

การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

เมษายน 2557

การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

เมษายน 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

เมษายน 2557

นรัชย์ พิทักษ์พรชัย. (2557). การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(เคมี). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญาณิพนธ์: อาจารย์ ดร. ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต, อาจารย์ ดร. จารุวัส หนูทอง.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารโดยใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ประกอบด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนได้แก่ 1) สร้างความสนใจ 2) สำรวจและค้นหา 3) อธิบายและลงข้อสรุป 4) ขยายความรู้ 5) ประเมิน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 40 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายที่มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้วิจัยคือ การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความพึงพอใจ ต่อการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สูตร  $E_1/E_2$  สถิติ t-test for dependent samples ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีประสิทธิภาพ 82.12/80.89 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแยกสารและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก



DEVELOPMENT OF VIRTUAL EXPERIMENT IN SEPARATION TECHNIQUES FOR  
MATHAYOMSUKSA 2 STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the  
Master of Education Degree In Chemistry  
at Srinakharinwirot University

April 2014

Norachai Pitakpornchai. (2014). *Development of virtual experiment in separation techniques for mathayomsuksa 2 students*. Master thesis, M.Ed.(Chemistry).  
Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee:  
Dr.Piyarat Dornbundit, Dr.Jaruwat Noothong.

The purpose of this research was to develop a learning science efficiency in separation techniques in terms of learning achievement , integrated science process skills and learning satisfaction with virtual experiment using inquiry method 1) engagement 2) exploration 3) explanation 4) elaboration 5) evaluation. The sample group consisted of 40 students mathayomsuksa 2 Bangkok Christian College during the second semester of the academic year 2013. These students were selected by the method of simple random sampling. The tools employed in this research include the virtual experiment in separation techniques, a learning achievement test, science process skill test and learning satisfaction questionnaire. Statistics for analysis data using  $E_1/E_2$ , t-test for dependent samples, percentage, mean, and standard deviation. The results of the research were concluded as follows the virtual experiment in separation techniques gained the effectiveness rate of 82.12/80.89 which reaches the standard criteria. Students who study by using the virtual experiment had significantly higher learning achievement and integrated science process skills than before at the .05 level and the learning satisfaction of virtual experiment was in a high level.

ปริญญาบัตร

เรื่อง

การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ของ

นรชัย พิทักษ์พรชัย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. 2557

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ที่ปรึกษาหลัก ..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต)

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรณี ลีกิจวัฒน์นะ)

..... ที่ปรึกษาร่วม ..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง)

(อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ประยงค์พันธ์)

## ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต ประธานที่ปรึกษาปริญญาโท และอาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง กรรมการควบคุมปริญญาโท ที่ท่านกรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องจนทำให้ปริญญาโท ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ อาจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ สงศรีโรจน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ มีสุวรรณ ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ และประเมินเครื่องมือวิจัย โดยให้คำปรึกษา คำแนะนำเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการทดลองเสมือนให้ เกิดคุณภาพสูงสุด

กราบขอบพระคุณคณะผู้บริหารโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ที่ให้โอกาสและเวลา ในการลาศึกษาต่อในระดับปริญญาโท เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้กลับมาพัฒนานักเรียนของโรงเรียนให้ เกิดประโยชน์สูงสุด

ขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ที่ให้ความ ร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบคุณเพื่อนครูโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน วิทยาลัย ที่ให้การช่วยเหลือด้านต่าง ๆ และให้กำลังใจต่อผู้วิจัยเป็นอย่างดีเรื่อยมา

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ที่เป็นครูคนแรกของผู้วิจัย ที่คอยอบรมสั่งสอน สนับสนุน และให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบคุณ คุณปิยนุช พิทักษ์พรชัย และครอบครัวจันทรวงศ์ ที่ คอยเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยในการเรียน การทำงาน และการทำวิจัยด้วยดีเสมอมาจนงานวิจัยนี้เสร็จ ลุล่วงด้วยดี

ประโยชน์และคุณค่าของปริญญาโทฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของ บิดามารดา ตลอดจนครู อาจารย์ทุกท่านที่เคยเมตตา อบรมสั่งสอน ดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยมาตั้งแต่อดีต ถึงปัจจุบัน

นรัชย์ พิทักษ์พรชัย

# สารบัญ

บทที่	หน้า
<b>1 บทนำ</b> .....	1
ภูมิหลัง .....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	4
ความสำคัญของการวิจัย .....	5
ขอบเขตของการวิจัย .....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	9
สมมติฐานการวิจัย .....	9
<b>2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b> .....	10
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนา .....	10
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน .....	13
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกสาร .....	15
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) .....	22
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและมัลติมีเดีย เพื่อการเรียนรู้ .....	34
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนเสมือน .....	39
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	54
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ .....	56
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ .....	65
<b>3 วิธีดำเนินการวิจัย</b> .....	69
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง .....	69
การกำหนดแบบแผนการวิจัย .....	70
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	70
การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ .....	71
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล .....	84

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	88
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	94
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	94
สมมติฐานการวิจัย ..	94
วิธีดำเนินการ .....	95
สรุปผลการวิจัย .....	97
การอภิปรายผลการวิจัย .....	98
ข้อเสนอแนะ .....	103
บรรณานุกรม .....	104
ภาคผนวก .....	117
ภาคผนวก ก สำเนาหนังสือต่าง ๆ .....	118
ภาคผนวก ข ผลการประเมินเครื่องมือในงานวิจัย .....	124
ภาคผนวก ค ผลการประเมินค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก .....	181
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย .....	197
ภาคผนวก จ ภาพตัวอย่างการทดลองเสมือน .....	216
ประวัติย่อผู้วิจัย .....	239

## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของมาตรฐาน 3.1 สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 .....	14
2 บทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E .....	26
3 บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E .....	28
4 ข้อดีและข้อจำกัดของห้องเรียนเสมือน .....	46
5 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างห้องเรียนเสมือนจริงกับห้องเรียนปกติ	46
6 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ และตัวบ่งชี้ การเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ .....	58
7 แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design .....	70
8 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้น .....	72
9 ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญของ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้น .....	73
10 ข้อบกพร่องของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสารตามข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ .....	75
11 ผลการหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง .....	76
12 ผลการหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง .....	77
13 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยการใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร .....	83
14 ผลการหาแนวโน้มประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ ของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสารจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 .....	89
15 ผลการหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 .....	89

## บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร ก่อนเรียนและหลังเรียน ที่เรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร .....	90
17 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ก่อนเรียนและหลังเรียน ที่เรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร .....	91
18 ผลคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน .....	89
19 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร .....	125
20 ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร .....	126
21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบระหว่างเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร .....	128
22 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร .....	139
23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ .....	161
24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อ การทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร .....	179
25 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ระหว่างเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร .....	182
26 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร .....	184
27 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ .....	187

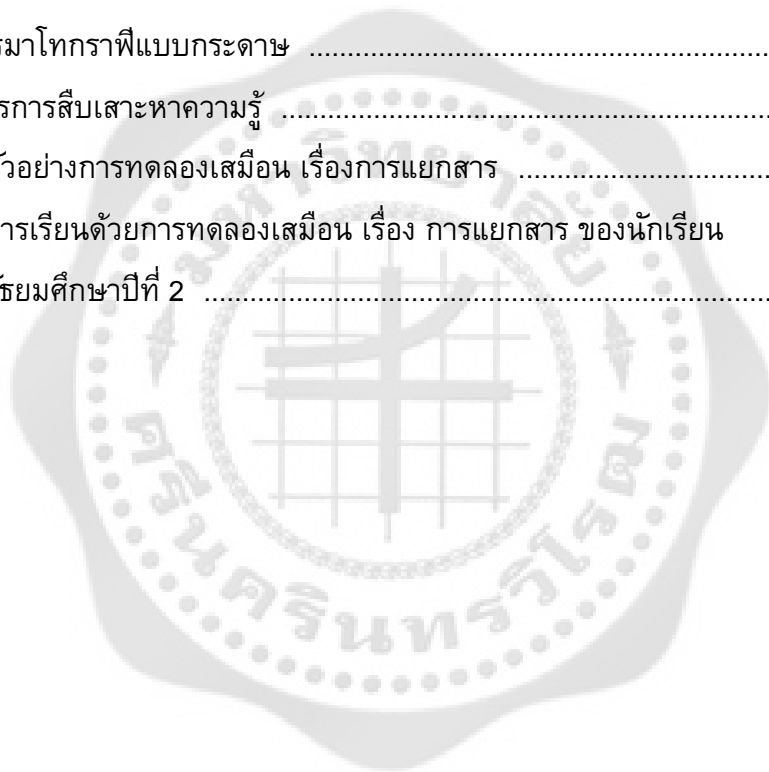


## บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
28 คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนและ คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร จากนักเรียนจำนวน 10 คน .....	189
29 คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนและ คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสารจากนักเรียนจำนวน 30 คน .....	190
30 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน .....	192
31 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่ม ตัวอย่างจำนวน 40 คน .....	194
32 การวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนด้วย t - test dependent samples .....	196
33 การวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนด้วย t - test dependent samples .....	196

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	9
2 วิธีการกรองสาร .....	17
3 วิธีการกลั่นอย่างง่าย .....	18
4 วิธีการกลั่นลำดับส่วน .....	19
5 วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ .....	20
6 วิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ .....	22
7 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ .....	25
8 ภาพตัวอย่างการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร .....	217
9 ภาพการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 .....	238



# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

สังคมไทยนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต จากสังคมเกษตรกรรม เปลี่ยนมาสู่สังคมที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย มากยิ่งขึ้น โดยอาศัยการพัฒนาของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความเจริญก้าวหน้า อย่างรวดเร็ว มีอิทธิพลอย่างมากในการดำเนินชีวิตของคนไทยในปัจจุบัน เทคโนโลยีที่ทันสมัยจะทำให้คนเหล่านั้นดูเป็นบุคคลที่ล้าหลังไปจากในสังคมขณะนั้น โลกที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วโดยมีเทคโนโลยีเป็นพลังขับเคลื่อนที่สำคัญและมีอิทธิพลอย่างสูงและสร้างความสำเร็จใหม่ๆให้แก่โลกอย่างไม่เคยมีมาก่อน แม้กระทั่งสังคมแห่งการศึกษาก็ไม่อาจหลีกเลี่ยงเทคโนโลยีเหล่านั้นไปได้ เทคโนโลยี มัลติมีเดียกำลังมีบทบาทมากขึ้นในโลกสมัยใหม่ โดยเฉพาะอิทธิพลต่อการศึกษาของไทย (พรพีไล เลิศวิชา 2544: คำนำ) อาทิเช่น การเรียนรู้ผ่านโลกอินเทอร์เน็ต การเรียนรู้ผ่านคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การเรียนรู้โดยอาศัยแท็บเล็ต เป็นต้น การเรียนรู้หลักวิชาการต่างๆ จึงต้องเรียนรู้สิ่งต่างๆที่ทันสมัย ควบคู่กันไป ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและสอดคล้องกับความต้องการของสังคม

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวด 4 แนวทางการจัดการศึกษา มาตรา 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ มาตรา 23 การจัดการศึกษา ทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษา (กรมวิชาการ. 2545: 2) และแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการฉบับที่สิบเอ็ด พ.ศ. 2555 – 2559 ยุทธศาสตร์ที่ 1 ยกระดับคุณภาพและมาตรฐานผู้เรียน ครู คณาจารย์ บุคลากรทางการศึกษาและสถานศึกษา ต้องปรับกระบวนการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล การศึกษาให้ทันสมัย สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงทางวิทยาการ อีกทั้งการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ การจัดการกิจกรรมเสริมทักษะพัฒนาผู้เรียนในรูปแบบที่หลากหลาย โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิด วิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และมีทักษะวิทยาศาสตร์ เช่น การวิจัย การทำโครงการ

รวมถึงส่งเสริมการผลิตสื่อการเรียนการสอน ตำราเรียนที่มีคุณภาพ สื่อและตำราเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีเนื้อหาสาระที่ทันสมัย เพื่อให้ผู้เรียนศึกษา ได้ด้วยตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ. 2556: 15-16)

การเรียนการสอน วิชาวิทยาศาสตร์นั้น จึงเป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้ วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัยค้นคว้า มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้(knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 92)

การจัดการเรียนรู้ที่ดีจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ไม่ใช่เพียงครูสอนดีหรือมีความรู้ดีเพียงอย่างเดียวเท่านั้น สื่อการเรียนรู้เป็นเครื่องมือส่งเสริมสนับสนุนการจัดการกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าถึงความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะตามมาตรฐานของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ สื่อการเรียนรู้มีหลายประเภททั้งสื่อธรรมชาติ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อเทคโนโลยีและเครือข่ายการเรียนรู้ต่าง ๆ ในท้องถิ่น การใช้สื่อควรเลือกให้มีความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการและการเรียนรู้ที่หลากหลายของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 27)

วิทยาศาสตร์พื้นฐานช่วยให้ความรู้ทางรูปธรรมเกี่ยวกับมนุษย์และธรรมชาติรอบตัว ทำให้มนุษย์ดำรงชีวิตอยู่อย่างสะดวกสบายและปลอดภัยและนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เพื่อประโยชน์สุขของตนและสังคม (สุเมธดา พรหมบุญ. 2537: 1) การเรียนหลักวิชาและภาคทฤษฎีต้องเรียนควบคู่กันไปกับภาคปฏิบัติหรือการทดลองนั่นเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่กำลังเรียนมากขึ้น ผู้เรียนจะได้รับประสบการณ์ตรงผ่านกระบวนการต่าง ๆ ได้พิสูจน์ ทดสอบ เห็นผลประจักษ์ด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ได้ดี มีความเข้าใจและจดจำได้นาน มีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการคิด ทักษะกระบวนการกลุ่ม ทักษะในการทำการทดลอง ทักษะการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า การฝึกคิดวิเคราะห์และวางแผน หรือให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมาจากการฝึกฝนทำการทดลอง เพื่อต่อยอดในงานวิจัยระดับสูงในอนาคต (ทศนา แคมมณี. 2552: 333-336)

อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน นักเรียนยังขาดทักษะเหล่านี้เป็นอย่างมากเพราะไม่ได้ทำการทดลอง ไม่ได้เรียนภาคปฏิบัติ เนื่องจากเวลาเรียนไม่เพียงพอบ้าง อุปกรณ์ชำรุดเสียหายบ้าง ครูผู้สอนขาดความชำนาญหรือสอนไม่ตรงกับสาขาวิชาที่เรียนจบมา หรือการทดลองนั้นมีความอันตรายมากจนเป็นประเด็นให้ ยกเลิกการสอนไป ส่งผลให้นักเรียนขาดโอกาสและขาดทักษะในการทำการทดลอง ครูจะสอนนักเรียนด้วยวิธีการบอกผลการทดลองที่ควรจะต้องเกิดขึ้นจากคู่มือครู แล้วให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองเหล่านั้นลงสมุดหรือหนังสือที่นักเรียนเรียกกันว่า “แล็บแท่ง” วิชาปฏิบัติการเป็นวิชาที่ต้องทำการทดลองควบคู่ไปกับการเรียนวิชาในภาคทฤษฎีเพื่อเป็นการเสริมกระบวนการเรียนรู้ในภาคทฤษฎีให้ชัดเจนยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการฝึกกระบวนการคิด การวิเคราะห์ผลที่เกิดจากการทดลองอีกด้วย ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การเรียนรู้ ดังนั้นวิชาปฏิบัติการจึงมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนและการพัฒนาในการเรียนรู้ (สุรียพร หอมวิเศษวงศา; และคนอื่นๆ. 2554: 1) เหตุนี้ที่มีส่วนทำให้นักเรียนรู้สึกไม่มีความสุขในการเรียน ไม่ตระหนักถึงความสำคัญของวิชา หรือการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่มีความน่าสนใจ เนื่องด้วยนักเรียนคาดหวังว่าเมื่อได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แล้วจะได้ทำการทดลองในเรื่องที่กำลังเรียนอยู่ แต่นักเรียนกลับได้เรียนเพียงทฤษฎีหรือหลักวิชาเท่านั้น นักเรียนจึงไม่มีความกระตือรือร้นหรือความใส่ใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็น ผลให้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาลดลง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก็จะลดต่ำลง

ครูผู้สอนจึงควรปรับเปลี่ยนบทบาทการสอนของตนเองจากการเป็นผู้ให้ความรู้เปลี่ยนมาทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยเหลือ คอยแนะนำชี้แนะ ส่งเสริม สนับสนุนผู้เรียนในการเรียนรู้และแสวงหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้ต่างๆที่อยู่รอบๆตัวของผู้เรียนเอง ใช้เครื่องมือช่วยสอนมากขึ้นเช่น โสตทัศนูปกรณ์ ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ใช้สื่อมวลชน ใช้แหล่งวิทยาการที่หลากหลาย (สุมน อมรวิวัฒน์. 2533: 408-414; อ้างอิงใน ทิศนา แคมมณี. 2552: 180) ปัจจุบันวิวัฒนาการของคอมพิวเตอร์นั้นพัฒนาไปไกลมาก ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์โปรแกรมหนึ่งสามารถนำเสนอข้อความ เสียง ภาพถ่าย ภาพเคลื่อนไหว กราฟิก การที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์เหล่านี้สามารถรวมสื่อหลายๆแบบไว้ได้ในโปรแกรมเดียวที่จะช่วยในการลดภาระการหาโปรแกรมหลายๆอย่าง อีกทั้งเป็นการอำนวยความสะดวกในการใช้งานเรียกโปรแกรมเหล่านี้ว่า มัลติมีเดีย(Multimedia) (พรพีไล เลิศวิชา. 2544: 21) ซึ่งจะเป็นวิธีการสอน รูปแบบหนึ่ง ที่มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนการสอนเพื่อช่วยส่งเสริมและขยายขีดความสามารถในการเรียนรู้หรือรับรู้ของตัวผู้เรียนและขยายขีดความสามารถในสื่อสารและการสอนของครู สู้นักเรียน (ทิศนา แคมมณี. 2552: 151)

จากการสอบถามนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย เกี่ยวกับวิธีการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีความต้องการที่จะทำการทดลองในขณะที่เรียนให้มากขึ้น นอกจากนี้นักเรียนยังพบปัญหาและอุปสรรคหลายอย่างในการทดลองได้แก่ สมาชิกในกลุ่มมากเกินไป ไม่สามารถทำการทดลองได้อย่างทั่วถึง อุปกรณ์ที่จะใช้ในการทำการทดลองอาจมีไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียน บางการทดลอง เมื่อทำการทดลองแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงไม่ทัน บางการทดลองอาจทำให้เกิดอันตรายต่อนักเรียนได้ ครูจึงไม่อนุญาตให้ทำการทดลอง หรือบางครั้งเมื่อทำการทดลองแล้วล้มผลการทดลองก็ไม่สามารถทำการทดลองซ้ำใหม่ได้

จากเหตุปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ที่เกิดขึ้นกับการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัย เห็นว่าการพัฒนาการทดลองเสมือนเรื่องการทดลองแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อเป็นสื่อเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนใช้ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียน จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะใช้ในการแก้ปัญหาการเรียนของนักเรียนที่ไม่สามารถทำการทดลองวิทยาศาสตร์ได้ หรือการเรียนรู้การทดลองที่มีอันตรายจากการทดลองเสมือน เรื่องการทดลองแยกสาร แทนการทดลองจริงและส่งเสริมพัฒนาการในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้มากขึ้น อีกทั้งกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นและความสนใจ อันจะช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ ที่ดีและนำไปสู่ การมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น อีกทั้ง การทดลองเสมือน เรื่องการทดลองแยกสาร สามารถที่จะนำไปใช้งานได้อย่างสะดวกสบาย หรือสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นแหล่งข้อมูลการเรียนรู้เพิ่มเติม

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ประกอบด้วย
  - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร
  - 2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
  - 2.3 ความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

## ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีประสิทธิภาพโดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ส่งเสริม นักเรียน ให้มีการพัฒนา ประสิทธิภาพทางการเรียน ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยก สาร เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นประโยชน์และความสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ และสามารถ นำ ผลการวิจัย ไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในหัวข้ออื่นๆ ให้มีประโยชน์ต่อ นักเรียนมากขึ้นต่อไปในอนาคต

## ขอบเขตของการวิจัย

### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย สังกัด สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริม การศึกษาเอกชน (สช.) กรุงเทพมหานคร จำนวน 8 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 320 คน

### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย สังกัด สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริม การศึกษาเอกชน (สช.) กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ได้มาจากการสุ่ม อย่างง่าย (simple random sampling) ที่มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

### ตัวแปรที่ศึกษา

**ตัวแปรอิสระ** ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

**ตัวแปรตาม** ได้แก่ ประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
3. ความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

## เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการ ทดลองครั้งนี้ เป็นวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการแยกสาร สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ที่ประกอบไปด้วยการทดลอง 5 การทดลองดังนี้

- การทดลองที่ 1 การกรอง
- การทดลองที่ 2 การระเหยแห้ง
- การทดลองที่ 3 การตกผลึก
- การทดลองที่ 4 การกลั่นด้วยไอน้ำ
- การทดลองที่ 5 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

## ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 2 คาบ เรียนต่อ 1 การทดลอง รวม 5 การทดลองใช้เวลาทั้งสิ้น 10 คาบเรียน

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ ที่มีการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้สถานการณ์ จาก การทดลอง ที่กำหนด ในการฝึกทักษะ การทดลอง การเรียนรู้ด้วยตนเอง การฝึกปฏิบัติ การ ประเมินผล ผ่านการทดลองเสมือน ที่จำลองสภาพการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบไปด้วย 5 การทดลองคือ

- การทดลองที่ 1 การกรอง
- การทดลองที่ 2 การระเหยแห้ง
- การทดลองที่ 3 การตกผลึก
- การทดลองที่ 4 การกลั่นด้วยไอน้ำ
- การทดลองที่ 5 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

2. การจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร หมายถึง การ จัดการเรียนรู้ที่ใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร เป็นสื่อเสริมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ที่ประกอบด้วย 5 ชั้นได้แก่

ชั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (engagement) เป็นชั้นที่กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ของนักเรียนเกี่ยวกับการแยกสาร โดยการใช้คำถามหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

ชั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (exploration) เป็นชั้นที่นักเรียน ศึกษา ค้นคว้าและ ตรวจสอบ และปฏิบัติการทดลองการแยกสารด้วยตนเอง ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร



ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เป็นขั้นที่นักเรียน คีक्षा ค้นคว้าคำอธิบายและข้อสรุปปัญหาการทดลองเรื่องการแยกสาร โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้เรื่องการแยกสารที่ได้ศึกษามาแก้ไขหรือตอบปัญหาในเหตุการณ์หรือปัญหาใหม่ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

ขั้นที่ 5 ประเมิน (evaluation) เป็นขั้นการ ประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใดหลังทำกิจกรรมการเรียนรู้ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

**3. ประสิทธิภาพของการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร** หมายถึงอัตราส่วนระหว่างร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดที่นักเรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสารในแต่ละการทดลองกับร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดที่นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องการแยกสาร ในการวิจัยครั้งนี้ การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

**4. ประสิทธิผลทางการเรียน** หมายถึง ผลที่เกิดจากการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการพัฒนาความสามารถของนักเรียนจำนวน 3 ด้านได้แก่

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร

4.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

4.3 ความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

**5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแยกสาร** หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน เพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจที่ มีก่อนและหลังจาก ได้รับการ เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการทดลองแยกสาร ทดสอบด้วยการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการทดลองแยกสาร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 30 ข้อ โดยวัดความรู้ตามพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยตามที่ บลูม(Bloom) ได้แบ่งไว้ได้แก่

5.1 ด้านความรู้ (knowledge) เป็นความสามารถในการจำจด ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับคำศัพท์ กฎ นิยาม หลักการ วิธีการ เกณฑ์ ในเรื่องการทดลองแยกสาร

5.2 ด้านความเข้าใจ (comprehension) เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่มีมาขยายความ การอธิบายความหมาย และเปรียบเทียบในเรื่องการทดลองแยกสาร

5.3 ด้านการนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำ ความรู้ที่มีหรือเกี่ยวข้องกัน ไปใช้ในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน เหตุการณ์ที่คล้ายกัน หรือแก้ไขปัญหาที่มีลักษณะเดียวกันในเรื่องการทดลองแยกสาร

5.4 ด้านการวิเคราะห์ (analysis) เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแยกแยะ หาความสัมพันธ์ ของส่วนย่อยต่างๆในเรื่องการทดลองแยกสาร

**6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง พฤติกรรม ความสามารถในการคิดและแก้ไขปัญหาโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เป็นสถานการณ์จำลองของแต่ละการทดลองจำนวน 5 สถานการณ์ จำนวน 30 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยวัดความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 3 ด้าน คือ

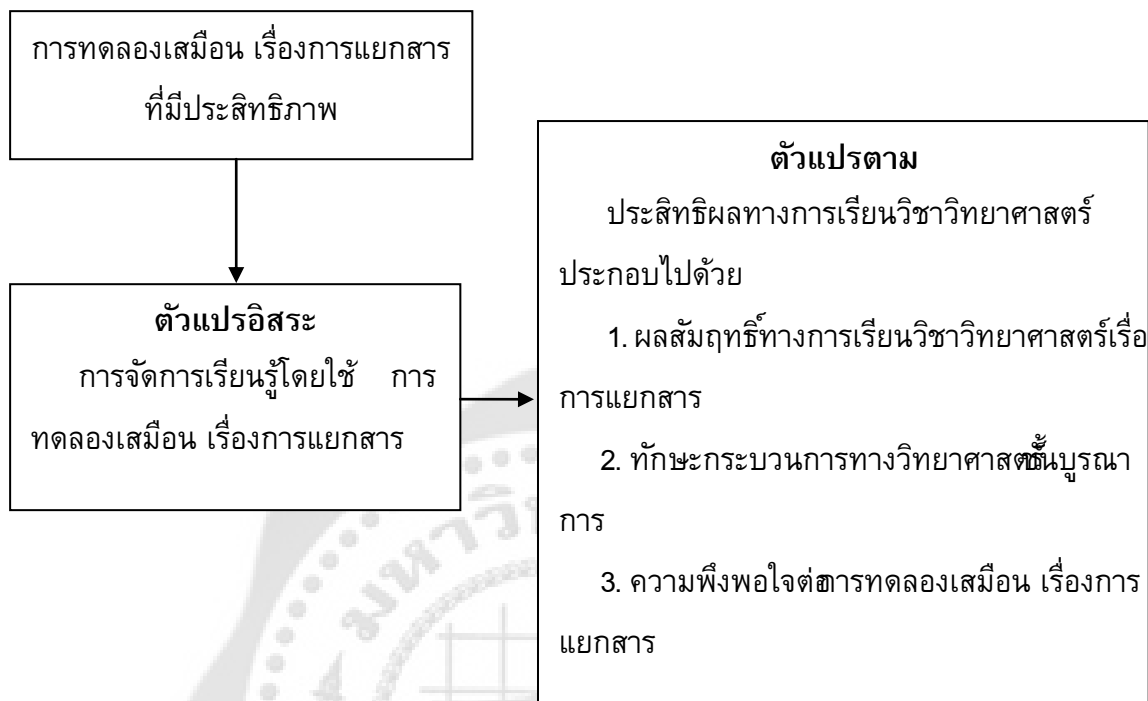
6.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคาดคะเนคำตอบของปัญหาหรือสถานการณ์จำลองเรื่องการแยกสาร ล่วงหน้า โดยอาศัยเหตุผลและความรู้เดิมของนักเรียน

6.2 ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในกาอธิบายขั้นตอนการทดลอง การเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับการทดลองเรื่องการแยกสารได้อย่างถูกต้อง

6.3 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการตีความหมายข้อมูลและสรุปผลการทดลองจากข้อมูลการทดลองเรื่องการแยกสารที่กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง

**7. ความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร** หมายถึง ความรู้สึกชอบ ไม่ชอบ หรือความคิดเห็นของนักเรียนที่ได้แสดงออกภายหลังจากเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยพิจารณาจากแบบวัด ความพึงพอใจต่อ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

## กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## สมมติฐานการวิจัย

1. การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80
2. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาการทดลองเสมือนที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้เรียบเรียงและนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนา
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องการแยกสาร
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนเสมือน
7. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี
8. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
9. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

#### 1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนา

##### 1.1 ความหมายของการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา (Educational Research and Development) จัดเป็นการวิจัยทางการศึกษา รูปแบบหนึ่งในหลายรูปแบบที่มีความสำคัญ โดย มีนักวิชาการให้ความหมายไว้หลากหลายดังนี้

เป็รื่อง กุมุท (2539: 2) กล่าวว่า การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา หมายถึง การวิจัยที่เกิดจากความพยายามที่จะสร้างสรรค์ผลิตผลและกระบวนการบางสิ่งบางอย่างตามหลักการเฉพาะและตามระเบียบวิธีการวิจัยที่สามารถรับรองคุณภาพและประสิทธิภาพของผลิตผลและกระบวนการเมื่อนำผลนั้นไปใช้ ซึ่งรูปแบบการวิจัยและพัฒนา เป็นการแก้ปัญหาทางด้านการศึกษาบางประการ ซึ่งผู้วิจัยจะต้องออกแบบสร้างสรรค์และพัฒนาผลผลิตด้วยการทดลองประเมินผล และ

บ่อนข้อมูลย้อนกลับ เพื่อปรับปรุงผลผลิตนั้นให้พัฒนาขึ้นทั้งด้านคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

วิทิต สุรัตน์เรืองชัย (2549: 62) กล่าวว่าไว้ว่าการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาหมายถึง กระบวนการเพื่อการค้นพบ พัฒนา และยืนยันข้อค้นพบรวมทั้งวิธีปฏิบัติใหม่ๆ ว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์การปรับปรุงการเรียนการสอนได้จริง

ภาวิตา ธาราศรีสุทธิ (2555: 102) กล่าวว่าไว้ว่าการวิจัยและพัฒนา หรือ R & D นี้เป็นการวิจัยประยุกต์ เป็นการวิจัยที่เน้นการ แสวงหาผลิตภัณฑ์ใหม่ (new product) สิ่งประดิษฐ์ใหม่ (new inventions) พัฒนาระบบการ (process) พัฒนาระบบและวิธีทำงาน (system and procedures) และเทคโนโลยีใหม่ๆ (new technologies) โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน (research-base development) สำหรับการพัฒนาสิ่งที่ต้องการ

บอร์ก และกอลล์ (Borg; & Gall. 1989: 782) กล่าวว่าไว้ว่า การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา (Education Research and Development) เป็นการพัฒนาการศึกษาโดยพื้นฐานการวิจัย เป็นวิธีการที่สำคัญวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้เพื่อพัฒนาการศึกษา โดยเน้นหลักการเหตุผลเป็นเป้าหมายหลักในกระบวนการพัฒนา และดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาหมายถึง วัสดุ คุรุภัณฑ์ทางการศึกษา ได้แก่ หนังสือ แบบเรียน फिल्मสไลด์ เทปบันทึกเสียง เทปโทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ รวมทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการอบรมให้กับบุคลากรในการทำงาน

ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาหมายถึง การพัฒนารูปแบบ วิธีการ หรือสื่ออุปกรณ์ เพื่อใช้ในการจัดการศึกษาให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

## 1.2 ขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยและพัฒนา

เมเยอร์ (Mayer. 1984: 305-344) ได้อธิบายถึงขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนาไว้ 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. พิจารณาจากกลุ่มเพื่อน (Judgement by Peers) โดยให้ศึกษาชุดฝึกที่ละชุดแต่หลังจากการศึกษา ผู้พัฒนาชุดฝึกจะสอบถามความคิดเห็นต่างๆ ไปที่เกี่ยวกับชุดฝึก หลังจากนั้นจึงร่วมกันพิจารณาหาข้อบกพร่องเป็นรายหน้าและหลัง จากนั้นให้ผู้เรียนชุดฝึกตอบแบบสอบถามแบบประเมินค่าและแบบปลายปิด เพื่อที่จะได้นำไปพิจารณาหาข้อบกพร่องต่อไปอีก

2. การทดลองกับกลุ่มเล็ก (Trial with Small Group) จากอาสาสมัครประมาณ 3-5 คน จะมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างเรียน หลังจากศึกษาเสร็จผู้เรียนจากชุดฝึกจะร่วมกันอภิปรายชี้แจงถึงข้อบกพร่องของชุดฝึกเพื่อพัฒนาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

### 3. การทดลองกับชั้นเรียนที่เป็นตัวแทน (Trial with Representative Classes)

การดำเนินการในแบบนี้จะคล้ายๆ กับขั้นตอนที่ 2 คือ ให้มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เนื่องจากการทดลองใช้สื่อในขั้นตอนนี้จะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นจำนวนมากจึงไม่สะดวกต่อการสัมภาษณ์หรือการอภิปรายแบบเดิม ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจึงได้จากแบบสอบถาม และนำมาวิเคราะห์เพื่อที่จะหาข้อบกพร่องของสื่อเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

บอร์กและกอลล์ (Borg; & Gall. 1996: 712-715) ได้กล่าวถึงขั้นตอนสำคัญของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา ที่ปรับปรุงมาจากการออกแบบ โดยดิคค์และแคร์เรย์ (Dick and Carey) โดยมีขั้นตอน 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดจุดมุ่งหมายสำหรับารเรียนการสอนและนิยามเป้าหมายของโปรแกรมการสอน
2. การวิเคราะห์สื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับทักษะขั้นตอนการปฏิบัติ
3. การออกแบบเพื่อนิยามระดับพฤติกรรมหรือความสามารถของทักษะที่ผู้เรียนมี เช่น ลักษณะเฉพาะ ที่จะนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายของการเรียนการสอน โดยขั้นตอนที่ 2 และ 3 อาจทำไปในเวลาเดียวกัน
4. การเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่แปลงมาจากเป้าหมายของการเรียนการสอน โดย จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จะเป็นตัวกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับต่างๆ
5. การพัฒนาข้อสอบที่สามารถนำไปใช้เพื่อการจัดกลุ่มของผู้เรียน ตรวจสอบในด้านความก้าวหน้าและการประเมินผลที่ได้ทั้งหมดของโปรแกรมการเรียนการสอนในการช่วยเหลือผู้เรียนให้ ประสบผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้
6. การพัฒนาการเรียนการสอนเพื่อช่วยเหลือผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนการสอน
7. การพัฒนาอุปกรณ์การเรียนการสอนรวมถึงคู่มือการสอนหนังสือเรียน แผนการจัดการเรียนรู้เทปบันทึกภาพ เทปบันทึกเสียง ฯลฯ
8. การออกแบบและการดำเนินการประเมินเพื่อปรับปรุง
9. การปรับปรุงการเรียนการสอนโดยใช้ผลจากการประเมินระหว่างดำเนินการ
10. การดำเนินการประเมินผลระหว่างการเรียนและการประเมินผลหลังเรียน ซึ่งเป็นการประเมินผลที่แตกต่างกัน การประเมินผลหลังเรียนเป็นการดำเนินการตัดสินคุณค่าในขั้นตอนสุดท้าย การเปรียบเทียบการประเมินผลระหว่างเรียนและหลังเรียนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาอุปกรณ์และการพัฒนาทางการศึกษา

## 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ฉบับปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวด 4 แนวทางการจัดการศึกษา มาตรา 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ มาตรา 23 การจัดการศึกษา ทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษา (กรมวิชาการ. 2545: 2)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 4)

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ควรคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา ดังนั้นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้คือ

1. ภาษาไทย
2. คณิตศาสตร์
3. วิทยาศาสตร์
4. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
5. สุขศึกษาและพลศึกษา
6. ศิลปะ
7. การงานอาชีพและเทคโนโลยี
8. ภาษาต่างประเทศ

แต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้นี้ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน มาตรฐานการเรียนรู้ระบุสิ่งที่ผู้เรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 8)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีความมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ

เรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 92-93)

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5 พลังงาน

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ประกอบไปด้วยมาตรฐาน 2 มาตรฐาน คือ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.1 สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นั้นมีตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของมาตรฐาน 3.1 สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.2	ทดลองและอธิบายการหลักการแยกสารด้วยวิธีการกรอง การตกผลึก การระเหยแห้ง การกลั่น และโครมาโตกราฟี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	การกรอง การตกผลึก การระเหยแห้ง การกลั่นและโครมาโตกราฟี เป็นวิธีการแยกสารที่มีหลักการแตกต่างกัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน



สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัย ใช้การทดลองแยกสารด้วยกัน 5 การทดลองคือ

- การทดลองที่ 1 การระเหยแห้ง
- การทดลองที่ 2 การตกผลึก
- การทดลองที่ 3 การกรอง
- การทดลองที่ 4 การกลั่น
- การทดลองที่ 5 โครมาโตกราฟีแบบกระดาษ

### 3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกสาร

เนื่องจากในธรรมชาติสารต่างๆที่อยู่รอบๆตัวเรานั้น จะอยู่ในรูปของสารประกอบ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจัดเป็นสารไม่บริสุทธิ์เวลานำมาใช้งานจึงควรแยกสาร เหล่านั้น เพื่อให้ได้สารบริสุทธิ์มาใช้ประโยชน์ตามความต้องการ หรือแยกส่วนที่มีประโยชน์มาใช้ประโยชน์ เช่นการแยกน้ำให้บริสุทธิ์ การแยกน้ำมันร่าออกจากรำข้าว การแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากดอกไม้ การแยกเกลือแกงออกจากน้ำทะเล การแยกน้ำมันดิบออกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันก๊าด การแยกสาร หมายถึง กระบวนการทำสารผสมให้บริสุทธิ์ โดยอาศัยความแตกต่างของสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีมาใช้เป็นเกณฑ์ในการแยกสารผสม รวมทั้งต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและความประหยัด ซึ่งโดยทั่วไปการแยกสารมักใช้วิธีการดังต่อไปนี้ เช่น การกรอง การกลั่น การระเหย การตกตะกอน การตกผลึก การสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นต้น (สำราญ พฤษสุนทร. 2550: 93; วนิตา ฉัตรวิราม. 2555: 20; สุชน เสถียรยานนท์. 2535: 127)

**1. การระเหยแห้ง (Evaporation)** การแยกสารด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับใช้แยกสารผสมเนื้อเดียวที่มีของแข็งระเหยยากหรือไม่ระเหย ละลายอยู่ในของเหลว ระเหยง่าย เรียกสารผสมนี้ว่า สารละลาย เช่น น้ำทะเล น้ำเชื่อม น้ำเกลือ เป็นต้น การระเหยแห้งจะ ระเหยเอาตัวทำละลายออกจากสารละลาย ทำให้สารละลายเข้มข้นขึ้นหรือทำให้ตะกอน ด้วยความร้อน ความร้อนที่ให้แก่สารละลายต้อง ไม่แรงจนเกินไป เพราะ อาจจะทำให้สารหรือตะกอนเกิดการสลายตัวได้ ในชีวิตประจำวันการแยกสารโดยวิธีการระเหยแห้งนิยมใช้ในการแยกเกลือออกจากน้ำทะเล เพื่อให้ได้เกลือสมุทร โดยชานาเกลือ จะเตรียมแปลง นาเกลือแล้วใช้กังหันจุดน้ำทะเลเข้าสู่ แปลงนาเกลือ หลังจากนั้นปล่อยให้ น้ำทะเลได้รับแสงแดดเป็นเวลานานจนกระทั่งน้ำระเหยจนแห้ง จะเหลือเกลืออยู่ในนา เกลือที่ได้นี้เรียกว่าเกลือสมุทรซึ่งเป็นเกลือที่นำมาปรุงอาหาร (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2555: 7; สุชน เสถียรยานนท์. 2535: 181; นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. 2545: 13)

