบัติการฯ กระตุ้นให้นักเรียนค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง				
3	บทปฏิบัติการฯ ช่วยฝึกให้นักเรียนทำงานร่วมกัน				
4	บทปฏิบัติการฯ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถ ของตนเอง				
5	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการฯ ใช้เวลาได้เหมาะสม				

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
6	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการฯ ทำให้นักเรียนได้ ประสบการณ์ตรง				
7	กิจกรรมการทดลองทำให้นักเรียนสามารถใช้อุปกรณ์ วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง				
8	การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ ดีขึ้น				
9	นักเรียนกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้				
10	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการฯ ทำให้นักเรียนมีอิสระใน การคิดและการเรียนรู้				
ด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้					
11	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน				
12	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการ เรียนระดับสูงขึ้นไป				
13	สามารถนำแนวคิดและหลักการไปคิดในการทำ โครงการวิทยาศาสตร์				
14	ความรู้ที่ได้จากบทปฏิบัติการทำให้นักเรียนมีความ มั่นใจในการนำความรู้ไปใช้				
15	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับผู้อื่น				

(ลงชื่อ).....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

...../...../.....

ตารางที่ ข.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ  
เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ที่	รายการ	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4	5			
	บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์								
1.	รูปแบบ และเนื้อหา								
	1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	1.2 เนื้อหามีความยากง่าย เหมาะสมกับผู้เรียน	4	5	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	1.3 รูปเล่มสวยงาม น่าสนใจ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	1.4 ใช้ภาษาเข้าใจง่าย มีความถูกต้อง และชัดเจน	4	5	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
2.	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
	2.1 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างความสนใจ	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
	2.2 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นศึกษาสำรวจ	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.3 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างคำอธิบาย	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	2.4 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นขยายความรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	2.5 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นประเมินผล	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.6 ลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหา และเวลาเรียน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
	2.7 เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

(ต่อ)

## ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ที่	รายการ	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4	5			
3.	การทดลอง								
	3.1 ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม กับเนื้อหา ทำได้จริง	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
	3.2 วัสดุ อุปกรณ์ในการทดลองได้ เหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	3.3 การทดลองเหมาะสมกับระดับ ของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	3.4 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี ยิ่งขึ้น	4	4	4	4	4	4.00	0.00	มาก
4.	การวัดผลและประเมินผล								
	4.1 การวัดผลและประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	4.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	4.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครง สร้างและหน้าที่ของเซลล์								
1.	รูปแบบ และเนื้อหา								
	1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	1.2 เนื้อหาที่มีความยากง่าย เหมาะสมกับผู้เรียน	4	5	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	1.3 รูปเล่มสวยงาม น่าสนใจ	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	1.4 ใช้ภาษาเข้าใจง่าย มีความถูกต้อง และชัดเจน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

(ต่อ)



## ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ที่	รายการ	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4	5			
2.	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
	2.1 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างความสนใจ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.2 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นศึกษาสำรวจ	5	5	3	5	4	4.40	0.89	มาก
	2.3 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างคำอธิบาย	5	4	3	5	5	4.40	0.89	มาก
	2.4 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นขยายความรู้	5	5	3	5	4	4.40	0.89	มาก
	2.5 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นประเมินผล	5	4	3	5	5	4.40	0.89	มาก
	2.6 ลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาและเวลาเรียน	4	4	3	5	4	4.00	0.71	มาก
	2.7 เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.	การทดลอง								
	3.1 ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม กับเนื้อหา ทำได้จริง	4	5	3	5	4	4.20	0.84	มาก
	3.2 วัสดุ อุปกรณ์ในการทดลองได้ เหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	3.3 การทดลองเหมาะสมกับระดับ ของผู้เรียน	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	3.4 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี ยิ่งขึ้น	5	4	3	5	4	4.20	0.84	มาก
4.	การวัดผลและประเมินผล								
	4.1 การวัดผลและประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	4.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก

(ต่อ)

## ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ที่	รายการ	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4	5			
	4.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การลำเลียงสารเข้าและออก จากเซลล์								
1.	รูปแบบ และเนื้อหา								
	1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	1.2 เนื้อหามีความยากง่าย เหมาะสมกับผู้เรียน	4	4	3	5	3	3.80	0.84	มาก
	1.3 รูปเล่มสวยงาม น่าสนใจ	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	1.4 ใช้ภาษาเข้าใจง่าย มีความถูกต้อง และชัดเจน	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
2.	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
	2.1 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างความสนใจ	5	3	4	5	5	4.40	0.89	มาก
	2.2 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นศึกษาสำรวจ	5	4	3	5	5	4.40	0.89	มาก
	2.3 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างคำอธิบาย	5	4	3	5	3	4.00	1.00	มาก
	2.4 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นขยายความรู้	5	4	3	5	4	4.20	0.84	มาก
	2.5 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นประเมินผล	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.6 ลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาและเวลาเรียน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
	2.7 เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด

(ต่อ)

## ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ที่	รายการ	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4	5			
3.	การทดลอง								
	3.1 ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม กับเนื้อหา ทำได้จริง	5	5	3	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
	3.2 วัสดุ อุปกรณ์ในการทดลองได้ เหมาะสม	5	4	3	5	4	4.20	0.84	มาก
	3.3 การทดลองเหมาะสมกับระดับ ของผู้เรียน	4	4	3	5	5	4.20	0.84	มาก
	3.4 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี ยิ่งขึ้น	4	4	3	5	4	4.00	0.71	มาก
4.	การวัดผลและประเมินผล								
	4.1 การวัดผลและประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	4.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	4.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	3	5	4	4.20	0.84	มาก
	บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การหายใจระดับเซลล์								
1.	รูปแบบ และเนื้อหา								
	1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	1.2 เนื้อหามีความยากง่าย เหมาะสมกับผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก

(ต่อ)

## ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ที่	รายการ	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4	5			
	1.3 รูปเล่มสวยงาม น่าสนใจ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	1.4 ใช้ภาษาเข้าใจง่าย มีความถูกต้อง และชัดเจน	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
	2.1 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างความสนใจ	5	3	4	5	4	4.20	0.84	มาก
	2.2 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นศึกษาสำรวจ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.3 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างคำอธิบาย	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.4 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นขยายความรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.5 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นประเมินผล	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	2.6 ลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาและเวลาเรียน	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
	2.7 เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.	การทดลอง								
	3.1 ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม กับเนื้อหา ทำได้จริง	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
	3.2 วัสดุ อุปกรณ์ในการทดลองได้ เหมาะสม	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	3.3 การทดลองเหมาะสมกับระดับ ของผู้เรียน	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
	3.4 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี ยิ่งขึ้น	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
4.	การวัดผลและประเมินผล								
	4.1 การวัดผลและประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก

(ต่อ)

## ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ที่	รายการ	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4	5			
	4.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	4.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การแบ่งเซลล์								
1.	รูปแบบ และเนื้อหา								
	1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	1.2 เนื้อหาที่มีความยากง่าย เหมาะสมกับผู้เรียน	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
	1.3 รูปเล่มสวยงาม น่าสนใจ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	1.4 ใช้ภาษาเข้าใจง่าย มีความถูกต้อง และชัดเจน	4	4	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2.	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
	2.1 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างความสนใจ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.2 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นศึกษาสำรวจ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.3 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นสร้างคำอธิบาย	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.4 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นขยายความรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	2.5 ความสอดคล้องของกิจกรรม ชั้นประเมินผล	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด

(ต่อ)

## ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ร.ก.	รายการ	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{x}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4	5			
	2.6 ลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาและเวลาเรียน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
	2.7 เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.	การทดลอง								
	3.1 ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม กับเนื้อหา ทำได้จริง	4	5	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	3.2 วัสดุ อุปกรณ์ในการทดลองได้ เหมาะสม	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
	3.3 การทดลองเหมาะสมกับระดับ ของผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
	3.4 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี ยิ่งขึ้น	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.	การวัดผลและประเมินผล								
	4.1 การวัดผลและประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
	4.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
	4.3 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ ข.2 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้  
เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
3	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
4	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
7	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
9	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
11	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ผ่าน
12	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
15	+1	0	0	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
17	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
18	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
20	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
21	-1	-1	0	-1	+1	-2	-0.40	ปรับปรุง
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
23	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ผ่าน

(ต่อ)

## ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
24	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ผ่าน
25	+1	0	+1	0	+1	3	0.60	ผ่าน
26	+1	1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
27	+1	0	0	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง
28	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
29	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
31	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ผ่าน
32	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
34	+1	0	0	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง
35	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
38	-1	1	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
39	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ผ่าน
40	-1	-1	0	+1	+1	0	0.00	ปรับปรุง
41	+1	0	+1	0	+1	3	0.60	ผ่าน
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
43	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
47	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	ผ่าน

(ต่อ)



ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ ด้านความรู้ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
48	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
49	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
50	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

ตารางที่ ข.3 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจต่อการเรียน

ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

แบบประเมิน ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง
8	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
13	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ ข.4 หาความยากง่าย และอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดความรู้ด้านความรู้  
แบบอิงเกณฑ์ของเบรนนัน (Brennan) และหาความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยวิธีการของ  
โลเวท (Lovett)

ข้อที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	หมายเหตุ
1	0.57	0.55	นำไปใช้ได้
2	0.73	0.21	นำไปใช้ได้
3	0.73	0.96	นำไปใช้ได้
4	0.67	0.50	นำไปใช้ได้
5	0.73	0.77	นำไปใช้ได้
6	0.57	0.55	นำไปใช้ได้
7	0.77	0.63	นำไปใช้ได้
8	0.63	0.27	นำไปใช้ได้
9	0.67	0.31	นำไปใช้ได้
10	0.60	0.78	นำไปใช้ได้
11	0.77	0.63	นำไปใช้ได้
12	0.77	0.44	นำไปใช้ได้
13	0.50	0.47	นำไปใช้ได้
14	0.63	0.45	นำไปใช้ได้
15	0.63	0.64	นำไปใช้ได้
16	0.70	0.54	นำไปใช้ได้
17	0.67	0.50	นำไปใช้ได้
18	0.63	0.45	นำไปใช้ได้
19	0.60	0.22	นำไปใช้ได้
20	0.57	0.74	นำไปใช้ได้
21	0.80	0.30	นำไปใช้ได้
22	0.70	0.35	นำไปใช้ได้
23	0.87	0.39	นำไปใช้ไม่ได้

(ต่อ)

## ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

ข้อที่	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก	หมายเหตุ
24	0.70	0.73	นำไปใช้ได้
25	0.60	0.41	นำไปใช้ได้
26	0.47	0.24	นำไปใช้ได้
27	0.77	0.44	นำไปใช้ได้
28	0.73	0.40	นำไปใช้ได้
29	0.80	0.48	นำไปใช้ได้
30	0.77	0.63	นำไปใช้ได้
31	0.53	0.32	นำไปใช้ได้
32	0.67	0.50	นำไปใช้ได้
33	0.63	0.27	นำไปใช้ได้
34	0.77	0.63	นำไปใช้ได้
35	0.73	0.77	นำไปใช้ได้
36	0.67	0.31	นำไปใช้ได้
37	0.70	0.54	นำไปใช้ได้
38	0.63	0.64	นำไปใช้ได้
39	0.60	0.22	นำไปใช้ได้
40	0.73	0.40	นำไปใช้ได้
41	0.67	0.50	นำไปใช้ได้
42	0.63	0.45	นำไปใช้ได้
43	0.77	0.63	นำไปใช้ได้
44	0.73	0.21	นำไปใช้ได้
45	0.67	0.31	นำไปใช้ได้
$r_{cc}$	0.941		

หมายเหตุ. ความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.47-0.80 และอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.21-0.96

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ  
เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

ที่	บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	รายการประเมิน				$\bar{X}$	S	ผลการ ประเมิน
		1	2	3	4			
		รูปแบบ และ เนื้อหา	การจัด กิจกรรม การ เรียนรู้	การ ทดลอง	การวัดผล และ ประเมินผล			
1	กล้อง จุลทรรศน์	4.75	4.54	4.60	4.53	4.61	0.10	มากที่สุด
2	โครงสร้างและ หน้าที่ของเซลล์	4.70	4.43	4.40	4.60	4.53	0.14	มากที่สุด
3	การลำเลียง สารเข้าและ ออกจากเซลล์	4.30	4.34	4.25	4.47	4.34	0.09	มาก
4	การหายใจ ระดับเซลล์	4.50	4.49	4.50	4.53	4.51	0.02	มากที่สุด
5	การแบ่งเซลล์	4.40	4.54	4.35	4.53	4.46	0.09	มากที่สุด
	รวม	4.53	4.47	4.42	4.53	4.49	0.05	มาก

ตารางที่ ค.2 คะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้

เลขที่	คะแนนวัดผลการเรียนรู้									
	ก่อนเรียน (30 คะแนน)					หลังเรียน (30 คะแนน)				
	ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	รวม (30)	ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	รวม (30)
1	1	4	4	3	12	4	9	6	6	25
2	2	6	3	3	14	4	9	6	7	26
3	2	4	4	5	15	4	9	5	8	26
4	2	3	4	2	11	4	9	6	6	25
5	0	6	2	4	12	4	9	6	8	27
6	1	2	2	2	7	2	7	4	5	18
7	2	6	3	2	13	4	9	4	6	23
8	0	2	4	5	11	4	9	7	5	25
9	3	3	4	3	13	4	9	6	8	27

(ต่อ)

## ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	รวม (30)	ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	รวม (30)		
10	2	2	3	2	9	3	7	4	5	19		
11	1	4	3	2	10	4	7	4	4	19		
12	0	5	3	5	13	4	9	7	8	28		
13	1	6	5	4	16	4	9	6	8	27		
14	2	3	5	2	12	4	9	6	8	27		
15	1	3	2	2	8	4	8	5	6	23		
16	1	5	4	4	14	4	9	6	8	27		
17	2	4	3	3	12	4	10	7	5	26		
18	2	5	4	3	14	4	8	7	7	26		

(ต่อ)

## ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนวัดผลการเรียนรู้						รวม (30)		
	ก่อนเรียน			หลังเรียน					
	ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	รวม (30)
19	1	5	4	3	3	9	7	8	27
20	1	3	4	3	3	8	3	8	22
21	1	5	4	4	4	8	6	7	25
22	2	7	3	3	3	9	3	6	21
23	1	8	2	2	4	9	6	6	25
24	2	3	3	1	4	7	5	6	22
25	2	4	4	5	4	9	7	8	28
26	2	6	4	5	4	10	5	7	26
27	2	5	6	1	4	10	5	7	26

(ต่อ)



## ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนวัดผลการเรียนรู้						รวม (30)	หลังเรียน						รวม (30)		
	ก่อนเรียน			หลังเรียน				ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	รวม (30)	ความรู้- ความจำ (4)		ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)
28	1	4	3	2	8	10	4	7	5	4	20	4	7	5	4	20
29	1	4	2	4	11	11	4	8	6	7	25	4	8	6	7	25
30	2	6	4	5	17	17	4	9	6	8	27	4	9	6	8	27
31	1	4	3	2	10	10	3	6	5	4	18	3	6	5	4	18
32	1	4	3	5	13	13	4	7	7	7	25	4	7	7	7	25
33	1	3	4	3	11	11	4	9	6	7	26	4	9	6	7	26
34	1	6	3	4	14	14	3	10	6	8	27	3	10	6	8	27
35	2	7	4	4	17	17	4	9	7	8	28	4	9	7	8	28
36	2	6	3	2	13	13	2	8	6	8	24	2	8	6	8	24

(ต่อ)

## ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนเรียน						หลังเรียน				
	ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	รวม (30)	ความรู้- ความจำ (4)	ความ เข้าใจ (10)	ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (8)	การนำ ความรู้ไปใช้ (8)	รวม (30)	
37	3	4	3	5	15	4	8	6	7	25	
38	2	7	3	3	15	4	9	6	6	25	
39	2	6	3	3	14	3	9	7	8	27	
40	2	5	3	4	14	3	10	6	7	26	
41	1	4	4	3	12	4	8	5	6	23	
42	2	4	2	3	11	3	8	5	8	24	
43	3	7	5	3	18	4	7	5	6	22	
44	2	4	4	4	14	4	10	5	7	26	

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ  
เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

รายการ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้		E.I
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
คะแนน	1320	566	1084	0.687

หาได้จากสูตร

$$E.I = \frac{1,084 - 566}{1,320 - 566}$$

$$= 0.687$$

ตารางที่ ค.4 วิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน  
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

ผลการเรียนรู้ด้านความรู้ตาม พฤติกรรมที่วัด	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน (N=44)		หลังเรียน (N=44)		t	Sig.
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S		
		1. ความรู้-ความจำ	4	1.55	0.73		
2. ความเข้าใจ	10	4.64	1.50	8.55	0.99	17.21	0.00 *
3. ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	8	3.45	0.90	5.64	1.06	10.99	0.00 *
4. การนำความรู้ไปใช้	8	3.23	1.16	6.75	1.24	18.72	0.00 *
โดยรวม	30	12.86	2.46	24.64	2.72	33.07	0.00 *

ตารางที่ ค.5 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์  
แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