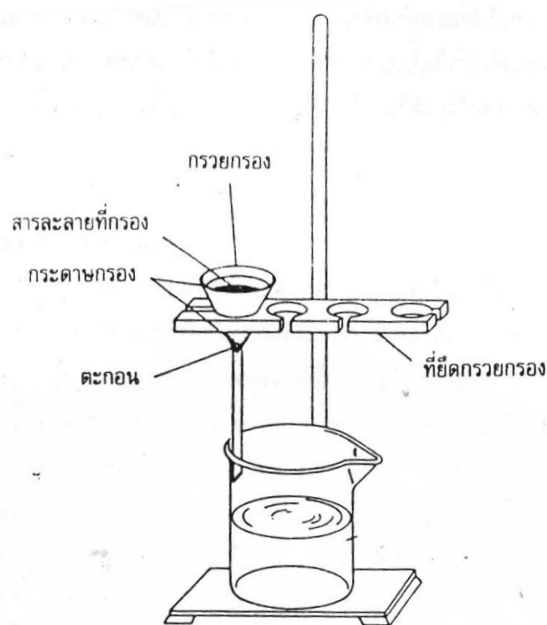
**2. การตกผลึก (Crystallization)** คือ การทำของแข็งให้บริสุทธิ์วิธีหนึ่งโดยการละลายของสารที่ต้องการตกผลึกลงในตัวทำละลายที่เหมาะสม จนไม่สามารถละลายสารนั้นได้เพิ่มอีก สารละลายที่ได้จะมีตัวละลายในปริมาณมาก สุด ณ อุณหภูมิขณะนั้นเรียกว่าสารละลายอิ่มตัว (saturated solution) ซึ่งปริมาณตัวละลายในสารละลายอิ่มตัว ณ อุณหภูมินั้นเรียกว่า สภาพละลายได้ของสาร (solubility) เมื่อนำสารละลายอิ่มตัวที่ได้ไปให้ความร้อน จะทำให้ตัวทำละลายถูกระเหยออกไปกลายเป็นสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิต่ำ แล้วลดอุณหภูมิจนทำให้ตัวทำละลายเกิดการละลายของสารลดลงแล้วสารจะแยกตัวออกมาจากสารละลายในรูปของแข็ง กระบวนการนี้เรียกว่า การตกผลึก (crystallization) (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร . 2555: 45; ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 2555: 53-55; สุรน เสดียรยานนท์ . 2535: 168-170; นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์; และคณิตา ตังคณานุรักษ์. 2545: 17)

ตัวทำละลายที่เหมาะสมควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ละลายสารที่ต้องการตกผลึกได้มากในขณะที่ร้อนแต่ละลายได้น้อยหรือไม่ละลายในขณะที่ยเย็น
2. ละลายสิ่งเจือปนได้ดีในตัวทำละลายขณะที่เย็นหรือไม่ละลายในตัวทำละลายขณะที่ร้อนซึ่งสามารถกรองสารละลายขณะที่ร้อนเพื่อแยกสิ่งเจือปนออกมาได้
3. ตัวทำละลายต้องมีจุดเดือดต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของสารที่ตกผลึกเพื่อสะดวกในการทำแห้ง
4. ตัวทำละลายจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารที่ตกผลึก
5. ถ้ามีตัวทำละลายที่เหมาะสมหลายตัวควรเลือก สารที่หาง่าย ไม่เป็นพิษ ไม่ไฟ ราคาไม่แพง

**3. การกรอง (Filtration)** คือ การแยกสารผสม เนื้อผสมที่มีของแข็ง ตะกอนหรือผลึกของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลว ออกจากของเหลว หรือสารละลาย โดยใช้ตัวกรองเช่น กระดาษกรอง ผ้าขาวบาง ที่มีรูพรุนขนาดเล็กทำหน้าที่กักอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของรูพรุนให้ค้างอยู่บนตัวกรอง ส่วนอนุภาคของของเหลวจะผ่านตัวกรอง ได้ โดยการกรองที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องเลือกตัวกรองให้เหมาะสมกับลักษณะของ ของแข็ง หรือตะกอนหรือผลึกที่ต้องการกรอง ซึ่งในชีวิตประจำวันเราจะคุ้นเคยกับการกรองในรูปของการใช้ผ้าขาวบาง เช่น ในการคั้นน้ำกะทิจากมะพร้าว แผ่นกรองอากาศในเครื่องปรับอากาศอุปกรณ์กรองน้ำสะอาดในเครื่องกรองน้ำ(ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555: 34; ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัย

นเรศวร. 2555: 8; สุชน เสถียรยานนท์. 2535: 180; นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ ; และคณิตา ตังคณานุรักษ์. 2545: 14; ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2539: 71)



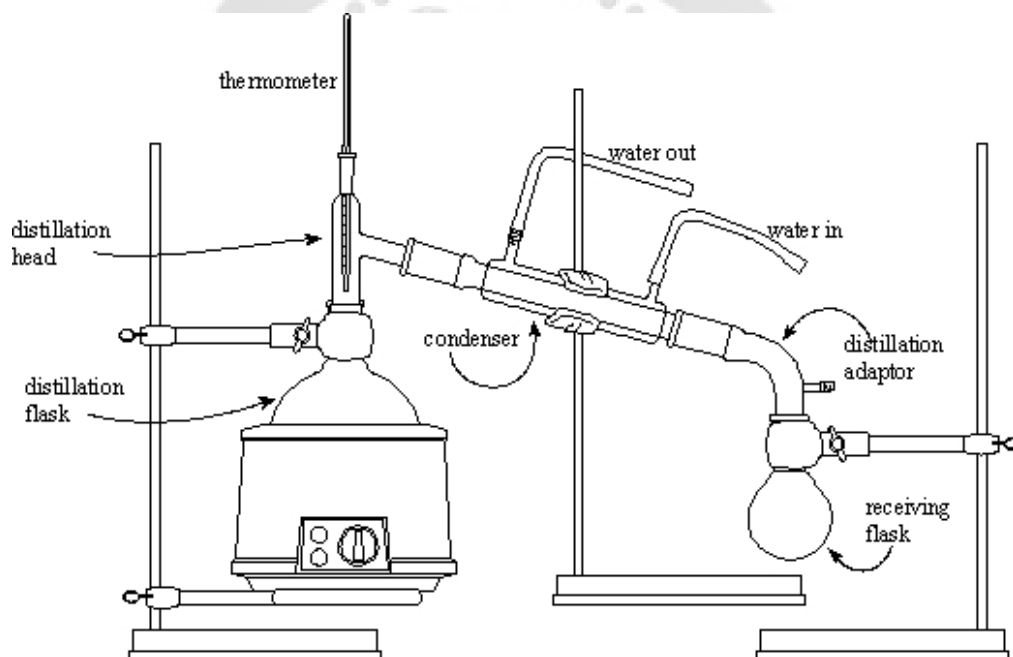
ภาพประกอบ 2 แสดงวิธีการกรองสาร

ที่มา: ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2539). *เทคนิคทางเคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ปรกกายพริก.

**4. การกลั่น (Distillation)** คือ การแยกสารผสม ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ที่เป็นของเหลว ที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายออกจากของเหลวที่ระเหยเป็นไอได้ยาก โดยอาศัยความแตกต่างของจุดเดือด และสมบัติการระเหยของสาร หลักการที่สำคัญคือ การทำให้ของเหลวกลายเป็นไอโดยการให้ความร้อน ไอที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความดันที่เรียกว่า “ความดันไอ” (Vapor pressure) เมื่อความดันไอของเหลว เท่ากับความดันบรรยากาศเหนือของเหลวนั้นพอดี ของเหลวจะเดือด ทำให้สารที่มีจุดเดือดต่ำกว่าจะระเหยเป็นไวก่อน และเมื่อเย็นลงไอจะควบแน่นแล้วกลั่นตัวเป็นของเหลวที่บริสุทธิ์ ของเหลวที่กลั่นได้นี้เรียกว่า ของเหลวกลั่น (distillate) ส่วนของเหลวที่ยังเหลืออยู่ในภาชนะที่ให้ความร้อนเรียกว่า ของเหลวตกค้าง (residue) การกลั่นเป็นกระบวนการที่ทำให้ของเหลวบริสุทธิ์ขึ้น (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555: 64-71; ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร . 2555: 50-55; สุชน เสถียรยานนท์ . 2535: 128-141; นิพนธ์

ตั้งคณานุกรษ์; และคณิตา ตั้งคณานุกรษ์ . 2545: 13; ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ . 2539: 83-84; วนิตา ฉัตรวิราคม. 2555: 20-21)

4.1 การกลั่นอย่างง่าย (Simple distillation) โดยทั่วไปใช้แยก ของเหลวออกจาก สารผสมที่เป็นของแข็งละลายในของเหลว เนื่องจากองค์ประกอบของสารผสมมีสถานะต่างกันทำให้จุดเดือดมีความแตกต่างกันมาก เช่น น้ำเกลือประกอบด้วยน้ำที่มีสถานะเป็นของเหลวและเกลือที่มีสถานะเป็นของแข็ง เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำเกลือ น้ำจะระเหยกลายเป็นไวก่อนเพราะน้ำมีจุดเดือดต่ำกว่าเกลือ และเมื่อไอน้ำผ่านถึงเครื่องควบแน่นจะทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่บริสุทธิ์ ส่วนเกลือจะอยู่ในขวดกลั่นเพราะยังไม่ถึงจุดเดือดของเกลือจึงไม่สามารถกลายเป็นไอน้ำได้ ทำให้สารที่กลั่นได้คือ น้ำ สารที่เหลืออยู่ในขวดกลั่นคือ เกลือ การกลั่นอย่างง่ายเหมาะกับสารผสมที่ต่างสถานะกันหรือสารที่มีจุดเดือด (boiling point, b.p.) ต่างกันมากกว่า 30 องศาเซลเซียส

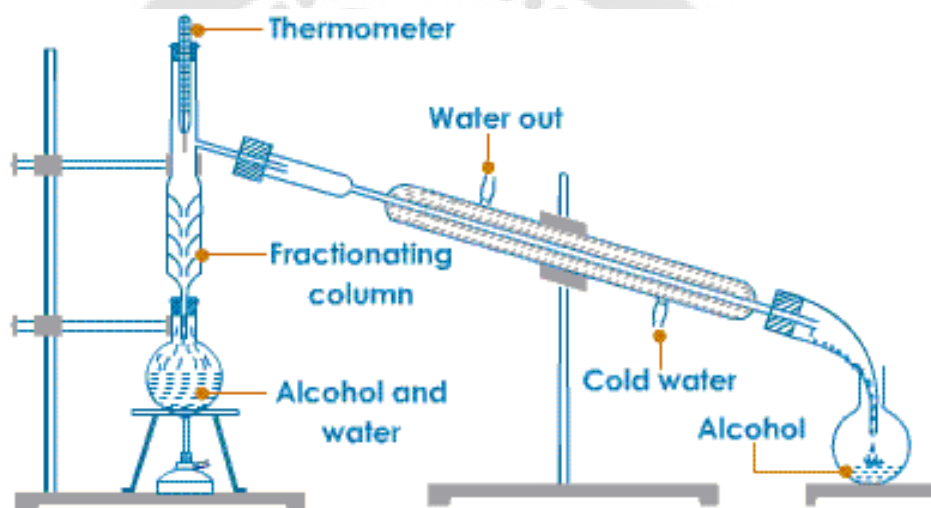


ภาพประกอบ 3 แสดงวิธีการกลั่นอย่างง่าย

ที่มา: <http://www.pharmainfo.net/reviews/fractional-distillation-binary-solvent-mixture>

4.2 การกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation) ใช้แยกสารผสมเนื้อเดียวที่มีหลายชนิดละลายเป็นของเหลว และมีจุดเดือดใกล้เคียงกันที่ไม่สามารถทำสารให้บริสุทธิ์ด้วยกระบวนการกลั่นอย่างง่ายได้ เพราะจะได้สารที่กลั่นออกมาไม่บริสุทธิ์ เนื่องจาก สารที่ระเหยก่อนยังเป็นไอน้ำ

สมบูรณ์ สารอีกชนิดหนึ่งจะระเหยกลายเป็นไอน้ำตามมา เมื่อผ่านไปยังเครื่องควบแน่น จะกลั่นตัวได้สารทั้งสองชนิดออกมา ปนกัน จึงเป็นการแยกสารที่ไม่สมบูรณ์ การกลั่นลำดับส่วน สามารถแยกสารละลายที่จุดเดือดต่างกันเล็กน้อย ได้โดยการเพิ่มคอลัมน์ลำดับส่วน (fractionating column) ภายในคอลัมน์จะมีแท่งแก้วเป็นเกลียวอยู่ข้างใน หรือบรรจุวงแหวนแก้วเล็ก เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับไอไว้เหนือขวดกลั่น เมื่อของเหลวกลายเป็นไอ ไอจะผ่านคอลัมน์ลำดับส่วนโดย แท่งแก้วที่เป็นเกลียวจะดูดความร้อนไว้บางส่วนส่งผลให้ส่วนล่างของคอลัมน์มีอุณหภูมิสูงกว่าส่วนบน ไอของสารที่มีจุดเดือดต่ำจะเคลื่อนตัวไปสู่เครื่องควบแน่นแล้วกลั่นตัวออกมาก่อน ส่วนสารที่มีจุดเดือดสูงกว่าจะควบแน่นกลับลงไปในขวดกลั่นเนื่องจาก แท่งแก้วที่เป็นเกลียว ในคอลัมน์ลำดับส่วนดูดความร้อนบางส่วนไปทำให้อุณหภูมิของไอลดต่ำลง และเกิดเช่นนี้ซ้ำไปหลายๆครั้ง โดยการกลั่นลำดับส่วนนี้ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมันดิบและปิโตรเคมี

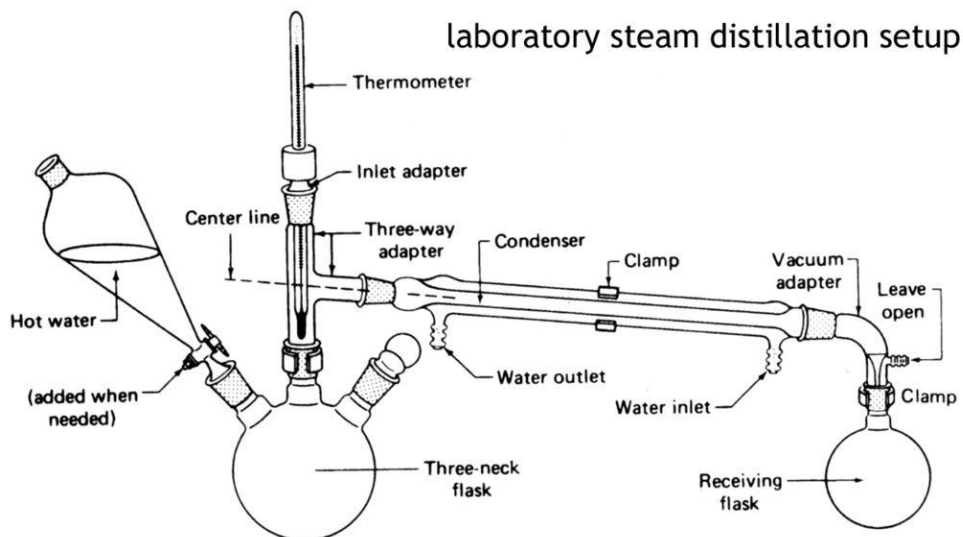


ภาพประกอบ 4 แสดงวิธีการกลั่นลำดับส่วน

ที่มา: <http://1o411sciportfolio.wordpress.com/summary/separation-techniques>

4.3 การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation) เป็นการแยกสารโดยอาศัยไอน้ำเป็นตัวพาสารที่ต้องการออกมาเหมาะสำหรับแยกสารที่ระเหยง่าย ไม่ละลายน้ำและไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำซึ่งเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำจนกลายเป็นไอน้ำแล้ว ไอน้ำจะไปสกัดสารที่ต้องการแยกซึ่งเป็นสารที่ระเหยง่ายออกมา เมื่อไอสารผสมเคลื่อนผ่านเครื่องควบแน่นจะกลั่นตัวเป็นของเหลว ซึ่งสารทั้งสองไม่ละลายรวมกันเป็นเนื้อเดียวโดยแยกชั้นกันอยู่แล้วนำสารผสมที่ได้มาแยกออกจากกันด้วยกรวยแยก และมีข้อดีคือ สารที่ต้องการจะกลั่นออกมาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสเหมาะกับสารที่ไม่เสถียร

เมื่อได้รับความร้อนสูง ๆ ใช้กำจัดสารที่ระเหยได้ ง่ายที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ ที่ปนเปื้อนอยู่ในของแข็งที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์ นิยมใช้วิธีนี้ในการแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากส่วนประกอบของพืช เช่น แยกน้ำมันยูคาลิปตัสออกจากใบยูคาลิปตัส แยก น้ำมันอบเชยออกจากเปลือกต้นอบเชย แยกน้ำมันมะกรูดออกจากผิวมะกรูด แยกน้ำมันตะไคร้หอมออกจากใบตะไคร้ เป็นต้น



ภาพประกอบ 5 แสดงวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

ที่มา: <http://www.instructables.com/file/FI3ERLIF2FBE2N9>

**5. โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (Paper Chromatography)** คือ การแยกสารโดยอาศัยหลักการกระจายตัวของสาร (Distribution) ในวัฏภาคคงที่ (Stationary Phase) และวัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile Phase) โดยใช้กระดาษเซลลูโลสซึ่งมีน้ำ แทรกอยู่เป็น วัฏภาค คงที่ และมีตัวทำละลายที่เหมาะสมทำหน้าที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายได้ต่างกันและสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการ ถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับ ได้ต่างกัน ทำให้สารต่างชนิดกันจะเดินทางผ่านวัฏภาค คงที่ ออกมากับวัฏภาคเคลื่อนที่ ได้ไม่พร้อมกันจึงเกิดการแยกชั้น เหมาะในการใช้แยกสารที่มีปริมาณน้อย เมื่อต้องการแยกสารใด จะจุดสารผสมลงบนแผ่นกระดาษเซลลูโลส แล้วนำไปจุ่มในตัวทำละลายที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ จะได้โครมาโตแกรม (chromatogram) ของจุดของสารที่แยกบนกระดาษ

ค่า  $R_f$  (Rate of flow) เป็นค่าเฉพาะตัวของสารขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายและตัวดูดซับ ดังนั้นการบอกค่า  $R_f$  ของสารแต่ละชนิดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจึงต้องใช้ชนิดของตัวทำละลายและตัวดูดซับชนิดเดียวกันเสมอค่า  $R_f$  สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคมีเคลื่อนที่ (cm)}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ (cm)}}$$

สารต่างชนิดกันจะมีค่า  $R_f$  แตกต่างกัน ดังนั้นเราจึงสามารถใช้ค่า  $R_f$  มาใช้ในการวิเคราะห์ชนิดของสารได้ กล่าวคือ ถ้าสารใดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายมากและถูกดูดซับได้น้อย จึงเคลื่อนที่ได้ไกล จะมีค่า  $R_f$  มาก ส่วนสารใดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายน้อย และถูกดูดซับได้มาก จึงเคลื่อนที่ได้ไกล จะมีค่า  $R_f$  น้อย และเนื่องจากตัวทำละลายจะเคลื่อนที่เร็วกว่าสารที่จะแยกดังนั้น ค่า  $R_f$  จะน้อยกว่า 1 เสมอ

ถ้าใช้ตัวทำละลายและตัวดูดซับชนิดเดียวกันแล้วผลปรากฏว่ามีค่า  $R_f$  เท่ากัน เราอาจสันนิษฐานได้ว่า สารดังกล่าวเป็นสารชนิดเดียวกัน หรือนำสารตัวอย่างมาทำโครมาโตกราฟีคู่กับสารจริงก็ได้ (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 2555: 86; ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร . 2555: 63-66; สุชน เสถียรยานนท์ . 2535: 150-156; นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์; และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์. 2545: 15)

ข้อดีของโครมาโทกราฟี

1. สามารถแยกสารที่มีปริมาณน้อยได้
2. สามารถแยกได้ทั้งสารที่มีสีและไม่มีสี
3. สามารถใช้ได้ทั้งปริมาณวิเคราะห์ (บอกได้ว่าสารที่แยกออกมามีปริมาณเท่าใด) และคุณภาพวิเคราะห์ (บอกได้ว่าสารนั้นเป็นสารชนิดใด)
4. สามารถแยกสารผสมออกจากกันได้