รายการ	$\bar{X}$	S	ระดับ ความพึงพอใจ
ด้านที่ 1 ความรู้สึกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			
1. บทปฏิบัติการฯ มีความน่าสนใจ	4.36	0.65	มาก
2. บทปฏิบัติการฯ กระตุ้นให้นักเรียนค้นพบและ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	4.34	0.64	มาก
3. บทปฏิบัติการฯ ช่วยฝึกให้นักเรียนทำงานร่วมกัน	4.43	0.66	มาก
4. บทปฏิบัติการฯ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ ความสามารถของตนเอง	4.41	0.69	มาก
5. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการฯ ใช้เวลาได้เหมาะสม	4.32	0.64	มาก
เฉลี่ย	4.37	0.65	มาก
ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วย บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			
6. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการฯ ทำให้นักเรียนได้ ประสบการณ์ตรง	4.32	0.64	มาก
7. กิจกรรมการทดลองทำให้นักเรียนสามารถใช้ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	4.20	0.67	มาก
8. การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทำให้เข้าใจ เนื้อหาได้ดีขึ้น	4.25	0.61	มาก
9. นักเรียนกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้	4.36	0.65	มาก
10. การเรียนด้วยบทปฏิบัติการฯ ทำให้นักเรียนมี อิสระในการคิดและการเรียนรู้	4.34	0.64	มาก
เฉลี่ย	4.30	0.64	มาก

(ต่อ)

ตารางที่ ค.5 (ต่อ)

รายการ	$\bar{X}$	S	ระดับ ความพึงพอใจ
ด้านที่ 3 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์และการนำไปประยุกต์ใช้			
11. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน	4.32	0.64	มาก
12. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ใน การเรียนระดับสูงขึ้นไป	4.34	0.68	มาก
13. สามารถนำแนวคิดและหลักการไปคิดในการทำ โครงการวิทยาศาสตร์	4.25	0.61	มาก
14. ความรู้ที่ได้จากบทปฏิบัติการทำให้นักเรียนมี ความมั่นใจในการนำความรู้ไปใช้	4.39	0.62	มาก
15. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับผู้อื่น	4.14	0.63	มาก
เฉลี่ย	4.29	0.64	มาก
โดยรวม	4.32	0.64	มาก

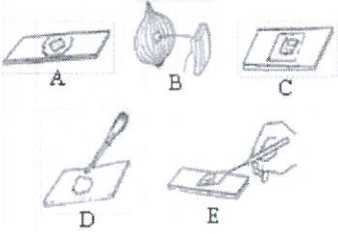
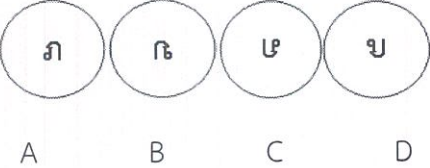
ภาคผนวก ง

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้  
และบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ

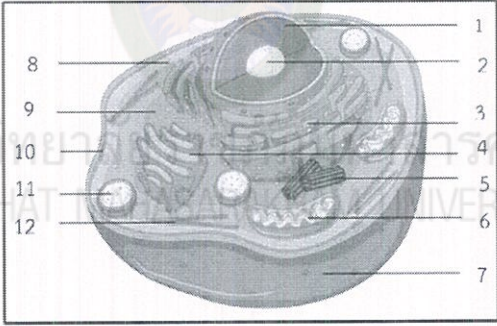
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้  
เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

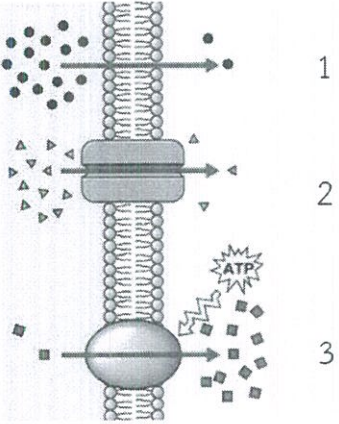
ข้อที่	คำถาม
1	<p style="text-align: center;">ข้อใดทำหน้าที่แตกต่างจากข้ออื่น ๆ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) กระจกหรือหลอดไฟ</li> <li>2) เลนส์รวมแสง</li> <li>3) ที่หนีบสไลด์</li> <li>4) ไดอะแฟรม</li> </ol>
2	<p style="text-align: center;">ข้อใดคือหลักการใช้กล้องจุลทรรศน์ได้อย่างถูกต้องที่สุด</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ถ้าต้องการเห็นความละเอียดของวัตถุมากขึ้นควรหมุนปุ่มปรับภาพละเอียดอย่างเดียว</li> <li>2) ถ้าต้องการเห็นความละเอียดของวัตถุมากขึ้นควรหมุนปุ่มปรับภาพหยาบก่อนแล้วหมุนปุ่มปรับภาพละเอียด</li> <li>3) ก่อนเก็บกล้องควรหมุนเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 10X อยู่ตรงกับลำกล้อง</li> <li>4) ถ้าต้องการปรับแสงให้มากหรือน้อยให้ปรับปุ่มเลนส์รวมแสง</li> </ol>
3	<p>ในการหาขนาดของพารามีเซียมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงธรรมดา เมื่อใช้กำลังขยายภาพของเลนส์ใกล้ตา 10X และเลนส์ใกล้วัตถุ 4X จะเห็นเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพเท่ากับ 4.5 มิลลิเมตร และนําสไลด์ที่มีพารามีเซียม มาศึกษาที่กำลังขยายใกล้ตา 10X และเลนส์ใกล้วัตถุ 40X พบว่าความยาวของพารามีเซียม 1 ตัว เท่ากับ <math>\frac{1}{3}</math> ของเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพพารามีเซียมตัวนี้มีขนาดของลำตัวยาวเท่าใด</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 15 ไมโครเมตร</li> <li>2) 150 ไมโครเมตร</li> <li>3) 15 มิลลิเมตร</li> <li>4) 150 มิลลิเมตร</li> </ol>

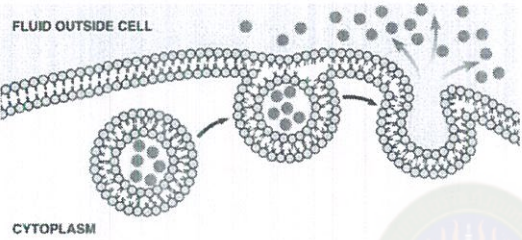
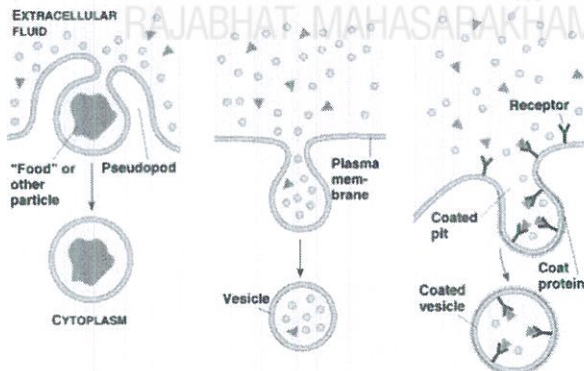
ข้อที่	คำถาม
4	<p>จากภาพ การเตรียมสไลด์สดของเยื่อหอมเพื่อนำไปดูเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ข้อใดเป็นการลำดับตามขั้นตอนการเตรียมสไลด์ที่ถูกต้องที่สุด</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) E - A - C - B - D</li> <li>2) B - D - A - C - E</li> <li>3) A - C - E - D - B</li> <li>4) D - B - A - E - C</li> </ol>
5	<p>เพราะเหตุใดจึงหยดสารละลายไอโอดีนลงในเยื่อบุข้างแก้ม ก่อนที่จะนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ทำให้เซลล์คงสภาพเดิมไม่เหี่ยว</li> <li>2) ทำให้เซลล์คงสภาพเดิมไม่เต่งจนแตก</li> <li>3) ทำให้เห็นส่วนของนิวเคลียสชัดเจนขึ้น</li> <li>4) ทำให้เห็นร่างแหเอนโดพลาสมิกชัดเจนขึ้น</li> </ol>
6	<p>เมื่อศึกษาแผ่นสไลด์ที่ติดตัวอักษร โดยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงแบบสเตอริโอ (stereoscopic microscope) ถ้าต้องการให้ภาพที่เห็นผ่านเลนส์ใกล้ตาเป็นภาพตัวอักษร “ภ” ตัวอักษรที่ติดอยู่บนแผ่นสไลด์ต้องอยู่ในลักษณะใด</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ภาพ A</li> <li>2) ภาพ B</li> <li>3) ภาพ C</li> <li>4) ภาพ D</li> </ol>



ข้อที่	คำถาม
7	<p>เซลล์ชนิดใดมีผนังเซลล์</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) อะมีบา</li> <li>2) แบคทีเรีย</li> <li>3) ยูกลีนา</li> <li>4) พารามีเซียม</li> </ol>
8	<p>หน้าที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ควบคุมการผ่านเข้าออกของสาร</li> <li>2) ควบคุมปริมาณออกซิเจนที่เซลล์ต้องการ</li> <li>3) ควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์</li> <li>4) ควบคุมตำแหน่งของนิวเคลียสในเซลล์</li> </ol>
9	<p>จากภาพ ถ้าเซลล์ขาดหมายเลข 6 จะส่งผลอย่างไร</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) เซลล์ไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนได้</li> <li>2) เซลล์ไม่สามารถผลิตสารที่มีพลังงานสูงให้แก่เซลล์ได้</li> <li>3) เซลล์ย่อยอาหารและสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่เซลล์ได้</li> <li>4) เซลล์ไม่สามารถสังเคราะห์ลิพิดและทำลายสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายได้</li> </ol>
10	<p>ข้อใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ไม่ถูกต้อง</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Ribosome-สังเคราะห์โปรตีน</li> <li>2) Centriole-การแบ่งเซลล์</li> <li>3) Nucleolus-แหล่งสังเคราะห์ดีเอ็นเอ</li> <li>4) RER-สังเคราะห์ฮอร์โมนเพศ</li> </ol>

ข้อที่	คำถาม
11	<p>สาเหตุที่ทำให้เห็ดราต้องดำรงชีวิตแบบภาวะย่อยสลาย (saprophytism) คืออะไร</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ไม่มีราก</li> <li>2) ไม่มีผนังเซลล์</li> <li>3) ไม่มีคลอโรพลาสต์</li> <li>4) ไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริง</li> </ol>
	<p style="text-align: center;"><b>ใช้ข้อความต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 12</b></p> <p>นิวเคลียสเป็นโครงสร้างที่เห็นได้ชัดเจนมีขนาดประมาณ 3-10 ไมโครเมตร พบได้ในสิ่งมีชีวิตยูแคริโอต โดยทั่วไปเซลล์ยูแคริโอตมักมี 1 นิวเคลียสรูปวงกลมรีหรือยาวพอบู๋ กลางเซลล์หรือค่อนไปข้างใดข้างหนึ่งมีเยื่อหุ้ม 2 ชั้นนิวเคลียสเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การแสดงออกของยีน การแบ่งเซลล์ และควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน</p>
12	<p style="text-align: center;">จากข้อความ กล่าวถึงเรื่องใดเป็นสำคัญ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) การทำงานของเซลล์</li> <li>2) ส่วนประกอบของนิวเคลียส</li> <li>3) หลักการทำงานของนิวเคลียส</li> <li>4) โครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส</li> </ol>

ข้อที่	คำถาม
13	<p>จากภาพคือกระบวนการลำเลียงสารแบบใด เรียงตามลำดับ</p>  <p>1) Simple diffusion, Facilitated diffusion, Active transport  2) Osmosis, Receptor-Mediated Endocytosis, Pinocytosis  3) Active transport, Simple diffusion, Facilitated diffusion  4) Pinocytosis, Phagocytosis, Receptor-Mediated Endocytosis</p>
	<p>ใช้ข้อความนี้ตอบคำถามข้อ 14-15</p> <p>นาย A และนาย B ได้ทำการทดลองเรื่องการลำเลียงสารผ่านเซลล์ โดยทั้งสองได้นำไข่ไก่มากระเทาะด้านข้างของไข่แล้วค่อยๆ แกะเปลือกไข่ทีละนิดโดยพยายามไม่ให้เหยื่อต่างๆ ขาด จากนั้นกระเทาะเปลือกไข่ด้านบนแล้วแกะเปลือกไข่ออกให้พอดีกับความกว้างของหลอดดูด นำหลอดดูดใส่ลงไปในไข่ ปิดช่องว่างระหว่างหลอดดูดกับไข่ด้วยดินน้ำมันให้รู้ปิดสนิท จากนั้นนาย A และนาย B นำไข่ไปวางบนบีกเกอร์ขนาดเล็ก ซึ่งบีกเกอร์ของนาย A ใส่ น้ำ ส่วนบีกเกอร์ของนาย B ใส่ น้ำเกลือ ทั้งสองคนนำไข่ที่แกะเปลือกด้านข้างมาวางบนบีกเกอร์ของตนเอง โดยให้ด้านล่างของไข่ที่แกะเปลือกสัมผัสกับน้ำและน้ำเกลือ</p>
14	<p>นักเรียนคิดว่าผลการทดลองนี้เป็นการลำเลียงประเภทใด</p> <p>1) Facilitated diffusion  2) Active transport  3) Osmosis  4) Plasmolysis</p>

ข้อที่	คำถาม
15	<p>ข้อใดมีความสอดคล้องกับเหตุการณ์นี้มากที่สุด</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) การหุบของใบไมยราบ</li> <li>2) เติมน้ำตาลในถ้วยกาแฟ</li> <li>3) การฉีดยาฆ่าแมลงที่สวนดอกไม้</li> <li>4) การลำเลียงธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์พืช</li> </ol>
16	<p>จากแผนภาพเป็นการลำเลียงสารแบบใด</p>  <p>The diagram shows a cross-section of a cell membrane. On the left, a vesicle containing particles is moving from the cytoplasm towards the plasma membrane. On the right, the plasma membrane is forming a pocket to take in particles from the extracellular fluid.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) กระบวนการพินไซโทซิส</li> <li>2) กระบวนการฟาโกไซโทซิส</li> <li>3) กระบวนการเอกไซโทซิส</li> <li>4) กระบวนการเอนโดไซโทซิส</li> </ol>
17	<p>จากภาพคือกระบวนการลำเลียงสารแบบใด เรียงตามลำดับ</p>  <p>The three diagrams show: 1. A large particle being engulfed by pseudopods. 2. Small particles being taken into the cell through the plasma membrane. 3. Particles binding to receptors on the membrane, which then form a coated pit lined with coat proteins.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1</li> <li>2</li> <li>3</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Exocytosis, Phagocytosis และ Osmosis</li> <li>2) Phagocytosis, Pinocytosis และ Receptor-Mediated Endocytosis</li> <li>3) Pinocytosis, Phagocytosis และ Receptor-Mediated Endocytosis</li> <li>4) Receptor-Mediated Endocytosis Exocytosis และ Phagocytosis</li> </ol>

ข้อที่

คำถาม

18 ภาพใดเป็นการลำเลียงสารของเซลล์เม็ดเลือดขาว

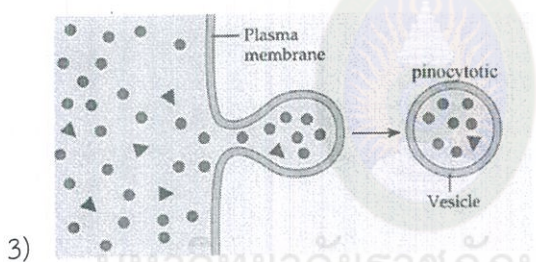
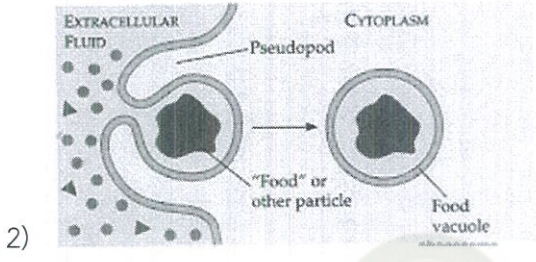
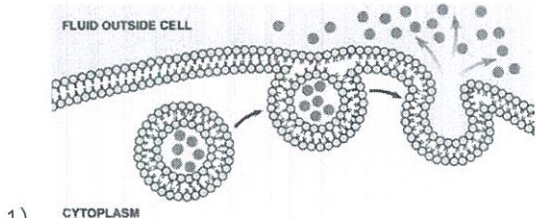
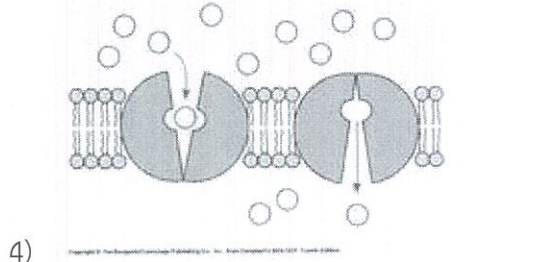


Figure 8-12 Cross section of the cell membrane



19 ข้อใดไม่ใช่กระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์

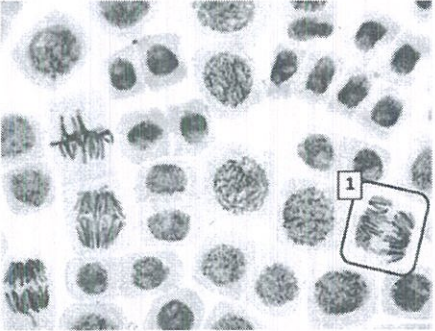

- 1) Glycolysis
- 2) Krebs cycle
- 3) Photosynthesis
- 4) Electron transport system