ภาพประกอบ 6 แสดงวิธีโครมาโตกราฟีแบบกระดาด

ที่มา: [http://e-chemistry.tripod.com/sasan/s3\\_5.htm](http://e-chemistry.tripod.com/sasan/s3_5.htm)

#### 4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

##### 4.1 ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นเพียงผู้แนะนำ ผู้อำนวยการความสะดวก เพื่อให้ นักเรียนบรรลุเป้าหมาย (Carin & Sund. 1980: 74-75) ครูเป็นผู้ช่วยในการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น (ทศนา แคมมณี. 2552: 141) โดยนักเรียนสามารถสร้างความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา ทักษะในการสืบเสาะหาความรู้ และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะใช้การตั้งคำถาม สืบหาหลักฐาน ใช้การสังเกตการณ์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำอธิบายและคำตอบที่ ต้องการ (Bass Contant & Carin. 2009: 88) อีกทั้งเพื่อให้ นักเรียนวิเคราะห์ถึงความสำคัญจำเป็นของสิ่งที่จะเรียนรู้ วางแผน กำหนดขอบเขตวิธีการเรียนรู้ ลงมือเรียนรู้ตามแผน นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการเรียนรู้ วิเคราะห์ อภิปรายสรุปความรู้ ข้อคิดแนวทางการปฏิบัติ จัดทำผลงานรายงาน ผลการเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ ของตนในรูปแบบต่างๆ ตามความถนัดความสนใจ (พจนา ทรัพย์สมาน. 2549: 2)



จากการศึกษาเอกสารข้างต้นผู้วิจัยสรุปว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบการสอนที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการใช้คำถาม การกระตุ้นให้คิด ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

#### 4.2 ขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E บาส คอนเท็น และคาริน (Bass; Contant; & Carin. 2009: 91-93) สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (engage) เป็นขั้นตอนที่มีการกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียน โดยครูอาจใช้การตั้งคำถามหรือให้ผู้เรียนพบเหตุการณ์ที่ชวนสงสัย ค้นหา
2. ขั้นสำรวจ (explore) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนสำรวจ รวบรวมหลักฐาน ข้อมูล เพื่อตอบสิ่งที่สงสัยหรือเป็นปัญหา
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explain) เป็นขั้นตอนที่ ผู้เรียน ต้องใช้หลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถรวบรวมได้เพื่ออธิบายสิ่งที่สงสัย
4. ขั้นขยายความรู้ (elaborate) เป็นขั้นตอนที่ มุ่งให้ผู้เรียน มีการประยุกต์ใช้ความรู้ และทักษะกระบวนการที่มีเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่
5. ขั้นประเมินผล (evaluate) เป็นขั้นตอนที่ เน้นให้ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจและทักษะในการหาที่นักเรียนมีผ่านแบบทดสอบวัดผลประเมินผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ไว้ 5 ขั้นตอน (สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี . 2555: ออนไลน์) ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจาก ความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมา จากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็น เรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วย

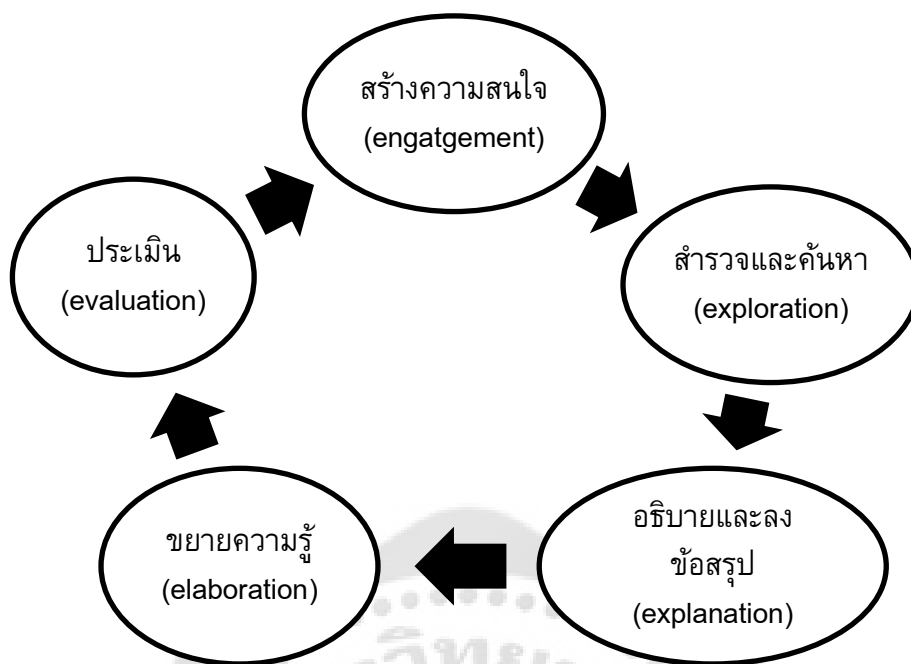
ให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)** เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)** เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจาก การสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ขั้นขยายความรู้ (elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ขั้นประเมิน (evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ



ภาพประกอบ 7 ภาพแสดงวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา: <http://www3.ipst.ac.th/physics>

#### 4.3 บทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การนำการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ครูควรระลึกอยู่เสมอในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการสอนนี้ คือ การจัดเตรียมกิจกรรม ครูควรจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของ นักเรียน เมื่อ ครูเตรียมกิจกรรมแล้ว ครูควรพิจารณาตรวจสอบบทบาทของครูและผู้เรียนในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอนว่าสอดคล้องกับรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หรือไม่ เพื่อครูจะได้ปรับหรือพัฒนากิจกรรมให้สอดคล้องกับรูปแบบการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้ (ภาควิชาฟิสิกส์ และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2556: ออนไลน์)

## ตาราง 2 บทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

ขั้นตอนการเรียนการสอน	สอดคล้องกับ 5 E	ไม่สอดคล้องกับ 5 E
1. สร้างความสนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สร้างความสนใจ</li> <li>- สร้างความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>- ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด</li> <li>- ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้ หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด หรือเนื้อหาสาระ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายความคิดรวบยอด</li> <li>- ให้คำจำกัดความและคำตอบ</li> <li>- สรุปประเด็นให้</li> <li>- จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่</li> <li>- บรรยาย</li> </ul>
2. สำรวจและค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ</li> <li>- สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน</li> <li>- ชักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน</li> <li>- ให้ความเวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัย ตลอดจนปัญหาต่างๆ</li> <li>- ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เตรียมคำตอบไว้ให้</li> <li>- บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา</li> <li>- จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่</li> <li>- บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก</li> <li>- ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>- นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน</li> </ul>
3. อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง</li> <li>- ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง</li> <li>- ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพ</li> <li>- ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ยอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบ</li> <li>- ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน</li> <li>- แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิด หรือความคิดรวบยอดหรือทักษะ</li> </ul>

## ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้ การสอน	สอดคล้องกับ 5 E	ไม่สอดคล้องกับ 5 E
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการซึ่บออกส่วน ประกอบต่างๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว</li> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่</li> <li>- ให้นักเรียนอธิบายอย่างหลากหลาย</li> <li>- ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร (ที่จะนำกลวิธีจากการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้คำตอบที่ชัดเจน</li> <li>- บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก</li> <li>- ใช้เวลามากในการบรรยาย</li> <li>- นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน</li> <li>- อธิบายวิธีการแก้ปัญหา</li> </ul>
5. ประเมิน (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้</li> <li>- ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน</li> <li>- หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิด หรือพฤติกรรม</li> <li>- ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม</li> <li>- ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น จะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบคำนิยามศัพท์ และข้อเท็จจริง</li> <li>- ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอดใหม่</li> <li>- ทำให้คลุมเครือ</li> <li>- ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ</li> </ul>

ตาราง 3 บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

ขั้นตอนการเรียนการสอน	สอดคล้องกับ 5 E	ไม่สอดคล้องกับ 5 E
1. สร้างความสนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้นฉันได้เรียนรู้อะไรบางอย่างเกี่ยวกับสิ่งนี้</li> <li>- แสดงความสนใจ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถามหาคำตอบที่ถูกต้อง</li> <li>- ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูกต้อง</li> <li>- ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบาย</li> <li>- มีวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว</li> </ul>
2. สำรวจและค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม</li> <li>- ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน</li> <li>- คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่</li> <li>- พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น</li> <li>- บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็นลงข้อสรุป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบ</li> <li>- ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นน้อยมาก</li> <li>- ปฏิบัติอย่างสับสนไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน</li> <li>- เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิดต่อ</li> </ul>
3. อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน</li> <li>- ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์</li> <li>- ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย</li> <li>- ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย</li> <li>- อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว</li> <li>- ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก/สังเกตในการอธิบาย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายโดยไม่มีการเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม</li> <li>- ยกตัวอย่างที่ไม่เกี่ยวข้องกัน</li> <li>- ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล</li> <li>- ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลพอที่จะเชื่อถือได้</li> </ul>

## ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้ การสอน	สอดคล้องกับ 5 E	ไม่สอดคล้องกับ 5 E
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำการชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบาย และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม</li> <li>- ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง</li> <li>- ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ</li> <li>- บันทึกการสังเกตและอธิบาย</li> <li>- ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน</li> <li>- ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่</li> <li>- อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้หรือกำหนดให้</li> </ul>
5. ประเมิน (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกต หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ</li> <li>- ประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง</li> <li>- ถามคำถามเพื่อให้มีการตรวจสอบต่อไป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและอธิบายให้คำจำกัดความ/ความจำ</li> <li>- ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความเข้าใจด้วยคำพูดของตนเอง</li> </ul>

#### 4.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนเป็นเจ้าของการเรียนรู้ที่แท้จริง ได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่ตนเองเป็นผู้เผชิญสถานการณ์ ผ่านกระบวนการคิด กระบวนการปฏิบัติ

จนตกผลึกเกิดเป็นความรู้ใหม่ของตนเอง (พจนานุกรมศัพท์พจนานุกรม . 2549: 35-36) ประโยชน์ที่ผู้เรียนจะได้รับมีดังนี้

1. นักเรียนเป็นผู้วิเคราะห์คุณค่าความสำคัญของสิ่งที่จะเรียนรู้ วางแผนกำหนดขอบเขตแนวทางการเรียนรู้ของตนเอง ลงมือเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย ตามความสามารถ ความถนัดความสนใจ ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสค้นพบศักยภาพที่แท้จริงของตน รู้จักและเข้าใจตนเองมากยิ่งขึ้น

2. นักเรียนได้รับข้อมูลความรู้จากประสบการณ์ตรง แล้วใช้กระบวนการคิด เชื่อมโยงสรุปสิ่งที่เรียนรู้ และทำชิ้นงานนำเสนอความรู้และกระบวนการเรียนรู้ของตนได้เป็นรูปธรรมทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง รู้เข้าใจในสิ่งที่เรียนอย่างถ่องแท้ สามารถพูดได้อธิบายได้ชัดเจน เห็นคุณค่าความสำคัญ มีค่านิยมที่เหมาะสม มีทักษะในการปฏิบัติ ปฏิบัติได้ถูกต้อง คล่องแคล่ว สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาอื่น ๆ และใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

3. นักเรียนมีทักษะกระบวนการด้านต่าง ๆ ทั้งกระบวนการคิดและกระบวนการปฏิบัติ คิดเป็น ทำได้แก้ปัญหาเป็น เช่น สามารถวางแผน คิดแก้ปัญหา วิเคราะห์วิจารณ์ และสรุปตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล มีทักษะกระบวนการปฏิบัติ ทำงานอย่างมีแผน เป็นระบบ มีขั้นตอน

4. นักเรียนรู้สึกว่าคุณค่าความสำคัญได้รับการยอมรับมีความสุขและเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง

5. นักเรียนได้พัฒนาลักษณะนิสัยที่ดีงาม เกิดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เช่น มีความรับผิดชอบ ขยัน อดทน นอกจากนี้การทำงานเป็นกลุ่มยังทำให้นักเรียนมีทักษะทางสังคม ทำงานและอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

ภพ เลาหไพบุลย์ (2542: 156-157) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้อย่างน่าสนใจดังนี้

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้ อยู่ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน



4. นักเรียนสามารถเรียนรู้โมเมนต์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้นักเรียนเปลี่ยนใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเห็น อหาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

4. นักเรียนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนหลายๆ อาจจะพอดอบคำถามได้ แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นผู้วิจัยสรุปว่า การสอน แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ กระตุ้นความสนใจ ขั้นสำรวจ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ ขั้นประเมินผล และครูควรปรับหรือพัฒนากิจกรรมให้สอดคล้องกับรูปแบบการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้อยู่เสมอ

#### 4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

##### งานวิจัยในประเทศ

นิติมา รุจิเรชาสุวรรณ(2554: 77-78) ได้ศึกษาประสิทธิผลของการใช้สื่อมัลติมีเดียแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องสารชีวโมเลกุล ที่พัฒนาขึ้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพบว่า ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อมัลติมีเดียแบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องสารชีวโมเลกุลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มตัวอย่างมีเจตคติต่อการเรียนเรื่องสารชีวโมเลกุลอยู่ในระดับดี

ทศริน สมนวนตาด(2554: 108-109) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศรารัตน์ มุลอามาตย์ (2554: 76) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประถมพร โคตา (2554: 97) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนมติพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนมติ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนมติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปิยะมาศ อัจหาญ (2554: 111) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไม่แตกต่างกัน

ณัฐรีนีย์ อภิวงค์งาม (2554: 116-117) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นภาพร เกตทอง (2554: 102-103) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหากับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

เคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหากับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการเรียนรู้ด้วย การนำตนเองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหากับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ซารีนา พลสา (2553: 61) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เจริญสุข คงชาติ (2552: 59) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

#### งานวิจัยต่างประเทศ

เรมไซยน์ และคณะ (Remziye; et al. 2011: 48-68) ศึกษาผลของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีทักษะกระบวนการและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

เรนและชี (Rens; & Schee. 2009: 1437-1441) ศึกษาแนวคิดเรื่องการกระจายตัวของโมเลกุลของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้มีแนวคิดเรื่อง การแพร่ การละลาย และการควบแน่นถูกต้องร้อยละ 82, 80 และ 85 ตามลำดับ หยาง และ ลี (Yang; & Li. 2009: 506-513) ศึกษาความสามารถแก้ปัญหาของนักเรียนโดยใช้การทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นฐานเรื่องการหาปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำกระด้างพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ นักเรียนสามารถค้นหาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ออกแบบทดสอบ ประเมินผล ขั้นตอนการทดลองและการปฏิบัติการทดลองได้เป็นอย่างดี

เซนเจอร์ (Sanger. 2007: 1035-1039) ได้เปรียบเทียบความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 5 หัวข้อ ได้แก่ ความหนาแน่น แก๊ส ผลึกสารไอออนิก พื้นผิวและการระเหย และการรวมตัวระหว่างน้ำมันกับน้ำ ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ พบว่า คะแนนความรู้เรื่องความหนาแน่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับหัวข้ออื่นๆ คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีค่ามากกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีปกติ

## 5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วย สอนและมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้

### 5.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction :CAI) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์เสนอเนื้อหาความรู้บนจอหรือมอนิเตอร์ (monitor) จัดเป็นสื่อแบบปฏิสัมพันธ์เรียนด้วยตนเอง (ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. 2533: 93) ที่นำเสนอเนื้อหาเรื่องราวต่างๆ ลักษณะเป็นการเรียนโดยตรง และเป็น การเรียนแบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ที่สามารถโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ได้ (ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ . 2555: ออนไลน์) ในลักษณะ บทเรียนสำเร็จรูปที่มีเนื้อหา สื่อ กิจกรรม การตรวจปรับ การประเมินผล และกระบวนการเรียนรู้อื่นๆด้วยคอมพิวเตอร์ (มนต์ชัย เทียนทอง. 2545: 3) นำเสนอในรูปแบบสื่อประสมได้แก่ เสียง วิดีทัศน์ ภาพเคลื่อนไหว แผนภูมิ กราฟิก ภาพนิ่ง หรือแม้กระทั่ง ข้อความ ในการถ่ายทอดเนื้อหาภายในบทเรียนหรือความรู้ที่ใกล้เคียงกับการสอนจริง ภายในห้องเรียนให้มากที่สุด (ถนอมพร เลขาจรธแสง. 2541: 7) ซึ่งผู้เรียนสามารถเลือกชนิดของเนื้อหา และกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละบทเรียน ซึ่งอาจจะต้องมีภาคแบบฝึกหัด บททบทวน และคำถาม คำตอบไว้พร้อม ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง การสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ถือว่าเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์การสอนแต่ไม่ใช่เป็นผู้สอน (ทักษิณา สวานานนท์. 2535: 51) ผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาซึ่งเป็นสิ่งเร้า แล้วมีการตอบสนอง หลังจากนั้นโปรแกรมจะประเมินการตอบสนองของผู้เรียนและให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อการเสริมแรง แล้วให้ผู้เรียนเลือกเรียนสิ่งเร้าลำดับต่อไปจนจบบทเรียน (มลิทอง 2539: 94) เพื่อช่วยในการขยายขอบเขตความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน และความสามารถในการสอนของครู (ทิตินา แคมมณี. 2552: 151)

เมื่อพูดถึงมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ (Multimedia for Learning) นักการศึกษาจะให้ความหมายว่าโปรแกรมมัลติมีเดียที่พัฒนาในรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่นำเสนอเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน ที่นักเรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง จาก CD-ROM เมื่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้นำมาเป็นช่องทางในการ เผยแพร่บทเรียนมัลติมีเดียเพราะสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้กว้างและสะดวกกว่า CD-ROM ทั้งยังเพิ่ม

ความสามารถการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้สอนกับนักเรียนหรือระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ทำให้มัลติมีเดีย เพื่อการเรียนรู้ถูกนำไปใช้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การสอนผ่านเว็บ (Web-based Instruction: WBI) การเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ (E-Learning) เป็นต้น (ณัฐกร สงคราม . 2553: 11-12)

มัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ หมายถึง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ถ่ายทอดหรือนำเสนอเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอน ที่บูรณาการหรือผสมผสานสื่อหลากหลายรูปแบบ (Multiple Forms) เข้าไว้ด้วยกันได้แก่ ข้อความ กราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง วิดิทัศน์ หรือรูปแบบอื่นๆ ที่นอกเหนือจากข้อความเพียง อย่างเดียว โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อผู้เรียน (ณัฐกร สงคราม. 2553: 12)

## 5.2 รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยทั่วไป มีหลายรูปแบบ สามารถแบ่ง เป็นรูปแบบต่างๆ ได้ ดังนี้ (บุรณะ สมชัย. 2538: 28-32; ถนอมพร เลหาจรัสแสง . 2541: 11; พรเทพ เมืองแมน. 2544: 24-25; ทิศนา แชมมณี . 2552: 151; ณัฐกร สงคราม . 2553: 23-26; ภาควิชา เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. 2555: ออนไลน์)

1. สอนเนื้อหารายละเอียด (Tutorials) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้ นักเรียน ได้ เรียนรู้ เนื้อหาหรือหลักการใหม่ๆ ด้วยการเสนอเนื้อหาและคำถามคำตอบระหว่างบทเรียน โปรแกรมจะแสดงเนื้อหาที่จะสอนแล้วตั้งคำถามให้ นักเรียนตอบต่อจากนั้นโปรแกรมจะวิเคราะห์คำตอบแล้วตัดสินใจว่าจะแสดงเนื้อหา ต่อไปหรือให้นักเรียนตอบคำถามใหม่ หรือจะแสดงคำอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติม และโปรแกรมช่วยสอนนี้ยังรวมถึงวิธีการแนะนำให้นักเรียนตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง ด้วยการให้แนวทางแก่นักเรียนเพื่อเลือกคำตอบที่ถูกต้อง