ข้อที่	คำถาม
20	<p>กระบวนการใดไม่ได้เกิดขึ้นภายในไมโทคอนเดรีย</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Glycolysis</li> <li>2) Krebs cycle</li> <li>3) Electron transport system</li> <li>4) ทั้งข้อ 1, 2 และ 3</li> </ol>
21	<p>สารในข้อใดที่ถูกใช้ในกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) กรดไขมันและกลีเซอรอล</li> <li>2) กรดอะมิโน และกลีเซอรอล</li> <li>3) ไทรกลีเซอไรด์และกรดไขมัน</li> <li>4) กรดอะมิโน กรดไขมัน และกลีเซอรอล</li> </ol>
22	<p>ถ้าเริ่มต้นจากน้ำตาลมอลโทส 3 โมเลกุล เมื่อผ่านกระบวนการย่อยและสลายในไกลโคไลซิส จะได้พลังงานในรูป ATP สุทธิกี่โมเลกุล</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 6</li> <li>2) 9</li> <li>3) 12</li> <li>4) 15</li> </ol>
<p>ใช้ข้อความต่อไปนี้ตอบคำถาม ข้อ 23-24</p> <p>การทำแป้งขนมปังคนทำขนมปังจะผสมแป้งน้ำ เกลือ และยีสต์เข้าด้วยกัน หลังจากผสมแล้วเก็บแป้งขนมปังไว้ในภาชนะหลายชั่วโมงเพื่อให้เกิดการหมัก ในระหว่างการหมักมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นในแป้ง โดยยีสต์จะเปลี่ยนแป้งและน้ำตาลในแป้งขนมปังให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์</p>	

ข้อที่	คำถาม
23	<p>การหมักทำให้แป้งขนมปังฟูขึ้นทำไมแป้งขนมปังจึงฟูขึ้นได้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) แป้งขนมปังฟูขึ้นเพราะแอลกอฮอล์ถูกสร้างขึ้นและเปลี่ยนเป็นก๊าซ</li> <li>2) แป้งขนมปังฟูขึ้นเพราะยีสต์เกิดการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน</li> <li>3) แป้งขนมปังฟูขึ้นเพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกสร้างขึ้น</li> <li>4) แป้งขนมปังฟูขึ้นเพราะการหมักทำให้น้ำกลายเป็นไอ</li> </ol>
24	<p>หลังจากผสมแป้งขนมปังแล้ว 2-3 ชั่วโมงคนทำขนมปังซึ่งแป้งขนมปังและสังเกตว่ามวลของแป้งขนมปังลดลงมวลของแป้งขนมปังในตอนเริ่มต้นของทั้งสี่การทดลองดังรูปข้างล่างมีค่าเท่ากันการทดลองสองการทดลองใดที่คนทำขนมปังควรนำมาใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบว่ายีสต์เป็นสาเหตุของการหายไปของมวล</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) คนทำขนมปังควรเปรียบเทียบการทดลองที่ 1 และ 2</li> <li>2) คนทำขนมปังควรเปรียบเทียบการทดลองที่ 1 และ 3</li> <li>3) คนทำขนมปังควรเปรียบเทียบการทดลองที่ 2 และ 4</li> <li>4) คนทำขนมปังควรเปรียบเทียบการทดลองที่ 3 และ 4</li> </ol>
25	<p>ข้อใดสอดคล้องกับการแบ่งเซลล์แบบ mitosis</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) การสร้างสเปิร์ม</li> <li>2) การสร้างเซลล์ไข่</li> <li>3) การสร้างสปอร์ในพืช</li> <li>4) การสร้างเซลล์ไขกระดูก</li> </ol>

ข้อที่	คำถาม
	<p>จากภาพจงตอบคำถาม ข้อ 27</p> 
26	<p>จากภาพสอดคล้องกับการแบ่งเซลล์ใดต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) เซลล์ผิวหนัง</li> <li>2) เซลล์ไขกระดูก</li> <li>3) เซลล์ประสาท</li> <li>4) เซลล์สเปอร์มของหีต</li> </ol>
27	<p>การงอกใหม่ของหางจิ้งจกเมื่อขาดไปจัดเป็นการแบ่งเซลล์แบบใด</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Mitosis</li> <li>2) Meiosis</li> <li>3) ทั้ง Mitosis และ Meiosis</li> <li>4) ไม่มีการแบ่งเซลล์เกิดขึ้น</li> </ol>
28	<p>การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส แตกต่างจากไมโอซิสอย่างไร</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ไมโทซิสใช้เวลานานกว่าไมโอซิส</li> <li>2) ไมโทซิสเป็นการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ไมโอซิสสร้างเซลล์ร่างกาย</li> <li>3) ไมโทซิสได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ ไมโอซิสได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์</li> <li>4) ไมโทซิสไม่มีการไซแนปซิส ไคแอสมาและครอสซิงโอเวอร์ แต่ไมโอซิสมี</li> </ol>



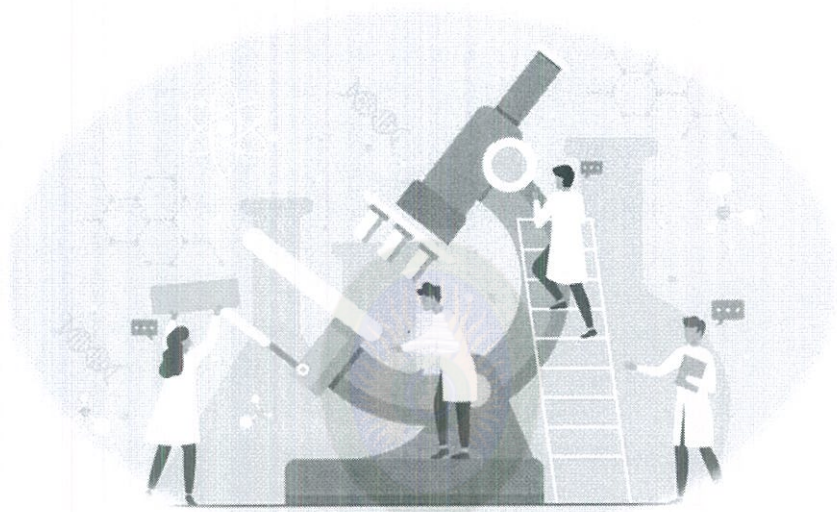
ข้อที่	คำถาม
29	<p>เซลล์หมายเลข 1 อยู่ในกระบวนการแบ่งเซลล์ระยะใด</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Interphase</li> <li>2) prophase</li> <li>3) Metaphase</li> <li>4) Anaphase</li> </ol>
30	<p>จากภาพเป็นการแบ่งเซลล์แบบใด และระยะใด ตามลำดับ</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ไมโอซิส, เมทาเฟส</li> <li>2) ไมโอซิส, โพรเฟส 1</li> <li>3) ไมโอซิส, โพรเฟส 2</li> <li>4) ไมโอซิส, อินเตอร์เฟส</li> </ol>

ตัวอย่างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ

# บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

โดย

นางสาวสุจิตรา แสนวัง

นักศึกษาปริญญาโท สาขาชีววิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.ยุวดี อินสำราญ

ผศ.ดร.พรณรงค์ สิริปิยะสิงห์

## ข้อปฏิบัติสำหรับการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

### คำชี้แจง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นปฏิบัติการแบบสืบเสาะหา (Science Laboratory Lessons) โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E Learning Cycle) ซึ่งมีโครงสร้างแบบปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ตามที่ครูกำหนดไว้ให้ (Teacher-Structured Laboratory)

ประกอบด้วย บทปฏิบัติการ จำนวน 5 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

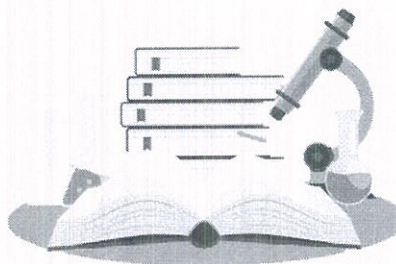
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การหายใจระดับเซลล์

บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การแบ่งเซลล์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ ระยะเวลาในการเรียนบทปฏิบัติการใช้เวลา 3 ชั่วโมง



## บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

### กล้องจุลทรรศน์

- จุดประสงค์ :**
1. ระบุส่วนประกอบ และบอกหน้าที่ของส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
  2. บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง
  3. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
  4. สังเกต วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

### แนวคิดหลัก

กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการขยายภาพ ทำให้สามารถมองเห็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ๆ ได้ กล้องจุลทรรศน์มีทั้งแบบที่ใช้แสงและแบบอิเล็กตรอน การศึกษาเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะเห็นรายละเอียดของโครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษามากกว่ากล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

### แนวคิดรอง

กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์ ที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยขยายศักยภาพด้านการมองเห็นของมนุษย์ไปพร้อมๆ กับความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ในหลายแขนง กล้องจุลทรรศน์ยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันเพื่อให้ได้กล้องจุลทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับใช้ศึกษาองค์ความรู้ต่าง ๆ ทางด้านชีววิทยา กล้องจุลทรรศน์จำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (Light Microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Microscope) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการใช้งานที่แตกต่างกัน

# 1. ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (ใช้เวลา 5 นาที)

ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้



มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี  
RAJABHAT RAJAPHRAPIPHRANGI UNIVERSITY

ที่มา : [http://kruwaibio.blogspot.com/2013/08/blog-post\\_31.html](http://kruwaibio.blogspot.com/2013/08/blog-post_31.html)

ปากใบ Stomata คือรูที่อยู่ ระหว่างเซลล์  
คุม (Guard Cell) ที่ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ  
ปากใบมีหน้าที่เป็นทางเข้าออกของน้ำและอากาศ  
ถ้านักเรียนต้องการเห็นปากใบของว่านกาบหอย  
จะต้องใช้อุปกรณ์ชนิดใด

## 2. ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (ใช้เวลา 115 นาที)

กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่สำคัญและจำเป็นในการขยายภาพของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่มีขนาดเล็กจนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าให้สามารถมองเห็นได้ชัด และมีการแจกแจงรายละเอียดหรือมีความคมชัดสูง (High resolution) โดยมีประวัติเริ่มต้นการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ดังนี้

### ประวัติเริ่มต้นการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์

ช่วงปี พ.ศ. 2133

ช่างทำแว่นตาชาวฮอลันดาชื่อ แจนเสน (Zaccharias Janssen) เริ่มประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ที่ให้ภาพขยายได้ 3-10 เท่าและมีการปรับและพัฒนาคุณภาพของกล้องจุลทรรศน์



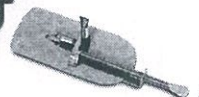
ประมาณปี พ.ศ. 2208

โรเบิร์ต ฮุก (Robert Hooke) ได้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์เลนประกอบเพื่อใช้ศึกษาสิ่งต่าง ๆ รอบตัวและสามารถมองเห็นผนังเซลล์ครั้งแรกจากเซลล์ของเปลือกไม้ไผ่ นอกจากนี้ยังเป็นผู้ให้นิยามคำว่าเซลล์



ประมาณปีพ.ศ. 2217

อันโตนิ วาน เลเวนฮุก (Antony Van Leeuwenhoek) ได้ใช้กล้องจุลทรรศน์เลนเดี่ยวที่ประดิษฐ์ขึ้นเองซึ่งมีกำลังขยายประมาณ 200 เท่าในการสังเกตสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และได้อธิบายลักษณะของโปรตีนและแบคทีเรีย



ที่มา : <http://sites.google.com/site/elearningbiokan/content>

กล้องจุลทรรศน์มีหลายชนิด แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (Light Microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Microscope)

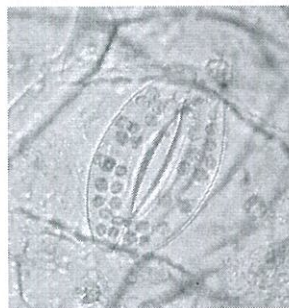
### กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (light microscope)

กล้องจุลทรรศน์ที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการชีววิทยาทั่วไป คือ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงจะใช้ลำแสงที่เป็นช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นได้และชุดของเลนส์แก้วทำให้เกิดภาพขยาย ซึ่งภาพปรากฏให้เห็นได้โดยตรงในลำกล้อง กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ (Compound Microscope) และกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (Stereoscopic Microscope)



### กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

เป็นกล้องชนิดเลนส์ประกอบ นิยมใช้ศึกษาโครงสร้างภายในของสิ่งมีชีวิตระดับเนื้อเยื่อและเซลล์ รวมถึงลักษณะและการจัดเรียงตัวของเซลล์ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือนหัวกลับและกลับซ้ายเป็นขวา โดยทั่วไปมีกำลังขยายประมาณ 1000 เท่า

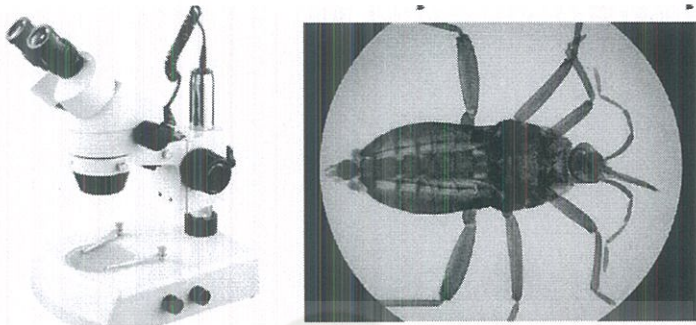


ที่มา : <http://sites.google.com/a/longwittaya.ac.th>

ที่มา : [http://kruwaibio.blogspot.com/2013/08/blog-post\\_31.html](http://kruwaibio.blogspot.com/2013/08/blog-post_31.html)

### กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

เป็นกล้องชนิดเลนส์ประกอบสามารถใช้ศึกษาโครงสร้างภายนอกของวัตถุที่ทึบแสงที่กำลังขยายต่ำกว่ากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ ซึ่งเป็นภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ 3 มิติและเป็นภาพเสมือนหัวตั้งไม่กลับซ้ายขวา โดยทั่วไปมีกำลังขยายประมาณ 30-40 เท่า



### ส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

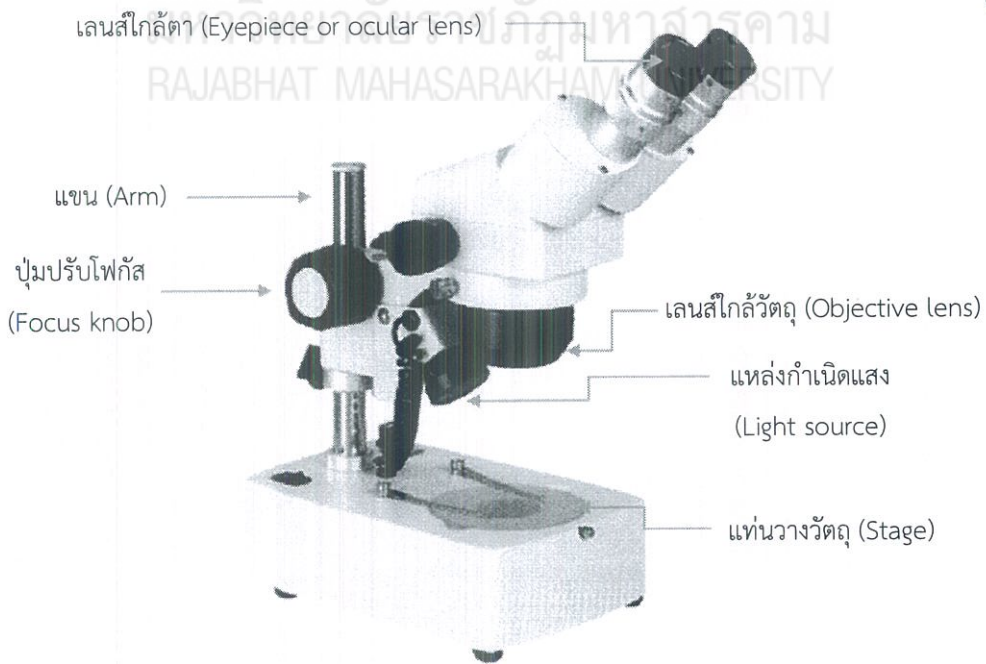


ที่มา : [https://www.zyzhan.com/st64402/product\\_1696257.html](https://www.zyzhan.com/st64402/product_1696257.html)



### วิธีใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

1. วางกล้องบนโต๊ะปฏิบัติการแล้วเปิดสวิตซ์หลอดไฟ
2. หมุนแป้นที่เลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่เพื่อจัดให้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุดอยู่ตรงกับแนวลำกล้องเมื่ออยู่ตรงตำแหน่งที่ถูกตั้งจะมีเสียงคลิกเบา ๆ
3. วางแผ่นสไลด์ที่ต้องการศึกษาบนแท่นวางวัตถุยึดแผ่นสไลด์เข้ากับที่จับเลื่อนสไลด์ให้บริเวณที่ต้องการศึกษาไปอยู่ตรงกลางบริเวณที่แสงผ่าน
4. ปรับความเข้มของแสงให้พอเหมาะโดยหมุนปุ่มปรับความเข้มของแสง
5. หมุนปรับภาพหยาบจนสไลด์อยู่ใกล้กับเลนส์ใกล้วัตถุมากที่สุด มองผ่านเลนส์เลนส์ใกล้ตาพร้อมหมุนปุ่มปรับภาพหยาบเพื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างสไลด์และเลนส์ใกล้วัตถุจนภาพเริ่มชัดเจนมากที่สุด อาจเลื่อนสไลด์เพื่อให้ภาพที่ศึกษาอยู่ตรงกลาง และอาจปรับแสงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นโดยใช้ไดอะแฟรม หรือปุ่มปรับความเข้มแสง
6. หมุนปุ่มปรับภาพละเอียดจนได้ภาพที่คมชัด
7. ถ้าต้องการเพิ่มกำลังขยายให้สูงขึ้น หมุนแป้นที่เลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่ให้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูงขึ้นในลำดับถัดไปให้อยู่ตรงกับแนวลำกล้อง (มีเสียงคลิก) จากนั้นปรับภาพให้คมชัดโดยให้ปุ่มปรับภาพละเอียด อาจต้องปรับแสงให้เหมาะสมอีกครั้ง