2. การฝึกทักษะ (Drill and Practice) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่หลังจากที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหารายละเอียดแล้ว สิ่งจำเป็นคือการมีโอกาสได้ฝึกทักษะ หรือฝึกปฏิบัติซ้ำๆ เพื่อที่จะนำความรู้ ที่ได้เรียนแล้วไปใช้ได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็วหรือที่เรียกกันว่าใช้ได้โดยอัตโนมัติ การนำ คอมพิวเตอร์มาช่วยในการฝึกทักษะได้เป็นที่นิยมกันมากเนื่องจากมีความชัดเจนในการนำมาใช้เฉพาะวัตถุประสงค์ นอกจากนี้โปรแกรมการฝึกทักษะยังสร้างได้ง่ายกว่าโปรแกรมการสอนเนื้อหาละเอียดที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ ก่อนโปรแกรมการฝึกทักษะอาจเน้นการฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะเฉพาะอย่าง เช่น ทักษะการบวกเลขทักษะด้านคำศัพท์ ทักษะการอ่านแผนที่ เป็นต้นโปรแกรมประเภทนี้นิยมใช้กันมากในวิชาคณิตศาสตร์ การเรียนภาษา หรือภาษาต่างประเทศ การฝึกทักษะเหล่านี้มักจะใช้คำถามเป็นจำนวนมากซึ่งบางครั้งเรียกว่าคลังข้อคำถาม(Item Pool) นอกจากนี้ข้อคำถามที่ดีควรได้ ผ่านการ วิเคราะห์ค่าสถิติ เช่นระดับความยาก- ง่าย อำนาจจำแนก เป็นต้น โปรแกรมการฝึกทักษะที่ดีควรมีการประเมินข้อบกพร่องของนักเรียนว่าจำเป็นต้องฝึกหัดที่ระดับความรู้ระดับใด และบอกสาเหตุของความบกพร่องในการตอบผิด

3. การจำลองสถานการณ์(Simulations) หมายถึงโปรแกรมการจำลองสถานการณ์ในการเรียนการสอน เป็นวิธีการเลียนแบบหรือสร้างสถานการณ์ เพื่อทดแทนสภาพจริงในชีวิตประจำวัน สำหรับการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเนื่องจากในบางครั้งการฝึกและทดลองจริงอาจมีราคาแพง หรือมีความเสี่ยงอันตรายสูง เช่น การจำลองสถานการณ์การบิน การจำลองการเกิด ปฏิกริยาของนิวเคลียร์ หรือการจำลองการทำงานของแผงวงจรไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งการจำลองสถานการณ์ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมด้วย เช่น การควบคุมเหตุการณ์ การตัดสินใจ การโต้ตอบกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองได้โดยที่ในชีวิตจริง นักเรียนไม่สามารถแสดงปฏิกริยาเหล่านี้ ได้ อย่างไรก็ตามในสถานการณ์จำลองย่อมลดความยุ่งยากซับซ้อนให้น้อยกว่าเหตุการณ์จริงเช่น ลดรายละเอียด ลดโอกาสที่จะเกิดขึ้น เป็นต้น และในสถานการณ์จำลองนี้นักเรียนต้องแก้ไขปัญหาโดยการเรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการด้วยตนเองจนเกิดความเข้าใจในคุณลักษณะต่างๆ ในที่สุด

4. เกมการสอน (Instructional games) หมายถึง การใช้โปรแกรมเกมเพื่อการสอนกำลังเป็นที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นสิ่งที่ท้าทายความพยายามและสามารถกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความอยากเรียนรู้ได้โดยง่าย นอกจากนี้การใช้เกมายังช่วยเพิ่มบรรยากาศในการเรียนรู้ให้ดีขึ้นเนื่องจากมีภาพ แสงสี เสียงและ กราฟิกที่มีการเคลื่อนไหวได้ จึงทำให้นักเรียนตื่นตัวอยู่เสมอ รูปแบบของโปรแกรมเกมเพื่อการสอนคล้ายคลึงกับโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองแต่แตกต่างกัน โดยการเพิ่มบทบาทของนักเรียนเข้าไปในการใช้โปรแกรมเกมการสอนด้วย

5. การสาธิต (Demonstration) หมายถึง โปรแกรมการสาธิต มีจุดประสงค์ เพื่อสาธิตประกอบการสอนหรือบรรยายเนื้อหาหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งเพื่อช่วยผู้เรียนให้เข้าใจสิ่งที่เรียนได้ดียิ่งขึ้นเช่น การเขียนกราฟแสดงรายละเอียด การสาธิตการเกิดสุริยุปราคา หรือสาธิตการโคจรของดวงดาว เป็นต้น

6. การแก้ปัญหา (Problem - Solving) หมายถึง บทเรียนสำหรับใช้เรียนรู้และการคิดแก้ปัญหา การตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ แล้วให้นักเรียนพิจารณาตามโปรแกรมนั้น การแก้ปัญหาแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ โปรแกรมที่ให้นักเรียนเขียนเอง และโปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้แล้ว เพื่อช่วยนักเรียนในการแก้ปัญหาโดยที่คอมพิวเตอร์จะช่วยในการคิดคำนวณและหาคำตอบที่ถูกต้องให้ในกรณีนี้คอมพิวเตอร์จึงเป็นเครื่องช่วยเพื่อให้นักเรียนบรรลุถึงทักษะของการแก้ปัญหาโดยการคำนวณข้อมูลและจัดการสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนให้แต่ถ้าเป็นการแก้ปัญหา โดยใช้โปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้แล้วคอมพิวเตอร์จะทำการ คำนวณในขณะที่นักเรียน เป็นผู้จัดการกับปัญหาเหล่านั้นเอง โปรแกรมลักษณะนี้นักเรียนจะให้ความสนใจและตั้งใจมากถ้าได้รับแรงจูงใจและสิ่งเร้าในการเรียน ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกและเกิดความท้าทายและมีความพยายามที่จะแก้ปัญหาต่อไป

7. การทดสอบ (Tests) หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการทดสอบ มีบทบาทในการเป็นเครื่องมือประเมินผลการเรียนของนักเรียนทั้งก่อนเริ่มเรียน ระหว่างเรียนและหลังการเรียน อีกทั้งยังช่วยให้ผู้สอนมีความรู้สึกเป็นอิสระจากการกฎเกณฑ์ต่างๆที่เกี่ยวกับการทดสอบ

อีกด้วย เนื่องจากคอมพิวเตอร์ช่วยเปลี่ยนแปลงการทดสอบแบบเดิมๆให้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนได้โดยอาจจะให้ผลย้อนกลับโดยทันทีหรือประเมินผลหลังจากทำแบบทดสอบเสร็จ

8. การเรียนรู้ผ่านเว็บ (Web-based Learning) เป็นการผสมผสานมัลติมีเดียรูปแบบต่างๆ โดยใช้เว็บเป็นช่องทางในการเผยแพร่และติดต่อสื่อสาร ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหา ฝึกฝน ทดสอบผ่านหน้าเว็บและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลภายนอกได้

### 5.3 ข้อดีและข้อจำกัดของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้กันอยู่นี้มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดอยู่หลายข้อที่เกิดจากการทดลองใช้ จากการวิจัยของนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่าน (วรภรณ์ ตระกูลสฤษดิ์. 2543: 27-28; กิดานันท์ มลิทอง. 2543: 351; ญัฐกร สงคราม. 2553: 16; ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร . 2555: ออนไลน์) ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

#### 5.3.1 ข้อดีของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้

5.3.1.1 สามารถตอบสนองการเรียนรู้ส่วนบุคคลได้ ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ตามระดับความสามารถและอัตราความเร็วตามที่ต้องการ

5.3.1.2 สามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนโดยใช้สี เสียงและภาพ รวมทั้งการออกแบบโปรแกรมที่น่าสนใจ

5.3.1.3 สามารถคิดคำนวณได้รวดเร็วและแม่นยำ ช่วยให้ผู้เรียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.1.4 ช่วยสอนความคิดรวบยอด (Concept) และทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

5.3.1.5 สามารถเรียนได้อย่างไม่จำกัดเวลา และทบทวนได้ตามที่ต้องการ

5.3.1.6 สามารถจัดแผนการสอนได้ดี ด้วยการที่ผู้สอนสร้างโปรแกรมที่มีขั้นตอนและระบบที่ดี เช่น มีจุดมุ่งหมาย สอนเนื้อหา ทดสอบและให้ผลย้อนกลับ และยังสามารถเก็บข้อมูลผู้เรียนวิเคราะห์และเสนอผลการประเมินได้

5.3.1.7 ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ อันจะทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน (Active Learner) ช่วยให้การเรียนการสอนมีบรรยากาศที่ดี

5.3.1.8 ความสามารถในการเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ทำให้การออกแบบบทเรียนให้สนองตอบผู้เรียนแต่ละคนได้ และสามารถประเมินผลการเรียนของผู้เรียนได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

5.3.1.9 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนโดยช่วยให้การสอนมีคุณภาพสูง และคงตัว

5.3.1.10 ช่วยประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในการปรับปรุงเนื้อหาบทเรียนสามารถกระทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

### 5.3.2 ข้อจำกัดของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้

5.3.2.1 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นยังมีน้อย เมื่อเทียบกับการ ออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ในวงอื่น ๆ ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีจำนวน และขอบเขต จำกัดที่จะนำมาใช้เรียนในวิชาต่างๆ

5.3.2.2 การที่จะให้ผู้สอนเป็นผู้ออกแบบโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เองนั้น นับว่าเป็นงานที่ต้องอาศัยเวลา สติปัญญา และความสามารถเป็นอย่างยิ่ง ทำให้เป็นการเพิ่ม ภาระของผู้สอนให้มีมากยิ่งขึ้น

5.3.2.3 เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์เป็นการวางโปรแกรมบทเรียนไว้ล่วงหน้า จึงมีลำดับขั้นตอนในการสอนทุกอย่างตามที่วางไว้ ดังนั้น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงไม่ สามารถช่วยในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้

5.3.2.4 ผู้เรียนบางคนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ อาจจะไม่ชอบ โปรแกรมที่เรียงตามขั้นตอนทำให้เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ได้

5.3.2.5 ในการศึกษาทางไกลผู้สอนและผู้เรียนอาจไม่ได้พบหน้ากันเลย รวมทั้ง การพบกันของผู้เรียนคนอื่นๆ ด้วย ซึ่งวิธีนี้อาจทำให้ผู้เรียนรู้สึกโดดและไม่สะดวกในการเรียน

5.3.2.6 การถามตอบบางครั้งไม่เกิดขึ้นในทันที อาจก่อให้เกิดความไม่เข้าใจใน เนื้อหา

5.3.2.7 ผู้สอนไม่สามารถควบคุมบทเรียนได้เหมือนชั้นเรียนปกติ

5.3.2.8 ผู้เรียนจะต้องควบคุมตัวเองในการเรียนจึงจะประสบความสำเร็จในการ เรียน

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นผู้วิจัยสรุปว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและ มัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอข้อมูล รูปภาพ เสียง หลากๆอย่าง เข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการสนับสนุนและพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยผู้สอน ควรเลือกรูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ที่มีหลากหลาย รูปแบบให้เหมาะกับวัยและพัฒนาการของผู้เรียน



## 6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนเสมือน

### 6.1 ความหมายของห้องเรียนเสมือน

การเรียนรู้ในปัจจุบันนี้มีวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลายโดยผู้เรียนไม่จำเป็นต้องเข้าไปนั่งฟังในห้องเรียนเพียงอย่างเดียวแม้กระทั่งการเรียนที่บ้านหรือการเรียนผ่านระบบคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาขึ้นไปเรื่อยๆและมีความทันสมัยมากขึ้น การเรียนที่มีการจำลองเหตุการณ์หรือสถานการณ์ให้มีความเสมือนจริงมากขึ้นนั้นก็นับว่าเป็นอีกแนวทางการเรียนหนึ่งที่ได้รับการนิยมนำ

ห้องเรียนเสมือน เป็นคำไทยที่ใช้ทับศัพท์มาจากคำว่า Virtual Classroom ในภาษาอังกฤษ (ราชบัณฑิตยสถาน. 2546: 368) ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายเอาไว้ดังนี้

ครรชิต มาลัยวงศ์ (2540: ไม่ปรากฏเลขหน้า) ได้กล่าวถึงความหมายของห้องเรียนเสมือน (Virtual Classroom) หมายถึง การเรียนการสอนที่ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการเครือข่าย (File Server) และเครื่องคอมพิวเตอร์ผู้ให้บริการเว็บ (Web Server) อาจเป็นการเชื่อมโยงระยะใกล้หรือระยะไกล ผ่านทางระบบการสื่อสารและอินเทอร์เน็ตด้วย กระบวนการสอนผู้สอนจะออกแบบระบบการเรียนการสอนไว้โดยกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อต่างๆ นำเสนอผ่านเว็บไซต์ประจำวิชา จัดสร้างเว็บเพจในแต่ละส่วนให้สมบูรณ์ ผู้เรียนจะเข้าสู่เว็บไซต์ประจำวิชาและดำเนินการเรียนไปตามระบบการเรียน ที่ผู้สอนออกแบบไว้ในระบบเครือข่ายมีการจำลองสภาพแวดล้อมต่างๆ ในลักษณะเป็นห้องเรียนเสมือน

มนตรี แยมกสิกร (2542: ไม่ปรากฏเลขหน้า) กล่าวว่า ห้องเรียนเสมือนเป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในรูปแบบของซอฟต์แวร์ (software) โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยสามารถเลือกเวลาและสถานที่ที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2543: 65) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนจำลองแบบที่เสมือนจริงเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจและจะขยายตัวมากขึ้นในศตวรรษที่ 21 การเรียนการสอนในระบบนี้อาศัยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นหลัก ที่เรียกว่า Virtual classroom หรือ Virtual campus บ้าง จนกระทั่งเรียกว่า Virtual University ก็มี นับว่าเป็นการพัฒนาการบริหารการศึกษาทางไกลชนิดที่เรียกว่าเกาะประตูบ้านกันจริง ๆ เป็นโฉมหน้าใหม่ของสถาบันการศึกษาในโลกยุคไร้พรมแดน กล่าวคือ ผู้เรียนจะเรียนที่ไหนก็ได้ จะเป็นที่บ้าน หรือที่ทำงาน โดยไม่ต้องไปนั่งเรียนในห้องเรียนจริง ๆ ทำให้ประหยัดเวลา ค่าเดินทาง และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ได้มาก

มนตรี ดวงจิโน (2544: 35) ได้ให้ความหมายของห้องเรียนเสมือนว่า เป็นการเรียนการสอนที่กระทำผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนเข้ากับคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการเครือข่าย (File Server) และเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการเว็บ

(Web Server) อาจเป็นการเชื่อมโยงระยะใกล้หรือเชื่อมโยงมาจากระยะไกล ผ่านทางระบบการสื่อสารและอินเทอร์เน็ตกระบวนการสอน ผู้สอนจะออกแบบระบบการเรียนการสอนโดยกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อต่างๆนำเสนอผ่านเว็บไซต์ประจำวิชา จัดสร้างเว็บเพจในแต่ละส่วนให้สมบูรณ์ ผู้เรียนจะเข้าสู่เว็บไซต์ประจำวิชาและดำเนินการเรียนไปตามระบบการเรียนที่ผู้สอนออกแบบไว้ ผู้เรียนจะต้องส่งงานทำการบ้านตามที่ได้รับมอบหมายตามกำหนดเวลา ในระบบเครือข่ายมีการจำลองสภาพแวดล้อมต่างๆในลักษณะเป็นห้องเรียนเสมือนคล้ายกับเรียนในห้องเรียนที่ผู้สอนทำการติดตามพฤติกรรมการเรียนได้

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2544) ได้กล่าวว่า ห้องเรียนเสมือนจริง เป็นการจัดสิ่งแวดล้อมทางการศึกษาที่เสมือนกับการเรียนในชั้นเรียน ลักษณะเป็นโปรแกรมที่สร้างเลียนแบบสิ่งแวดล้อมในการเรียนการสอน ซึ่งสนับสนุนการเรียนการสอน และสามารถเข้ากลุ่มกันได้ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้สอนจะเป็นศูนย์กลางข้อมูลและบทเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนได้ทางคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์ ซึ่งอาจจะเห็นหน้ากันทางหน้าจอ และพูดคุยกันได้

ยีน ภูววรรณ (2546: 51) ได้กล่าวว่า ห้องปฏิบัติการเสมือน (virtual laboratory) เป็นการสร้างห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำลองขึ้นมาที่ผู้เรียนสามารถเข้ามาทำการทดลอง โดยการทดลองอาจใช้วิธีการทาง simulation หรืออาจให้นักเรียนทดลองจริงตามคำแนะนำที่ให้ไว้

ฤทธิชัย อ่อนมิ่ง (2547: 70) ได้กล่าวว่า ห้องเรียนเสมือน หมายถึง สภาพผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยใช้ช่องทางของระบบการสื่อสารและอินเทอร์เน็ต ผู้เรียนสามารถใช้คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตเข้าไปเรียนในเว็บไซต์ที่ออกแบบกระบวนการเรียนการสอนให้มีสภาพแวดล้อมคล้ายกับเรียนในห้องเรียนแบบปกติ มีสิ่งสนับสนุนอื่นที่ ช่วยให้มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนและผู้เรียนกับผู้เรียนโดยมีบรรยากาศเสมือนพบกันจริง ดังนั้นกระบวนการเรียนการสอนจึงไม่ใช่การเดินทางไปเรียนในห้องเรียนจริง แต่เป็นการเข้าถึงข้อมูลเนื้อหาของบทเรียนได้โดยผ่านคอมพิวเตอร์

สุรพล บุญลือ (2550: 30) ได้กล่าวว่า ห้องเรียนเสมือนจริง (Virtual classrooms) หมายถึงการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนการสอนให้เสมือนการเรียนการสอนจริงๆ เป็นการนำแหล่งทรัพยากรออนไลน์มาใช้ในลักษณะการเรียนการสอนแบบร่วมมือโดยมีการร่วมมือระหว่าง ผู้เรียนด้วยกัน ผู้เรียนกับผู้สอน ชั้นเรียนกับสถาบันการศึกษาอื่น และกับชุมชนที่ไม่เป็นเชิงวิชาการ ผู้เรียนและผู้สอนจะได้รับความรู้ใหม่ๆ จากกิจกรรม การสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อมูลผ่านทางคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์ ซึ่งอาจจะเห็นหน้ากันทางหน้าจอ และพูดคุยกันได้ โดยมีส่วนประกอบคือ ประมวลรายวิชา เนื้อหาในหลักสูตร รายชื่อแหล่งเนื้อหาเสริม กิจกรรมระหว่างผู้เรียนผู้สอน คำแนะนำ และการให้ผลป้อนกลับการนำเสนอในลักษณะมีลติมีเดีย และไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่

จินตนา กสินันท์ (2555: 45) ห้องเรียนเสมือนจริงเป็นนวัตกรรมการศึกษาที่มี สภาพแวดล้อมการเรียนการสอนภายใต้ระบบเครือข่ายในลักษณะของการเรียนแบบร่วมมือโดยมีหลักการ

ของการจัดการศึกษาให้ทันเวลาในการใช้งาน การแลกเปลี่ยนความรู้ และข้อมูลข่าวสาร การจัดสภาพแวดล้อมโดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ

ฮิลทซ์ (Hiltz, 1993: 71-98) ได้ให้ความหมายของห้องเรียนเสมือนว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่แหล่งทรัพยากรออนไลน์นำมาใช้ในการเรียนการสอนแบบร่วมมือ โดยเป็นการร่วมมือระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้สอน ผู้เรียนกับมหาวิทยาลัย

เทอร์ออฟฟ์ (Turoff, 1995) กล่าวถึง ห้องเรียนเสมือนจริง ว่าเป็นสภาพแวดล้อมการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นภายใต้ระบบการสื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ในลักษณะของการเรียนแบบร่วมมือ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เน้นความสำคัญของกลุ่มที่จะร่วมมือทำกิจกรรมร่วมกันระหว่างผู้เรียนด้วยกัน และ/หรือผู้สอน จะได้รับความรู้ใหม่ๆ จากกิจกรรม การสนทนา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อมูลลักษณะเด่นของการเรียนการสอนรูปแบบนี้ก็คือ ความสามารถในการลอกเลียนลักษณะของห้องเรียนปกติมาใช้ในการออกแบบการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยความสามารถต่างๆ ของอินเทอร์เน็ต โดยมีส่วนประกอบคือ ประมวลผลรายวิชา เนื้อหาในหลักสูตร รายชื่อแหล่งเนื้อหาเสริมกิจกรรมระหว่าง ผู้เรียนผู้สอนคำแนะนำและการให้ผลป้อนกลับ การนำเสนอในลักษณะมัลติมีเดียการเรียนแบบร่วมมือ รวมทั้ง การสื่อสารระหว่างกัน การเรียนรูปแบบนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากการเรียนโดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่