ที่มา : <https://www.trueatronixonline.com/en/stereo-microscope-ztx-e.html>

## วิธีใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

1. คลี่สายไฟออกนำไปเสียบแหล่งจ่ายไฟ
2. เปิดสวิตช์กล้องจุลทรรศน์เพื่อเปิดหลอดไฟที่ฐานหรือด้านบนไปยังตำแหน่ง “เปิด”
3. นำตัวอย่างที่ต้องการศึกษา เช่น แมลงที่มีขนาดเล็กทั้งตัว หรือส่วนประกอบของพืชวางบนสไลด์หรือจานเพาะเชื้อแล้วนำมาวางบนแท่นวางวัตถุ
4. หมุนปรับความเข้มแสงที่ส่องลงมาที่วัตถุให้พอเหมาะ
5. มองผ่านเลนส์ใกล้ตาโดยลืมตาทั้งสองข้างและปรับระยะห่างระหว่างตาจนภาพเห็นซ้อนกันเป็นภาพเดียว
6. ปรับโฟกัสโดยการหมุนปุ่มปรับภาพจนเห็นภาพชัดเจน
7. ถ้าต้องการเห็นภาพขนาดใหญ่ขึ้นให้ปรับกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุโดยหมุนแป้นเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุให้มากขึ้นแล้วปรับโฟกัส อีกครั้ง
8. ใช้มือเลื่อนสไลด์หรือจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างที่ศึกษาไปทางขวาซ้ายหรือบนล่างเพื่อสังเกตทิศทางารเพื่อนของภาพจากนั้นศึกษาลักษณะภาพที่เกิดขึ้น

## การคำนวณเกี่ยวกับกล้องจุลทรรศน์

### 1. การหากำลังขยายของกล้อง

กำลังขยายของกล้อง = กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา X กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ

### 2. หากำลังขยายของภาพ

$$\text{กำลังขยายของภาพ} = \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}}$$

### 3. หาเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ} = \frac{\text{กำลังขยายเลนส์ต่ำสุด} \times \text{เส้นผ่านศูนย์กลางจอภาพกำลังขยายต่ำสุด}}{\text{กำลังขยายของเลนส์ที่กำลังศึกษา}}$$

สามารถสืบค้น VDO เพิ่มเติมได้ที่นี้



คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำกิจกรรม และบันทึกผลการทำกิจกรรมให้เรียบร้อย แล้วช่วยกันตอบคำถาม

กิจกรรม ศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....วัน/เดือน/ปี.....

สมาชิก 1.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....เลขที่.....หน้าที่.....

4.....เลขที่.....หน้าที่.....

5.....เลขที่.....หน้าที่.....

วัสดุและอุปกรณ์

- |                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| 1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ  | 7. ใบมีดโกน            |
| 2. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ | 8. กระจกเยื่อ          |
| 3. สไลด์และกระจกปิดสไลด์           | 9. น้ำ                 |
| 4. จานเพาะเชื้อ                    | 10. สไลด์ตัวอักษร      |
| 5. เข็มเย็บ                        | 11. ว่านกาบหอย         |
| 6. หลอดหยด                         | 12. ไม้บรรทัดพลาสติกใส |

วิธีการทำกิจกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบภาพตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และแบบสเตอริโอ

- นำตัวอักษร “ก” วางบนสไลด์ แล้วนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และแบบสเตอริโอ
- วาดภาพที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงทั้ง 2 แบบพร้อมระบุกำลังขยายที่ใช้
- เปรียบเทียบลักษณะของภาพตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงทั้ง 2 แบบ ลงในตาราง

ตอนที่ 2 การศึกษาเซลล์ว่านกาบหอยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

- นำใบว่านกาบหอยวางบนจานเพาะเชื้อแล้วศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
- วาดภาพที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมระบุกำลังขยายที่ใช้

ตอนที่ 3 การศึกษาเซลล์ว่านกาบหอยโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

- นำว่านกาบหอยมาฉีกหรือหั่นกับมีดแล้วลอกเอาแค่เปลือกบาง ๆ ขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตร ไปวางบนแผ่นสไลด์ แล้วหยดน้ำ 1 หยด
- นำแผ่นปิดมาปิดไว้ด้านบน เช็ดน้ำที่เหลือจากออกมมาจากแผ่นปิด

- นำสไลด์ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ สังเกตการณ์เรียงตัวของเซลล์ ส่วนประกอบของเซลล์ ภาพที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมระบุกำลังขยายที่ใช้

#### ตอนที่ 4 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

- อ่านค่ากำลังขยายของเลนส์ใกล้ตาเล่น และใกล้วัตถุ
- คำนวณกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์โดยคิดจาก ผลคูณระหว่างกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา กับเลนส์ใกล้วัตถุ และบันทึกผลลงในตาราง
- วางไม้บรรทัดพลาสติกใสอย่างบางโดยที่ด้านเซนติเมตรอยู่ตรงช่องกลมของแท่นวางวัตถุของกล้องจุลทรรศน์ ปรับให้มองเห็นสเกลชัดเจนโดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 4X นับจำนวน มิลลิเมตรจากขอบจอภาพด้านหนึ่งจนถึงขอบจอภาพอีกด้านหนึ่ง
- สไลด์ที่มีเซลล์วุ้นกับหอยจากตอนที่ 3 นำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์และหาความยาว โดยประมาณของเซลล์ โดยเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ
- บันทึกค่าที่ได้จากข้อ 2. 3. และ 4. ลงในตาราง

#### ตารางบันทึกผลการทดลอง

##### ตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบภาพตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และแบบสเตอริโอ

ชนิดของกล้องจุลทรรศน์	ลักษณะภาพ
กล้องจุลทรรศน์ .....	
กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา .....	
กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ .....	
กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ .....	
กล้องจุลทรรศน์ .....	
กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา .....	
กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ .....	
กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ .....	

ตอนที่ 2 การศึกษาเซลล์ว่านกาบหอยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ .....

ตอนที่ 3 การศึกษาเซลล์ว่านกาบหอยโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ .....

ตอนที่ 4 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

กำลังขยาย			เส้นผ่านศูนย์กลาง ของจอภาพ (มิลลิเมตร)	ขนาดโดยประมาณของเซลล์ ว่านกาบหอยที่เห็นภายใต้ กล้องจุลทรรศน์ (มิลลิเมตร)
เลนส์ใกล้ ตา	เลนส์ใกล้ วัตถุ	กล้อง จุลทรรศน์		
	4X			
	10X			

### 3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (ใช้เวลา 20 นาที)

คำชี้แจง : หลังจากนักเรียนทำกิจกรรม และศึกษาเนื้อหาข้างต้น ให้นักเรียนลองช่วยกันคิดและตอบคำถามต่อไปนี้

1. ภาพที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงเชิงประกอบ และแบบสตอริโอเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

.....

.....

.....

2. ถ้านักเรียนต้องการดูวัตถุที่บางใส ไม่มีสี นักเรียนต้องปรับแสงให้เข้ากล้องจุลทรรศน์มากหรือน้อยโดยปรับส่วนประกอบใดของกล้อง

.....

.....

3. ถ้าต้องการให้ภาพที่อยู่มุมบนด้านซ้ายของจอภาพมาอยู่ตรงกลางจอภาพ จะปรับเลื่อนส่วนใดของกล้อง และปรับเลื่อนอย่างไร

.....

.....

.....

4. ที่กำลังขยาย 10X4 ของกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ วัดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางจอภาพได้ 4 มิลลิเมตร นำเซลล์สาหร่ายเตาไปวัดขนาดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ตัวเดียวกันนี้ แต่เปลี่ยนกำลังขยายเป็น 40X40 พบว่าความยาวของเซลล์ของสาหร่ายเตาต่อกัน 8 เซลล์ จึงจะเต็มจอภาพ ความยาวของสาหร่ายเตา 1 เซลล์มีขนาดกี่ไมโครเมตร แสดงวิธีคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 4. ขยายความรู้ (Elaboration) (ใช้เวลา 25 นาที)

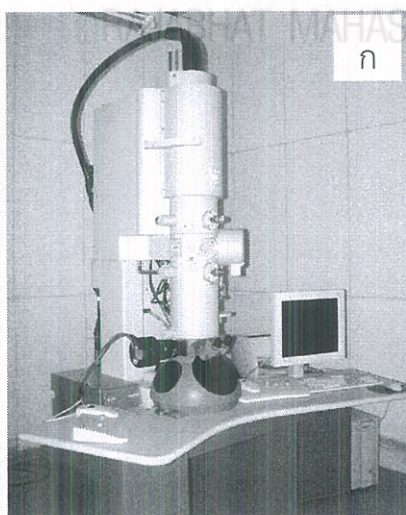
##### กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Microscope)

เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ลำอิเล็กตรอนในการทำงานแทนแสงสว่างธรรมดา มีความสามารถในการแจกแจงรายละเอียดได้มากกว่ากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงประมาณ 1,000 เท่า มี 2 ชนิด คือ TEM และ SEM