ผู้วิจัยสรุปความหมายของห้องเรียนเสมือนว่า ห้องเรียนเสมือนเป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในรูปแบบของซอฟต์แวร์ (software) ที่จะช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยสามารถเลือกเวลาและสถานที่ที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และต้องคำนึงถึงการจัดห้องเรียนเสมือนคือ ระบบปฏิบัติการของห้องเรียนเสมือน ที่ต่างไปจากการเรียนในห้องเรียน

## 6.2 ประเภทของห้องเรียนเสมือน

อุทัย ภิรมย์รัตน์ (2540: 21-30) ได้จำแนกประเภทการเรียนในห้องเรียนแบบเสมือนจริงได้ 2 ลักษณะ คือ

6.2.1 จัดการเรียนการสอนในห้องเรียนธรรมดา แต่มีการถ่ายทอดสดภาพและเสียงเกี่ยวกับบทเรียน โดยอาศัยระบบโทรคมนาคมและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไปยังผู้เรียนที่อยู่นอกห้องเรียนนักเรียนก็สามารถรับฟังและติดตามการสอนของผู้สอนได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเองอีกทั้งยังสามารถโต้ตอบกับอาจารย์ผู้สอน หรือเพื่อนนักเรียนในชั้นเรียนได้ ห้องเรียนแบบนี้ยังอาศัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่เป็นจริง ซึ่งเรียกว่า Physical Education Environment

6.2.2 การจัดห้องเรียนจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างภาพเสมือนจริง เรียกว่า Virtual Reality โดยใช้สื่อที่เป็น ตัวหนังสือ (Text-Based) หรือภาพกราฟิก (Graphical-Based) ส่งบทเรียนไปยังผู้เรียนโดยผ่านระบบโทรคมนาคมและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ห้องเรียนลักษณะนี้เรียกว่า Virtual Education Environment ซึ่งเป็น Virtual Classroom ที่แท้จริง การจัดการเรียนการสอนทางไกลทั้งสองลักษณะนี้ ในบางโรงเรียนก็ใช้ร่วมกัน คือมีทั้งแบบที่เป็นห้องเรียนจริง และ

ห้องเรียนเสมือนจริงการเรียนการสอนก็ผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงกันอยู่ทั่วโลก เช่น Internet, www. ขณะนี้ได้มีผู้พยายามจัดตั้งโรงเรียนเสมือนจริงขึ้นแล้วโดยเชื่อมโยง Site ต่าง ๆ ที่ให้บริการด้านการเรียนการสอนทางไกลแบบ Virtual Classroom ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และจัดบริเวณอาคารสถานที่ห้องเรียน ห้องสมุด ภาควิชาต่าง ๆ ศูนย์บริการต่าง ๆ ตลอดจนคณาจารย์ นักเรียน กิจกรรมทุกอย่างเสมือนเป็นชุมชนวิชาการจริง ชุดข้อมูลเหล่านี้จะอยู่ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ของแต่ละแห่ง ผู้ประสงค์จะเข้าร่วมในการเปิดบริการก็ต้องจองเนื้อที่และเขียนโปรแกรมใส่ข้อมูลเอาไว้ เมื่อนักเรียนติดต่อเข้ามา โปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็จะแสดงภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และสามารถโต้ตอบได้เสมือนหนึ่งเป็นโรงเรียนจริง ๆ

### 6.3 องค์ประกอบของห้องเรียนเสมือน

องค์ประกอบที่จำเป็นต่อความต้องการสำหรับหลักสูตรห้องเรียนเสมือนนั้นมีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญสำหรับโครงสร้างของหลักสูตรที่มีประสิทธิภาพในห้องเรียนเสมือน (Fullmer-Umari. 2000: 98-102) ดังนี้

6.3.1 คำอธิบายรายวิชาและคุณสมบัติทั่วไป (Course Description and Overview) หลักสูตรห้องเรียนเสมือนไม่เพียงแคบอรายละเอียด กิจกรรมการเรียนให้ครอบคลุมเท่านั้น แต่ควรจะมีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจให้ผู้เรียนได้เข้าไปติดต่อสื่อสารกับห้องเรียนเสมือนอย่างแท้จริง การกำหนดรายละเอียดวิชาควรให้สามารถกำหนดการกระทำของผู้เรียนได้ ดังนั้นผู้สอนควรเข้าใจในวัยและความต้องการของผู้เรียน สามารถสร้างรายวิชา หัวข้อรายวิชาให้สอดคล้องกับความสามารถพื้นฐานของผู้เรียน เพราะการออกแบบหลักสูตรออนไลน์ที่ดีโดยทั่วไปจะก่อให้เกิดสมรรถนะและสนับสนุนผู้เรียนให้สนใจรายละเอียดของรายวิชา

6.3.2 ประวัติย่อของผู้สอน (Instructor biographical sketch) ควรจะจัดเตรียมไว้เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักผู้สอน ซึ่งจะนำไปสู่การมีเจตคติที่ดีและการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น หรือการกล้าแสดงออกในการทำงานร่วมกับผู้สอน

6.3.3 การติดต่อความรู้กับผู้สอน (Instructor contact information) ผู้เรียนส่วนใหญ่จะติดต่อกับผู้สอนโดยการนัดพบและอีเมล การอนุญาตให้สามารถติดต่อกับผู้สอนโดยผ่านออนไลน์ 24 ชั่วโมงจะเป็นการดี

6.3.4 กำหนดการอ่านและการมอบหมายงาน (Schedule of Reading and Assignment) ในหลักสูตรออนไลน์ต้องประกอบด้วยการอ่านและเขียนงานที่ได้รับมอบหมายในแต่ละสัปดาห์ของรายวิชาตารางกำหนดการนี้จะทำให้ผู้เรียนคาดการณ์ถึงภาระงานและโครงการในภายหน้าได้ ซึ่งควรให้มีความสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียนโดยเฉลี่ยทั้งห้องว่ามีความสามารถในการทำงานชิ้นนั้นสำเร็จไปได้ด้วยดีเมื่อเวลาใด

6.3.5 แสดงข้อตกลงของชั้นเรียน (Review of Class Policies) ซึ่งสิ่งที่ควรคำนึงถึงมีดังนี้

6.3.5.1 การเข้าร่วมการเรียน (Attendance) ควรมีการกำหนดจำนวนครั้งของการเข้าใช้ห้องเรียนเสมือน หากผู้เรียนเข้าใช้ไม่ครบหรือขาดหายควรบอกถึงผลกระทบต่อภาระทำดังกล่าวหรือผลกระทบต่อเกรดของผู้เรียน

6.3.5.2 การตรวจให้คะแนน (Grading) หลักสูตรควรประกาศแจ้งผลการให้คะแนนอย่างชัดเจนและควรกำหนดเวลาให้ผู้สอนแสดงผลคะแนนนั้นๆ ตามลักษณะของงานที่มอบหมาย

6.3.5.3 การมีส่วนร่วม (Participation) ข้อตกลงด้านการมีส่วนร่วมนับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเรียนออนไลน์ เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับการช่วยเหลือ ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ในการเรียน อาจส่งผลกระทบต่อผลการเรียนของผู้เรียนอีกด้วย ซึ่งข้อตกลงด้านการมีส่วนร่วมอาจกำหนดเป็นระดับความถี่ของการมีส่วนร่วม

6.3.5.4 ความเข้มงวดในห้องเรียน (Tone in the Classroom) ระดับกิจกรรมและการมีส่วนร่วมที่มีประสิทธิภาพเป็นตัวกำหนดคุณภาพของชั้นเรียน ดังนั้นหลักสูตรควรแสดงถึงความน่าเชื่อถือของรายวิชา ความเข้มงวดของผู้เชี่ยวชาญในการแสดงความคิดเห็นและการแสดงผลย้อนกลับสู่ผู้เรียนและควรหลีกเลี่ยงการใช้ถ้อยคำที่เย้ยหยัน เพราะอาจทำให้เกิดผลทางลบแก่ผู้เรียน

6.3.5.5 การส่งงานช้า (Late Assignment) ควรมีการจัดการกับการที่ผู้เรียนส่งงานล่าช้าโดยอาจมีบทลงโทษบ้าง แต่ควรจัดให้เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีความแตกต่าง

6.3.5.6 การสอบ (Examination) การสอบไม่ว่าจะเป็นวิธีใดก็ตาม เช่น การทำงานเองที่บ้านการสอบผ่านข้อสอบออนไลน์ หลักสูตรต้องกำหนดข้อตกลงและตารางกำหนดการสำหรับการสอบเพื่อให้ผู้เรียนได้วางแผนเตรียมการ

6.3.5.7 ความไม่ซื่อสัตย์ทางวิชาการ (Academic Dishonesty) หลักสูตรต้องแสดงถึงข้อตกลงอย่างจริงจังของการขโมย การคัดลอกความคิดหรือผลงานของผู้อื่น รูปแบบของการขโมย ความคิดหรือผลงานตลอดจนผลกระทบที่ตามมาทั้งในลักษณะเกรดและสถานภาพของผู้เรียน ซึ่งอาจเป็นในลักษณะบทลงโทษ เช่น การปรับให้ตกในรายวิชานั้นๆ การสอบไม่ผ่านในครั้งนั้น หรือการให้ออกจากสถานศึกษา เป็นต้น

6.3.6 ประวัติย่อของผู้เรียน (Request for Student Biographical) ในห้องเรียนออนไลน์ผู้เรียนสามารถบรรยายลักษณะประวัติส่วนตัวให้เพื่อนร่วมห้องทราบโดยปราศจากการเผชิญหน้า ซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่พอใจ จุดนี้เองเป็นข้อได้เปรียบของการเรียนออนไลน์ ทำให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน อีกทั้งยังส่งผลให้ผู้สอนได้จัดการเกี่ยวกับงานตามความต้องการของผู้เรียนอีกด้วย

6.3.7 การบันทึกรูปแบบการให้ความรู้ของระบบและการจัดการไฟล์ (System Information, Formatting and Note and File Management) หลักสูตรควรให้ความสำคัญของระบบที่ยาก เช่น การจัดการบันทึกข้อมูล ขนาดของไฟล์ วิธีการทำงานที่มีอยู่ในหลักสูตร โดยมีคำแนะนำ

ให้ชัดเจนว่าให้ผู้เรียน จะต้องทำงานที่ได้รับอย่างไร ทำระดับไหน และแนะนำการจัดการเกี่ยวกับไฟล์ต่างๆ ไปจนจบรายวิชาด้วย

#### 6.4 ลักษณะของห้องเรียนเสมือน

ลักษณะสำคัญของห้องเรียนเสมือนบนอินเทอร์เน็ตนั้น (Hsu; & Pandya. 1998: online) ควรประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้

6.4.1 การใช้อินเทอร์เน็ตเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการส่งข้อมูล

6.4.2 การใช้เครื่องมือประจุมอภิปรายผ่านภาพและเสียงสำหรับการสื่อสารปฏิสัมพันธ์ทันทีตามเวลาจริง

6.4.3 การใช้เทคนิคควบคุมตัวชี้เมาส์ในการป้องกันผู้เรียน จากการเข้าไปท่องในอินเทอร์เน็ตที่ไม่ได้รับอนุญาต

6.4.4 การใช้ลำดับขั้นตอนในการควบคุมชั้นเรียน โดยอนุญาตให้ผู้สอนเป็นผู้ควบคุมส่วนกลางในขณะที่ผู้เรียนได้รับอนุญาตให้เข้าชั้นเรียนในรูปแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (FCFS - First-Come First-Serve)

6.4.5 การแนะนำแนวความคิดของการใช้ห้องเรียนเสมือน

6.4.6 การจัดห้องสนทนา (chat) เพื่อการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน

#### 6.5 สภาพแวดล้อมของห้องเรียนเสมือน

แซนด์ดี(Sandy. 2001) ได้แบ่งจำแนกรูปแบบการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนจริงไว้ในงานวิจัย เรื่อง A Framework for Pedagogical Evaluation of Virtual Learning Environment โดยแบ่งเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. Asynchronous Learning เหมาะกับการเรียนแบบเสริมและการเรียนที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (Self learning) ผู้เรียนจะเรียนวิชาผ่านเว็บ เมื่อไรก็ได้ ในช่วงเวลาที่เจ้าของหลักสูตรกำหนดการเรียนนั้นจะมีกิจกรรมการอ่าน เนื้อหา ค้นคว้า ทำโครงการ ทำแบบทดสอบ และทำการสอบ ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนหรือบทเรียนในรูปแบบของการเรียนการสอนแบบไม่ประสานเวลา คือ คนละเวลา ผู้เรียนอาจตั้งคำถามผ่าน Web board ผู้สอนก็อาจเข้าไปดูคำถาม และตอบในช่วงเวลาที่สะดวก หรือ ผู้เรียนอาจติดต่อกับผู้สอนทาง e-Mail นอกจากนี้ ผู้สอนอาจจะให้การบ้านหรือข้อมูลเพิ่มเติมแก่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนเห็นข้อมูลภายหลังจากที่ผู้สอนประกาศ และระหว่างที่ผู้เรียนเรียนบทเรียนนั้น ผู้สอนไม่ต้องออนไลน์อยู่กับระบบ

2. Synchronous Learning คือ การสอนเสมือนหนึ่งว่าผู้สอนอยู่ในห้อง อยู่หน้าชั้นเรียนแต่ผู้เรียนอยู่กระจ่ายทั่วไป โดยผู้เรียนแต่ละคนมีเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ต่ออยู่กับอินเทอร์เน็ตและลงทะเบียนวิชานั้น ผู้สอนจะทำการสอนโดยมีการติดตามการเรียนของผู้เรียนหรือผู้สอนสามารถระบุหน้าที่เรียน ผู้สอนสามารถติดต่อกับผู้เรียนทันทีผ่าน Chat, Message, IP Phone หรือ IP Video การสอนนั้นผู้เรียนต้องระบุเวลาที่ทั้งผู้สอนและผู้เรียนต้องออนไลน์ มาพบกันที่ห้องเรียนเสมือนจริง (Virtual classrooms)

3. Collaborative Learning การสอนแบบร่วมมือเน้นยากขึ้น จะต้องใช้ซอฟต์แวร์เฉพาะที่ทุกคนใช้ร่วมกันได้ เช่น Whiteboard หรือซอฟต์แวร์ที่ทำงานเสมือนจริง เพื่อสื่อให้เป็นกลไก ทำให้ผู้เรียนกับผู้สอนมีปฏิสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกัน และเรียนรู้ร่วมกันเพื่อนำไปสู่จุดหมายของบทเรียนการเรียนแบบร่วมมือ จะเป็นการเรียนแบบประสานเวลา ผสมกับการใช้เครื่องมือระดับที่สูงขึ้น

ชัยวัฒน์ ไชยพจน์พานิช (2546) ได้แบ่งลักษณะ การทำงานของห้องเรียนเสมือนจริง เป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

1. ส่วนจัดการเนื้อหา ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างบทเรียน และซอฟต์แวร์ที่ใช้แสดงบทเรียน

2. ส่วนบริหารจัดการการเรียนการสอน เป็นซอฟต์แวร์บริหารจัดการรายวิชาที่รวบรวมเครื่องมือ ซึ่งออกแบบไว้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์

ทอมสัน (Thompson. 1996) ได้แบ่งห้องเรียนเสมือนจริงออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบแรกเป็นความร่วมมือ (Consortium) ระหว่างสถาบันอุดมศึกษาต่าง ๆ โดยห้องเรียนเสมือนจริงจะเป็นตัวกลางเชื่อมต่อระหว่างห้องเรียน และวิทยาลัยในภูมิภาคต่าง ๆ ที่ร่วมมือกันก่อตั้งโดยแบ่งใช้ทรัพยากรที่สถาบันการศึกษาแต่ละแห่งที่มีอยู่ และมีข้อตกลงร่วมกันที่จะรับรองผลการเรียนของสถาบันการศึกษาที่เป็นสมาชิก นักศึกษาที่เข้าเรียนในห้องเรียนเสมือนจริงรูปแบบนี้สามารถเลือกเรียนหลักสูตรของห้องเรียนใดก็ได้ที่เป็นสมาชิก และสามารถเทียบโอนรายวิชากันได้ ตัวอย่างเช่น ห้องเรียนเสมือนจริงแคลิฟอร์เนีย และห้องเรียนเสมือนจริงไคลด์ เป็นต้น ห้องเรียนเสมือนจริงรูปแบบที่สอง เป็นห้องเรียนที่หน่วยงานที่มีอำนาจในการให้ปริญญาใหม่เป็นผู้จัดตั้งขึ้น โดยปกติจะทำงานร่วมกับห้องเรียนที่มีอยู่แล้ว ห้องเรียนรูปแบบนี้จะทำหน้าที่เป็นธนาคารหน่วยกิต (Credit Bank) มีพื้นที่สำหรับเก็บสะสมหน่วยกิตของนักศึกษาที่เรียนจากสถาบันต่าง ๆ และนับเป็นหน่วยกิตของหลักสูตรปริญญาของห้องเรียนเสมือนจริง ตัวอย่างห้องเรียนเสมือนจริงในรูปแบบนี้ เช่น ห้องเรียนเสมือนจริงของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีแห่งชาติ (National Technological University: NTU) และห้องเรียนเสมือนจริงแห่งมหาวิทยาลัยฟีนิกซ์ (The University of Phoenix) เป็นต้น ลักษณะของห้องเรียนเสมือนจริงอาจเป็นไปในลักษณะที่เสมือนในทางกายภาพที่พบได้ในคอมพิวเตอร์ หรืออาจไม่มีลักษณะเสมือนห้องเรียนจริง ๆ เลยก็ได้ เพียงแต่สิ่งเดียวที่ห้องเรียนเสมือนจริงไม่ว่า รูปแบบใดหรือมีลักษณะเหมือนหรือไม่ ไม่ใช่ประเด็นสำคัญสิ่งที่สำคัญคือห้องเรียนเสมือนจริงจะต้องมีผู้เรียน ผู้สอนหรือครู และต้องมีสังคมหรือกลุ่มเพื่อนที่เรียนด้วยกันโดยใช้ศักยภาพของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้เกิดสภาพหรือกิจกรรมการเรียนการสอนดำเนินไปได้

## 6.6 ข้อดีและความแตกต่างของห้องเรียนเสมือน

กิดานันท์ มลิทอง (2548: 122) เปรียบเทียบข้อดี ข้อจำกัดของห้องเรียนเสมือนดังนี้

ตาราง 4 แสดงข้อดีและข้อจำกัดของห้องเรียนเสมือน

ข้อดี	ข้อจำกัด
1. สร้างโลกเสมือนจริงที่บางครั้งเสี่ยงต่ออันตรายให้ สามารถเรียนรู้ได้โดยปลอดภัย	1. อุปกรณ์มีราคาสูงเกินกว่าสถาบันการศึกษาทั่วไปจะซื้อไว้ใช้ได้
2. ขยายโอกาสให้ผู้เรียนสำรวจสถานที่ที่ไม่สามารถท่องเที่ยวได้ในความเป็นจริงรวมถึงสถานที่ที่เกิดขึ้นแล้วในอดีต	2. เทคโนโลยีซับซ้อนเกินกว่าจะใช้ในห้องเรียนเรียนธรรมดา

รัชชชัย อติเทพสถิต (2546: 65) ได้แสดงความแตกต่างระหว่างห้องเรียนเสมือนกับห้องเรียนปกติไว้ดังนี้

ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างห้องเรียนเสมือนจริงกับห้องเรียนปกติ

ห้องเรียนเสมือน	ห้องเรียนปกติ
1. การพิมพ์และการอ่าน ทุกคนจะเป็นผู้ลงมือทำเองและทำได้พร้อม ๆ กันและทุกคนร่วมมือกัน	1. การพูดและการฟัง: จะเป็นการใช้เวลาที่แต่ละคนและส่วนใหญ่ผู้สอนจะพูดมากกว่าผู้เรียน
2. เป็นการเรียนตามอัตราการเรียนรู้ของแต่ละคน	2. ผู้เรียนจะต้องเรียนในอัตราที่ก้าวไปพร้อม ๆ กันทั้งห้อง
3. สถานที่เรียน ที่ใดก็ได้ เรียนเวลาใดก็ได้	3. มีกำหนดตารางเวลาและสถานที่เรียนอย่างชัดเจน
4. ใช้กระบวนการทางสังคม ผนวกกับการแลกเปลี่ยนทางสังคมแบบจริงจังและยืดหยุ่นตามภารกิจของแต่ละคนได้	4. เป็นกระบวนการทางสังคมที่ไม่ปกติ เพราะทุกคนต้องมาเวลาเดียวกัน
5. กิจกรรมการเรียนส่วนใหญ่ กำหนดให้กระทำเป็นกลุ่มร่วมมือกัน	5. กิจกรรมการเรียนส่วนใหญ่ถูกกำหนดให้เป็นกิจกรรมรายบุคคล
6. กิจกรรมถูกบันทึกโดยอัตโนมัติลงโน้ต แสดงผลการเรียนและตรวจสอบย้อนหลังได้	6. ผู้เรียนต้องจดบันทึก
7. ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ ถูกหลอมรวมเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมเสมือนจริงในการเรียน	7. คอมพิวเตอร์ไม่ได้ถูกจัดสำหรับผู้เรียนแต่ละคนในชั้นเรียน



## 6.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนเสมือน

### งานวิจัยในประเทศ

งานวิจัยทางอินเทอร์เน็ต ในรูปแบบห้องเรียนเสมือน ได้รับความสนใจจากผู้ทำวิจัยกันหลายท่าน ทำให้เกิดงานวิจัยทางด้านนี้ขึ้นมาไว้อ้างอิงหรือศึกษา ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

อัญชนา จันทรสุษ (2545: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำเสนอรูปแบบการจัดการห้องเรียนเสมือนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สำหรับนิสิต นักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาสังกัดทบวงมหาวิทยาลัย โดยใช้เทคนิคเดลฟาย ผลการวิจัยพบว่า การจัดสภาพแวดล้อมและสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนควรคำนึงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ โปรแกรมและแหล่งทรัพยากรสนับสนุนการเรียน นโยบายสถาบันควรให้สอดคล้องกันทั้งด้านนโยบาย ทิศทาง เป้าหมายงบประมาณ การวางแผนและการจัดบุคลากร ผู้สอนและผู้เรียนควรคำนึงถึงความรู้ด้านการใช้งานภาษาอังกฤษ วิธีการสอน การใช้งานคอมพิวเตอร์ การใช้งานอินเทอร์เน็ต การใช้งานซอฟต์แวร์ พัฒนาบทเรียนและควรมีคุณธรรม จริยธรรมความพร้อมทางเศรษฐกิจและการสร้างทักษะการเรียนรู้ด้วยการอ่านและการวิเคราะห์ด้วยตนเองวิธีการเรียน ควรคำนึงถึงประเภทกิจกรรมให้สอดคล้องกับบริการบนอินเทอร์เน็ต และสื่อการสอนที่เหมาะสม ควรเป็นสื่อที่สามารถโต้ตอบได้และ slide พร้อมคำบรรยาย

จิตรกร ปันทราย (2545: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าการพัฒนาห้องเรียนเสมือนวิชาการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบหลังเรียนนั้นสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความตั้งใจและสนใจ สามารถปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มและให้ความร่วมมือแก่สมาชิกในกลุ่มดีมาก นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนจากห้องเรียนเสมือน เกี่ยวกับผลการใช้ห้องเรียนเสมือนพบว่า ในส่วนของเนื้อหาที่มีความเหมาะสมสูงสุด อยู่ในระดับดีมากและจากการประเมินตนเองสำหรับนักเรียน พบว่า นักเรียนได้รับความรู้และประสบการณ์ในการคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น อยู่ในระดับดีมาก

เอกวิทย์ โทปรีรินทร์ (2546: 91) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบต่อการเรียนผ่านห้องเรียนเสมือนของนักเรียนช่วง ชั้นที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ห้องเรียนเสมือนที่พัฒนาขึ้นในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่3 เรื่องสารและสมบัติของสาร มีประสิทธิภาพ 89.00/86.56 เป็นไปตามเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนผ่านห้องเรียนเสมือนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนผ่านห้องเรียนเสมือนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 พัฒนาการของความรับผิดชอบต่อการเรียนหลักการเรียนของนักเรียนที่เรียนผ่านห้องเรียนเสมือนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .01 พัฒนาการของความรับผิดชอบต่อการเรียนของนักเรียนที่เรียนผ่านห้องเรียนเสมือนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อุมาวิชนี อาจารย์ (2546: 91-92) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลการเรียนรู้จากห้องเรียนเสมือนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ผลการวิจัยพบว่า ด้านการออกแบบห้องเรียนเสมือนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ คือ 1) หน้าแรก 2) เนื้อหา 3) กิจกรรมการทดลอง 4) ความรู้เพิ่มเติม 5) การปฏิสัมพันธ์ 6) การนำเสนอผลงาน 7) การประเมินผล และ 8) ความช่วยเหลือ ห้องเรียนเสมือนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 92.47/92.75 เป็นไปตามเกณฑ์ 90/90 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการขนส่งและการสื่อสารของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ นักเรียนที่เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนจากห้องเรียนเสมือนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก

สุวิทย์ ยิมมันตะสิริ (2546: 62) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการสอนแบบห้องเรียนเสมือนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เรียนตามปกติกับนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน โดยมีความเชื่อมั่นที่ 95% และนักศึกษามีความพึงพอใจมากกว่าระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.09

จรีรัตน์ เมฆจันทร์สม (2546: 64) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างสื่อการสอนทางไกลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบห้องเรียนเสมือนจริงสำหรับนักศึกษาที่เรียนวิชาโทรทัศน์และวีดิทัศน์เพื่อการศึกษาสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผลการวิจัยพบว่า สื่อการสอนทางไกล บนเครือข่ายแบบห้องเรียนเสมือนจริงที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.00/84.66 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนจากห้องเรียนเสมือนจริงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และความพึงพอใจในการใช้สื่อได้ค่าเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 4.17 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

สุชาดา ยะหัตตะ (2546: 99) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครือข่ายเสมือนช่วยการเรียนการสอนเรื่อง "วิถีชีวิตไทย" สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันและนักเรียนมีความคิดเห็นที่ดีต่อรูปแบบและการเรียนด้วยเครือข่ายเสมือนช่วยการเรียนการสอนเรื่อง "วิถีชีวิตไทย"

สุรศักดิ์ มณีขำ (2550: 101-102) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน สารที่ 4 ประวัติศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ด้านเทคโนโลยีการศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับดี ประสิทธิภาพของทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน อยู่ที่ 91.40/91.83 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนจากการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนจากการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนทัศนศึกษาเสมือนจริง

สุรพล บุญลือ (2550: 85-86) ได้ทำการศึกษาค้นคว้า การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้ห้องเรียนเสมือนจริงแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในระดับอุดมศึกษา ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในห้องเรียนเสมือนจริง มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า นักศึกษาที่เรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในห้องเรียนปกติ นักศึกษาที่เรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในห้องเรียนเสมือนจริง มีความคงทนในการเรียนรู้ ไม่แตกต่างจากหลังสอบไปแล้ว 2 สัปดาห์ ผู้ที่เรียนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

นำโชค จิตรแจ่ม (2550: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนห้องปฏิบัติการเสมือนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์สำหรับนักศึกษาปริญญาตรีพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยการเตรียมความพร้อมโดยใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ก่อน เรียนปฏิบัติการจริงสูงกว่านักศึกษาที่เรียนโดยใช้ห้องปฏิบัติการแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศันสนีย์ สังสรรค์อนันต์ (2551: 150) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเพื่อการเรียนการสอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากและมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 3.78

ชัยวัฒน์ เชื้อมั่ง และวัลลภ คงนะ (2552: 34) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการสอนห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนใช้ในระบบ E-Learning พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 85.80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในระดับมาก

วิชุดา วงค์เนียม (2553: 57-58) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยการทดลองเสมือน 2 มิติ วิชา วิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและความดัน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความพึงพอใจอยู่ในระดับดี

จุฑามารณ์ ชาตินฤมาณ (2553: 59-60) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แบบการทดลองเสมือน 2 มิติ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องแสงและการมองเห็น สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

## งานวิจัยต่างประเทศ

ผลงานการวิจัยในต่างประเทศที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทั้งในรูปแบบของห้องเรียนเสมือน ได้มีการทำวิจัยกันอย่างกว้างขวาง โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

มุลเลอร์ (Mueller. 2001: abstract) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับประสบการณ์ของนักศึกษาวิชาชีพพยาบาลระดับบัณฑิตศึกษาที่เป็นสมาชิกห้องเรียนเสมือนบนอินเทอร์เน็ต เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative) กลุ่มตัวอย่างบนเครือข่ายที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการเลือกเข้ามา 15 คนจากผู้เรียนระดับบัณฑิตศึกษาของนักศึกษาศึกษาพยาบาลที่เรียนจากมหาวิทยาลัยขนาดใหญ่แถบตะวันตกตอนกลางโดยใช้การสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เข้าร่วมอธิบายว่าการเรียนมีความแตกต่างกันมากกว่าประสบการณ์เดิมในชั้นเรียนที่มหาวิทยาลัย การใช้เวลาที่มากในการเรียนรู้เทคโนโลยี การปรับตัวไปสู่ผู้เรียน เป็นศูนย์กลางและรูปแบบการครุ่นคิดของการเรียน การสื่อสารกับผู้อื่นโดยปราศจากผลของภาษาและเสียงเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก ผู้เรียนส่วนใหญ่บอกว่ารู้สึกโดดเดี่ยวและมีความรู้สึกที่ไม่รู้จักเพื่อนร่วมชั้นดีพอ นักเรียนที่เข้าร่วมประชุมในห้องสนทนา (chat room) อธิบายว่ารู้จักสมาชิกของกลุ่มที่พูดคุยดีกว่าเพื่อนร่วมชั้นคนอื่นๆ และรู้สึกโดดเดี่ยวน้อยกว่า

เซลเลอร์ส (Sellers. 2001: abstract) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนในสภาพแวดล้อมเสมือน กรณีศึกษาของผู้สอนห้องเรียนเสมือนหลายรายในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการนำไปสู่การให้ความเข้าใจอย่างแท้จริงในการเปลี่ยนแปลงวิธีการสอนขั้นพื้นฐานสำหรับผู้สอนที่สนใจในการสอนกับสภาพแวดล้อมเสมือนในการเตรียมการสอนวิชาออนไลน์ ผู้เข้าร่วมจัดเข้ากลุ่มละ 5 คนจากจำนวนคนครั้งแรกที่ถูกเลือกเข้าโครงการ ข้อมูลถูกจัดเก็บและวิเคราะห์ในการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้เป็นพื้นฐานของความเข้าใจไปยังนักการศึกษาในอนาคตที่สนใจในการนำเสนอหลักสูตรบนเว็บ การสร้างสารสนเทศพื้นฐานที่ซึ่งนักการศึกษาจะนำไปใช้พัฒนาความเข้าใจว่าอะไรเป็นความจำเป็นต่อการสอนออนไลน์

นิคอส และคนอื่นๆ (Nikos; et al. 2001) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าการเรียนการสอนทางไกลแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในห้องเรียนเสมือนจริงระดับอุดมศึกษา วิชาโครงสร้างและลักษณะของฟัน โดยได้ทำการทดลองเรียนโดยใช้ห้องเรียนเสมือนจริง โดยให้นักศึกษาจำนวน 28 คน จาก 12 ประเทศในทวีปยุโรปได้เรียนร่วมกันโดยเลือกนักศึกษาที่มีความรู้ด้านคอมพิวเตอร์ และสามารถใช้ในการติดต่อสื่อสารได้ อายุเฉลี่ย 23 ปี โดยใช้ ขั้นตอนในการให้ปัญหา 6 ขั้นตอนเริ่มจาก 1. การให้นิยามปัญหา 2. ตั้งสมมุติฐาน 3. ตั้งเป้าหมายในการเรียนรู้ 4. หาข้อมูลที่ต้องการเพิ่มจากภายนอกกลุ่ม 5. สังเคราะห์ข้อมูลใหม่ที่ได้ 6. ทดสอบสมมุติฐานการศึกษาค้นคว้าพบว่าการเรียนรู้สูงขึ้นและผลงานที่นำเสนออยู่ในระดับดีเยี่ยม

แฮมเมอร์ (Hammer. 2002: abstract) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ต่อการเรียนแบบกระฉับกระเฉง (active learning) ผลการเรียนรู้และความสัมพันธ์ของกลุ่มในรายวิชาที่ใช้เทคโนโลยีออนไลน์ ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักศึกษาจำนวน 65 คนและผู้สอน 4 คน ของ

รายวิชาคอมพิวเตอร์ระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัยในเมืองใหญ่แถบตะวันตกตอนกลาง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การพูดคุย (chats) ในห้องเรียนเสมือนแบบเวลาเดียวกัน (synchronous) มีอิทธิพลสูงสุดต่อการเรียนแบบกระฉับกระเฉง ผลการเรียนรู้และความสัมพันธ์ของกลุ่มในรายวิชาที่ใช้เทคโนโลยีออนไลน์นอกจากนี้นักเรียนที่มีส่วนร่วมในห้องเรียนเสมือนมีความเกี่ยวข้องกันอย่างชัดเจนกับคะแนนทดสอบ

หมิง ไว เซิน และคนอื่นๆ (Ming-wei Chen. 2003) ได้ออกแบบระบบการเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรียกว่า Internet Virtual Community (IVC) เพื่อให้เหมาะสมกับการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในวิชา หลักการคอมพิวเตอร์เบื้องต้นสำหรับเด็กในมัธยมศึกษา โดยสร้างรูปแบบการเรียนขึ้นมา สรุปได้ดังนี้ 1. ระบบการติดต่อกับผู้ใช้จะต้องง่ายและสะดวก 2. มีเครื่องมือในการติดต่อสื่อสารเพื่อระดมสมองและแบ่งปันความคิดโดยใช้เว็บบอร์ด 3. มีระบบในการตรวจสอบและติดตามผู้เรียน 4. บูรณาการข้อมูลที่ได้ และเทคนิคในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้เรียน

ฮิวเนอร์ส (Hueners. 2003: abstract) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์มาเป็นองค์ประกอบในชั้นเรียน ซึ่งกำหนดรูปแบบวัตถุประสงค์ของรายวิชา วิธีการเกี่ยวกับการเรียนการสอน การเขียนของนักเรียนและการสื่อสาร องค์ประกอบของการจัดชั้นเรียนได้กำหนดเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ
2. รูปแบบการเรียนการสอนที่จัดให้มีคอมพิวเตอร์
3. รูปแบบการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือน

ผลของการวิจัยได้แสดงว่าบทบาทของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในชั้นเรียนมีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมในการสร้างเป้าหมายไม่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนในชั้นเรียนปกติจะประสบผลสำเร็จในการเรียนและการแก้ไขงานได้มากกว่าผู้เรียนในสภาพแวดล้อมด้วยคอมพิวเตอร์ แต่ความแตกต่างที่สำคัญของบทบาทเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คือ การสื่อสาร ซึ่งอิเล็กทรอนิกส์การสื่อสารมีประโยชน์ในทางที่ช่วยส่งเสริมการแลกเปลี่ยนข้อมูลของผู้เรียน

การ์เนอร์ (Garner. 2004: abstract) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบเรื่องการทัศนศึกษาทางกายภาพกับทัศนศึกษาเสมือนจริง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 ที่ไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์เป็นวิชาเอก จำนวน 67 คน โดยการสุ่มเข้ากลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มทัศนศึกษาทางกายภาพ 32 คน และกลุ่มทัศนศึกษาเสมือนจริง 35 คน ก่อนการทดลองนักเรียนประเมินวัดผลก่อนเรียนทั้ง 2 กลุ่ม และนักเรียนทั้งหมดต้องไปฟังการบรรยายอย่างต่อเนื่องกัน 4 ครั้งเกี่ยวกับนิเวศวิทยาปากแม่น้ำ Indian River Lagoon (IRL) ในห้องเรียนเป็นเวลา 75 นาที ซึ่งข้อมูลของการประเมินผลก่อนเรียนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ผลการวิจัยจากการใช้ Mancova พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญต่อบัจจัยการวิจัยทั้งหมดเช่น สมาชิกกลุ่ม รูปแบบการเรียนและปฏิสัมพันธ์ต่อรูปแบบการใช้กลุ่มการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลแสดงว่าไม่มีผลทางนัยสำคัญของสมาชิกกลุ่มต่อความสามารถตอบคำถามที่ระดับความแตกต่างของเทคนิคการแบ่งประเภทของบลูม ผลการวิจัยยังบอกเป็นนัยถึง

นักการศึกษาว่าสามารถบูรณาการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงนำมาสร้างในลักษณะเช่นเดียวกันกับการทัศนศึกษาทางกายภาพโดยไม่มีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือเจตคติ

สตินสัน (Stinson. 2004: abstract) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลของการท่องเที่ยวพิพิธภัณฑสถานทางเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสังคมศึกษาของนักเรียนเกรด 5 จุดมุ่งหมายของการวิจัย คือ การอธิบายประสิทธิภาพทางการศึกษาของทัศนศึกษาเสมือนจริง โดยการใช้เว็บไซต์ของ the Bayou Bend Collection and Gardens กับไปทัศนศึกษาจริงที่ Bayou Bend กับนักเรียนเกรด 5 ที่เรียนประวัติศาสตร์ชาวอเมริกา งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบ pretest-posttest control group design กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีจับฉลากจากประชากรชั้นเรียนเกรด 5 จากโรงเรียนของรัฐ ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 211 คน จาก 2 โรงเรียนตัวแปรตามเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสังคมศึกษาที่วัดผลโดยแบบทดสอบที่พัฒนาโดยผู้วิจัยและทีมงานที่มามีส่วนร่วมประกอบด้วย ครูสอนสังคมศึกษาในเกรด 5 ผู้บรรยายของพิพิธภัณฑสถานจาก Bayou Bend และอาจารย์จากมหาวิทยาลัยฮุสตัน (University of Houston) แบบทดสอบครอบคลุมเนื้อเรื่องของ Bayou Bend ที่เรียกว่า Life in Early America และหัวข้อที่เกี่ยวกับประวัติศาสตร์ชาวอเมริกา ข้อมูลการวิจัยวิเคราะห์โดยใช้ Ancova และระดับความเชื่อมั่น 95% เป็นเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจ ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมีนัยสำคัญทางสถิติสูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสังคมศึกษาของนักเรียนเกรด 5 ที่เรียนกับทัศนศึกษาพิพิธภัณฑสถานเสมือนจริงกับเว็บไซต์มีค่าเฉลี่ยทางสถิติสูงกว่านักเรียนที่เรียนกับการทัศนศึกษาพิพิธภัณฑสถานจริง ผลของการวิจัยครั้งนี้ยังได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ทัศนศึกษาพิพิธภัณฑสถานเสมือนจริงมีประสิทธิภาพทางการศึกษาและเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้ที่นำไปสู่ทัศนศึกษาจริง จากการค้นพบครั้งนี้ให้ความสำคัญกับครูผู้สอนในการสนับสนุนการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงทางอินเทอร์เน็ตในห้องเรียนและนักการศึกษาทางด้านพิพิธภัณฑสถานในการสนับสนุนการใช้เว็บไซต์สำหรับขยายการศึกษาออกไป

เทรทินจัก (Tretinjak. 2004: Online) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเสริมความรู้เนื้อหาเกี่ยวกับธรณีวิทยาของครูผู้สอนตามผลการวิจัยภาคสนาม (fieldwork) วัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อแรกเป็นการสนับสนุนข้อสรุปของการวิจัยการศึกษาด้านธรณีวิทยาโดยการจัดทัศนศึกษาหรือไม่จัดที่สามารถทำให้ผลการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น ข้อที่สอง เป็นการระบุความคิดเห็นว่าการเรียนที่ดีที่สุดเป็นการจัดสภาพแวดล้อมนอกสถานที่ ข้อที่สาม เป็นการเปรียบเทียบการเรียนของนักเรียนที่เรียนกับทัศนศึกษาเสมือนจริงกับทัศนศึกษาจริง ผลการวิจัยพบว่า ทัศนศึกษาทำให้นักเรียนมีความเข้าใจสูงขึ้น ทำให้เกิดความคิดเป็นรูปธรรม กระตุ้นความกระตือรือร้นของนักเรียนมากกว่าในชั้นเรียน แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนัยสำคัญ ด้านคะแนนระหว่างทัศนศึกษาจริงและทัศนศึกษาเสมือนจริง ซึ่งแสดงว่าทัศนศึกษาเสมือนจริงนั้นมีประโยชน์เช่นเดียวกับทัศนศึกษาจริงในการสนับสนุนการเรียนของนักเรียนในรูปแบบของสารสนเทศ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้สำหรับนักการศึกษาคือ ในขณะที่ทัศนศึกษาเสมือนจริงอาจเหมาะสมกับการสอนด้านข้อคิด ดเห็นพื้นฐาน ครูควรจะนำนักเรียนไปทัศนศึกษาเมื่อคาดหวังว่านักเรียนจะเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือข้อคิดเห็นที่ซับซ้อนทางด้านธรณีวิทยา

แคนท์เวลล์ (Cantwell. 2004: Online) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบผลของการเรียนจากการบูรณาการการใช้ทัศนศึกษาเสมือน นจริงกับทัศนศึกษาจริง ในวิชาพื้นฐาน สิ่งแวดล้อมทางธรณีวิทยา โดยใช้รูปแบบ pre-test/post-test activity ผลการวิจัยพบว่า ทัศนศึกษาเสมือนจริงไม่ประสบผลสำเร็จในการจำลองการสอนจากการสังเกตและการประเมินผลข้อมูลตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามทัศนศึกษาเสมือนจริงสามารถตอบคำถามที่มีอยู่และทักษะสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้ ทัศนศึกษาเสมือนจริงยังเป็นการใช้ที่ดีที่สุดในการเตรียมกิจกรรมก่อนไปทัศนศึกษาจริงที่ช่วยลดความตื่นเต้นของสถานที่ที่ไปและการสร้างความรู้เนื้อหาที่จำเป็นก่อน

เมอร์เรย์ (Murray. 2004: abstract) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสำรวจวิธีการเรียนแบบเคลื่อนไหวและความเป็นจริงเสมือนในสภาพแวดล้อมบนเว็บ งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ(quantitative) และเชิงคุณภาพ (qualitative) ในการสำรวจสิ่งที่ชอบมากกว่าของรูปแบบการเรียนที่มีการเคลื่อนไหวกับผู้เรียนออนไลน์วิชาภาษาอังกฤษของชาวบราซิล จากการสำรวจโดยใช้กรณีศึกษาว่ารูปแบบการเคลื่อนไหวอะไรที่มีความหมายต่อเขาทั้งหลายและคืออย่างไรกับการสอนผ่านเว็บโดยการเลือกที่รูปแบบความเป็นจริงเสมือนจำลองความรู้สึกของกิจกรรมการเคลื่อนไหวในความคิดของผู้เรียนผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนแบบเคลื่อนไหวเป็นสิ่งที่ชอบมากเป็นอย่างยิ่งของผู้มีส่วนร่วมบนออนไลน์และรูปแบบการรับรู้แบบอื่นก็ชอบด้วยเหมือนกันแต่ก็เป็นบางส่วนเล็กน้อย ข้อเสนอการวิจัยว่าการออกแบบเครื่องมือเพื่อจำลองกิจกรรมการเคลื่อนไหวในการสอนผ่านเว็บเป็นประโยชน์กับผู้เรียนและได้เสนอแผนงานวิจัยครั้งต่อไปให้ทดสอบกับกลุ่มประชากรอื่นบ้าง

เคอร์สติน (Kerstyn. 2004: abstract) ได้ทำการวิจัยเรื่องการเตรียมความพร้อมของครูคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 8 โดยนำเอาเทคโนโลยีที่เรียกว่า The Integrated Learning System (ILS) ซึ่งเป็นรูปแบบของห้องเรียนเสมือนมาใช้ในการวิจัย เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนของครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์และครูสอนคณิตศาสตร์แต่ไม่มีวุฒิทางด้านคณิตศาสตร์ในโรงเรียนประจำเขต (school districts) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 1,223 คน ใน 76 ห้องเรียน สอนโดยครู 30 คน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบ ILS สูงกว่านักเรียนในชั้นเรียนที่ไม่ได้เรียนด้วยโปรแกรม ILS แต่เมื่อให้ครูไม่มีวุฒิทางคณิตศาสตร์ที่ได้เตรียมความพร้อมในการสอนคณิตศาสตร์เข้าไปสอนร่วมกับรูปแบบ ILS ปรากฏว่าผลของรูปแบบ ILS ถูกทำให้ลดลง จากงานวิจัยได้เสนอแนะไว้ว่า ILS อาจจะมีประโยชน์กับผู้เรียนเกรด 8 และเป็นเทคนิคหนึ่งที่จะช่วยให้โรงเรียนประจำเขตนำไปใช้เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และจากผลการวิจัยยังได้อ้างอิงถึงความสำคัญในการจ้างครูที่จะสอนในวิชาคณิตศาสตร์จ ะต้องมีความรู้และวิธีการสอนทางด้านคณิตศาสตร์ด้วย

ไรเมอร์และโมเยอร์ (Reimer; & Moyer. 2005: Online) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนของนักเรียนเกรด 3 เรื่องเศษส่วน โดยใช้การจัดการเสมือนจริง (Virtual Manipulatives) วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ การสำรวจผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์การจัดการเสมือนจริง

สำหรับการสอนในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเศษส่วนของนักเรียนเกรด 3 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวัดความรู้และทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ การสัมภาษณ์นักเรียนและแบบสำรวจเจตคติของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติที่เพิ่มขึ้นของคะแนนหลังการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งจากแบบทดสอบวัดความรู้และทักษะ กระบวนการ จากการสัมภาษณ์นักเรียนและแบบสำรวจเจตคติของนักเรียนพบว่าการจัดการเสมือนจริงช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้นในเรื่องเศษส่วน โดยการให้ผลโดยตรงและข้อมูลย้อนกลับโดยเฉพาะ ง่ายและเร็วกว่าการใช้กระดาษและดินสอ มีความสนุกสนานมากขึ้นของนักเรียนในขณะที่เรียนคณิตศาสตร์

จากงานวิจัยทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ พบว่าการจัดการ การเรียนแบบใช้รูปแบบห้องเรียนเสมือน เป็นส่วนที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้สูงขึ้น ผู้เรียนมีความพึงพอใจสูง และยังพบอีกว่าการเรียนแบบนี้ทำให้ความคงทนในการเรียนรู้ไม่แตกต่าง จากการสอบครั้งแรกการเรียนแบบรูปแบบห้องเรียนเสมือนทำให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และเป็นการเรียนรู้ในสภาพของความเป็นจริง โดยผู้เรียนจะต้องทำการศึกษาค้นคว้าในการแก้ปัญหา ดังนั้นผู้เรียนจะได้ข้อมูลที่ใหม่และถูกต้องเสมอ ทำให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ อีกทั้งยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้เกิดทักษะในการค้นคว้าและค้นหาคำตอบเพื่อแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยมีวิธีการและกระบวนการที่ถูกต้อง ส่งผลทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดจากนามธรรมเป็นรูปธรรมและทำให้ผู้เรียนเรียนได้ดีขึ้นในเนื้อหาวิชานั้นๆ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาที่ทำให้ผู้วิจัยสนใจทำการวิจัยในครั้งนี้

## 7. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 7.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2523: 137) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ที่เกิดจากการอบรม หรือจากการสอบ การวัดผลสัมฤทธิ์ จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถ หรือระดับความสัมฤทธิ์ผล (Level of Accomplishment) ของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไรมีความสามารถแค่ไหนซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอนคือ

1. การวัดด้านปฏิบัติเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสดงความสามารถดังกล่าวในรูปการกระทำจริงให้ออกเป็นผลงาน เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น การวัดแบบนี้จึงต้องใช้ “ข้อสอบภาคปฏิบัติ” (Performance Test)

2. การวัดด้านเนื้อหาเป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ (Content) อันเป็นประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนรวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้ “ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์”



อารีย์ คงสวัสดิ์ (2544: 23) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จ ความสมหวังในด้านการเรียนรู้ รวมทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ความสามารถและทักษะทางด้านวิชาการของแต่ละบุคคล ที่ประเมินได้จากแบบทดสอบหรือการทำงานที่ได้รับมอบหมายและผลของการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น จะทำให้แยกกลุ่มของนักเรียนที่ถูกประเมินออกเป็นระดับต่างๆ เช่น สูง กลาง และต่ำ

ชัญญชิตา อมรรวนิตย์ (2546: 5) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนด้านความรู้ ความจำ และความเข้าใจในเนื้อหาที่ใช้ทดลอง โดยวัดได้จากคะแนนที่นักเรียนได้จากการทดสอบภายหลังการเรียน

ผู้วิจัยสรุปความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว่า ผลของการเปลี่ยนแปลงความสามารถที่เกิดขึ้นทางด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ภายหลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้หรือฝึกฝนประสบการณ์ โดยทำการวัดได้ด้วยเครื่องมือของครูผู้สอนที่เป็นแบบทดสอบ แบบฝึกประสบการณ์ออกมาในรูปของตัวเลขคะแนน

## 7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### งานวิจัยในประเทศ

บุญยิ่ง วรรณศิริกุล (2540: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้ รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นุศรา เอี่ยมนวรรณ์ (2542: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนกับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสิ่งแวดล้อมและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนกับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

หนึ่งนุช กาพภักดี (2543: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ระดับสูงและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มกับการสอนตามคู่มือครู ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุมาลี โชติชุ่ม (2544: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเชาว์อารมณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สอนโดยชุดการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริม

เชาว์อารมณกับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่สอนโดยชุดการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมเชาว์อารมณกับการสอนตามคู่มือครูมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

### งานวิจัยต่างประเทศ

วิลเลียม (William. 1981: 1605-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทัศนคติ ผลสัมฤทธิ์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้กับการสอนแบบเดิมที่ครูเป็นศูนย์กลาง วิชาประวัติศาสตร์อเมริกา กลุ่มทดลอง 41 คน สอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เดิม กลุ่มควบคุม 43 คน สอนแบบเดิม ทำการสอนเป็นเวลา 24 สัปดาห์ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

สมิท (Smith. 1994: 2528-A) ได้ศึกษาผลจากวิธีการสอนที่มีต่อเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้รับการสอนแบบบรรยาย กลุ่มที่สองได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และกลุ่มที่สามได้รับการสอนแบบทั้งบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบทั้งบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบทั้งบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

## 8. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

### 8.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542: 10) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นกระบวนการเฉพาะที่นักวิทยาศาสตร์นำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ ซึ่งอาจจะแตกต่างกันบ้างแต่ก็มีลักษณะร่วมกันที่ทำให้สามารถจัดเป็นขั้นตอนได้ ลำดับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีด้วยกัน 4 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. ขั้นระบุปัญหาสิ่งสำคัญในขั้นนี้ก็คือความสนใจที่นักวิทยาศาสตร์มีต่อสิ่งที่ตนเองพบเห็น ซึ่งเกิดจากความอยากรู้อยากเห็นและทักษะในการสังเกต

2. ขั้นตั้งสมมติฐาน คือ การคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้ซึ่งในทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า สมมติฐาน

3. ขั้นรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตหรือการทดลอง

4. ขั้นสรุปผลการสังเกตหรือการทดลอง

ในการแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และต้องมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถ และทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science – AAAS) ได้พัฒนาโปรแกรมวิทยาศาสตร์และตั้งชื่อโครงการนี้ว่า วิทยาศาสตร์กับการใช้กระบวนการ (Science : A Process Approach) หรือเรียกชื่อย่อว่าโครงการ ซาปา (SAPA) โครงการนี้แล้วเสร็จในปี ค.ศ. 1970 ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) 8 ทักษะ และทักษะขั้นพื้นฐานผสมผสาน (Intergrated Science Process Skills) 5 ทักษะ ดังนี้ (วีระชาติ สวนไพรินทร์ , 2531: 7-15)

#### ทักษะพื้นฐาน (Basic Science Process Skills)

1. ทักษะการสังเกต (Observing)
2. ทักษะการวัด (Measuring)
3. ทักษะการจำแนก (Classifying)
4. ทักษะการใช้ตัวเลข (Using Numbers)
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ (Space/Space Relationships and Space / Time Relationships)
6. ทักษะการสื่อความหมาย (Communicating)
7. ทักษะการทำนาย (Predicting)
8. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)

#### ทักษะขั้นพื้นฐานผสมผสาน (Intergrated Science Process Skills)

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)
10. ทักษะการควบคุมตัวแปร (Controlling Variables)
11. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion)
12. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
13. ทักษะการทดลอง (Experimenting)

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะและตัวบ่งชี้การเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประเภทต่าง ๆ นั้น สามารถสังเกตได้ดังนี้ (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551: ออนไลน์)

ตาราง 6 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ และตัวบ่งชี้การเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
<b>1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน</b>		
1. การสังเกต	การสังเกต หมายถึง การใช้ข้อวัวยะรับ สัมผัสต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และ กายสัมผัส โดยการมองเห็น ได้ยิน ตม กลิ่น รับรส สัมผัสวัตถุหรือเหตุการณ์ ต่าง ๆ เพื่อเก็บข้อมูลรายละเอียดของสิ่ง นั้น ๆ โดยไม่ใส่เอาความรู้สึกนึกคิด หรือ ประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจำแนก ลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยกะประมาณ) และ ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ต่าง ๆ ของสิ่งที่ศึกษา	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ชี้งและบรรยายลักษณะเชิงคุณภาพโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน</li> <li>- บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุ โดยการกะประมาณได้</li> <li>- บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้</li> </ul>
2. การวัด	การวัด หมายถึง การเลือกและใช้ เครื่องมือ วัดเพื่อหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลข ที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด</li> <li>- บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้</li> <li>- บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง</li> <li>- วัดปริมาณต่าง ๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>- ระบุหน่วยจากการวัดได้</li> </ul>

## ตาราง 6 (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
3. การจำแนกประเภท	การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวก หรือเรียงลำดับวัตถุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่างๆ โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากสมบัติของสิ่งที่ศึกษานั้นเป็นเกณฑ์ ซึ่งอาจเป็นความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำลังศึกษา	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้</li> <li>- เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้</li> <li>- บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้</li> </ul>
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	<p>สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปสของวัตถุมีลักษณะเป็นสามมิติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความสูง</p> <p>ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุ ได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติและรูปทรง 3 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุอีกชนิดหนึ่ง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ การแสดงทิศทางหรือตำแหน่งของวัตถุในเวลาต่าง ๆ กัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ชี้บ่งรูป 2 มิติและวัตถุ 3 มิติที่กำหนดได้</li> <li>- วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้</li> <li>- บอกชื่อของรูปและรูปทรงเรขาคณิตได้</li> <li>- บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้ ได้แก่ <ul style="list-style-type: none"> <li>1) ระบुरुูปทรง 3 มิติที่เห็นจากการหมุนรูป 2 มิติ</li> <li>2) เมื่อเห็นเงารูป 2 มิติ ของวัตถุแล้ว สามารถบอกรูปทรง 3 มิติของวัตถุดังนั้นกำเนิดของเงาได้</li> <li>3) เมื่อเห็นวัตถุรูปทรง 3 มิติ สามารถบอกเงา 2 มิติ ที่จะเกิดขึ้นได้</li> </ul> </li> </ul>

## ตาราง 6 (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (ต่อ)		4) บอกรูปของรอยตัด 2 มิติที่เกิดจากตัดวัตถุทรง 3 มิติ ออกเป็น 2 ส่วนได้ <ul style="list-style-type: none"> <li>- บอกทิศทางที่สัมพันธ์ระหว่างวัตถุหนึ่งกับวัตถุอื่นได้</li> <li>- บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้</li> <li>- บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้</li> <li>- บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุใดๆ ได้</li> <li>- บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่างๆ กับเวลาได้</li> </ul>
5. การใช้ตัวเลขหรือการคำนวณ	การใช้ตัวเลข หมายถึง การนับจำนวนของ วัตถุหรือเหตุการณ์และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยใช้การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือวิธีการคำนวณอื่นๆ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สามารถนับจำนวนสิ่งของหรือเหตุการณ์ได้อย่างถูกต้องและใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้</li> <li>- บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง และแสดงวิธีคำนวณได้</li> </ul>

## ตาราง 6 (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มา จัดกระทำใหม่เช่น การหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือ คำนวณหาค่าใหม่ ที่สามารถแสดงให้ผู้อื่น เข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น โดยอาจแสดงในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ แผนผัง วงจร กราฟ สมการ การเขียน และการบรรยาย	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เลือกรูปแบบการนำเสนอได้เหมาะสม</li> <li>- บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบนำเสนอข้อมูลได้</li> <li>- ออกแบบการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกได้</li> <li>- เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น</li> <li>- บรรยายลักษณะของสิ่งใดๆ ด้วยข้อความที่เหมาะสมกระชับรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้</li> <li>- บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้</li> </ul>
7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงการเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมหรือ ประสบการณ์เดิมช่วยในการแสดงความคิดเห็นนั้นๆ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิม</li> </ul>

## ตาราง 6 (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
8. การทำ นายหรือการ พยากรณ์	การทำนายหรือการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปผลลัพธ์หรือคำตอบล่วงหน้าก่อน ทดลอง โดยอาศัยหลักฐานจากข้อมูล ข้อเท็จจริงหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กัน หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้ว การพยากรณ์ข้อมูลเชิงปริมาณสามารถ ทำ ได้ 2 แบบ คือ การ พยากรณ์ภายใน ขอบเขตของ ข้อมูลที่ศึกษา และการ พยากรณ์ภายนอกของข้อมูลที่ศึกษา	- การพยากรณ์ทั่วไป: ทำนายผลที่ จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็น หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ - การพยากรณ์จากข้อมูลเชิง ปริมาณ: 1) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้น ภายในขอบเขตของข้อมูลเชิง ปริมาณที่มีอยู่ได้ 2) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้น ภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิง ปริมาณที่มีอยู่ได้
<b>2. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน</b>		
9. การตั้ง สมมติฐาน	การตั้งสมมติฐาน หมายถึงการคิดหา คำตอบ ล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดย อาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์ เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบ ที่คิดล่วงหน้า เป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า ส่วนใหญ่เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิด ซึ่งจะ ทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อ สนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้	- หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการ ทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิม



## ตาราง 6 (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง ) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้	- กำหนดความหมายและขอบเขตของคำศัพท์หรือตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตและวัดได้
11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	การกำหนดตัวแปร หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรเกิน (extraneous variable) ที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ สิ่งที่เป็นเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนแปลงไปตัวแปรตามจะเปลี่ยนแปลงตามด้วย ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกจากตัวแปรต้นที่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน จึงจะทำให้ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนของการทดลองได้	- ชีบ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม (control variable) ได้
12. การทดลอง	การทดลอง หมายถึง การทำปฏิบัติการด้วยวิธีใด ๆ เพื่อหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทักษะนี้ประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ 1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการ ทดลอง ซึ่งต้องมีการกำหนดและควบคุมตัวแปร และเลือกใช้ อุปกรณ์หรือสารเคมีต่าง ๆ ที่จะใช้ในการ	- กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ - วางแผนการทดลอง โดยระบุขั้นตอน อุปกรณ์เครื่องมือ และสารเคมีที