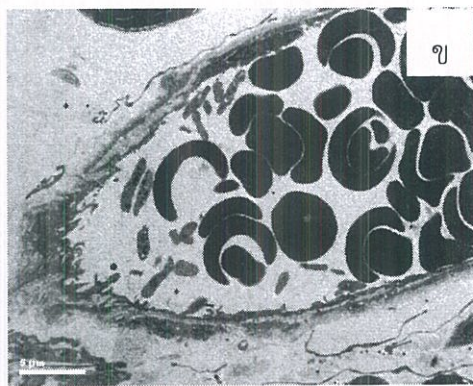


##### 1. TEM (Transmission Electron Microscope)

เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่ใช้การยิงอิเล็กตรอนผ่านตัวอย่างบาง ๆ มีระบบเลนส์ต่าง ๆ เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ภาพที่เห็นเป็นภาพ 2 มิติ และมีความสามารถขยายภาพได้มากกว่า 1 ล้านเท่า ทำให้นักชีววิทยามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของโครงสร้างของเซลล์มากขึ้น



ก. ยี่ห้อ Philips รุ่น TECNAI 20

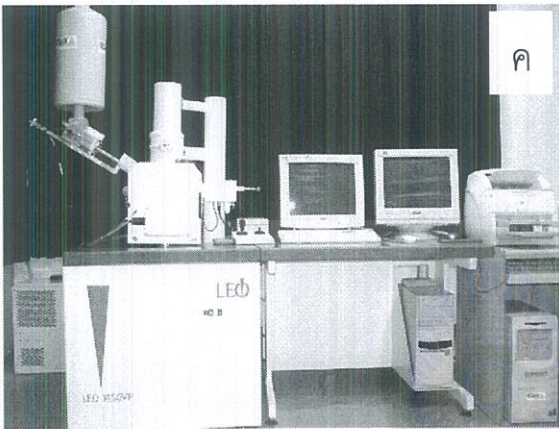


ข. ตัวอย่างภาพ

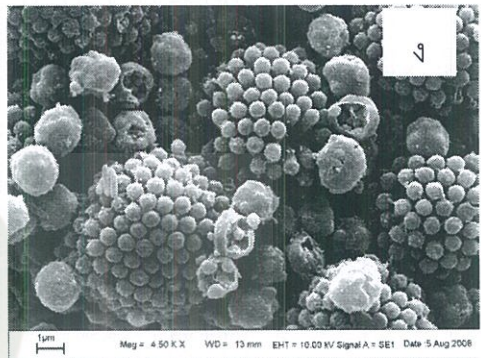
ที่มา : <http://science.buu.ac.th/part/mc/uploads/home/EM.pdf>

## 2. SEM (Scanning Electron Microscope)

เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีหลักการให้ลำอิเล็กตรอนตกบนตัวอย่างที่เคลือบด้วยสารโลหะหนักบางๆ แล้วถูกสะท้อนไปยังจอรับภาพทำให้เห็นพื้นผิวของตัวอย่างนั้นเป็นภาพ 3 มิติ ภาพจาก SEM มีความคมชัดน้อยกว่าภาพจาก TEM แต่จะเห็นภาพของผิววัตถุ ความลึก และลักษณะรูปร่างแบบ 3 มิติ

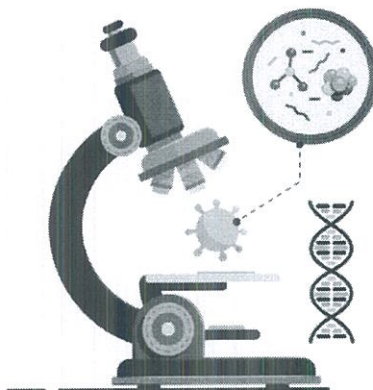


ค. ยี่ห้อ LEO รุ่น LEO 1450 VP



ง. ตัวอย่างภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
 ที่มา : <http://science.buu.ac.th/part/mc/uploads/home/EM.pdf>



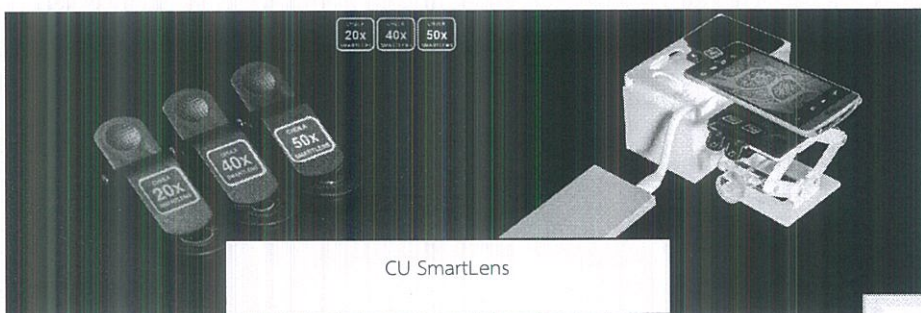




คำชี้แจง : ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 3-4

### ซียูสมาร์ทเลนส์ (CUsmartlens)

ยูสมาร์ทเลนส์ (CUsmartlens) ถือกำเนิดขึ้นจากแนวคิดของศาสตราจารย์ ดร. สอนอง เอกสิทธิ์ หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ (Sensor Research Unit) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน่วยปฏิบัติการวิจัยของเรามีความถนัดในด้าน Molecular Spectroscopy หรือการศึกษาการดูดกลืนแสงของโมเลกุล ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวิจัยระดับสูงหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้องจุลทรรศน์แบบต่าง ๆ เช่น กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope : SEM) กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope : OM) กำลังขยาย 4-1000 เท่า ที่เราคุ่นเคยกันดี แต่เครื่องมือเหล่านี้มีราคาแพงในระดับหลักล้าน ไม่สามารถบันทึกภาพได้ (หากต้องการบันทึกภาพ ต้องติดตั้งเครื่องมือที่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม) ไม่สามารถนำออกจากห้องปฏิบัติการได้ และไม่สามารถผลิตได้ในประเทศไทย คณะนักวิจัยจึงนำความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือที่เรามี มาพัฒนาเครื่องมือวิจัยเอง โดยใช้สมาร์ทโฟนเป็นแพลตฟอร์มหลัก เนื่องด้วยศักยภาพที่สูงของสมาร์ทโฟน (เซนเซอร์กล้องสมาร์ทโฟนในปัจจุบัน มีความละเอียด 8-16 ล้านพิกเซล และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น) ประกอบกับอุปกรณ์สำหรับสมาร์ทโฟนที่เราออกแบบขึ้น ทำให้สามารถบันทึกภาพและวิดีโอไมโครสโคปที่ผู้ใช้ต้องการได้ โดยมีคุณภาพเทียบเท่ากับเครื่องมือวิจัยระดับสูง ใช้งานง่าย มีราคาถูกกว่า มีน้ำหนักเบา สามารถพกพาไปที่ใดก็ได้



ที่มา : <http://chula-smartlens.lnwshop.com/product/3/20x-cu-smartlens>



ข้อมูลเพิ่มเติม





## อ้างอิง

- ไวยุติยะ เหตุเหลิ๊ะ. (2556). การศึกษาการทำสไลด์เพื่อศึกษาเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะใน  
ใบว่านกาบหอย. สืบค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2563, จาก ครูไวยุติยะ เหตุเหลิ๊ะ: [http://  
kruwaibio.blogspot.com/2013/08/blog-post\\_31.html](http://kruwaibio.blogspot.com/2013/08/blog-post_31.html)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ชีววิทยา เล่ม1*. (พิมพ์ครั้งที่ 2).  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสศ.ลาดพร้าว.
- สิ่งเล็ก ๆ กับกล้องจุลทรรศน์. สืบค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2563, จาก [http://sites.google.com/a/  
longwittaya.ac.th](http://sites.google.com/a/longwittaya.ac.th)
- ทฤษฎีเซลล์. สืบค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2563, จาก [http://sites.google.com/site/  
elearningbiokan /content](http://sites.google.com/site/elearningbiokan/content)
- CUsmartlens. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2563, จาก [http:// http://chula-smartlens.  
lnwshop.com/article](http://http://chula-smartlens.lnwshop.com/article)



## การเผยแพร่ผลงานวิจัย

สุจิตรา แสนวัง, ยุวดี อินสำราญ, พรณรงค์ สิริปิยะสิงห์. (2564). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ใน งานประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติครั้งที่ 5. วันที่ 9 สิงหาคม 2564. (น. 150-161). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ สกุล	นางสาวสุจิตรา แสนวัง
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 12 กันยายน 2534
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 113 หมู่ที่ 7 ตำบลกุดปลาตุก อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนกระสังพิทยาคม อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์
ตำแหน่ง	ครู
รางวัลดีเด่น	
พ.ศ. 2562	ครูสอนดีเด่น
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2552	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนชื่นชมพิทยา อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ. 2558	ครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2564	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม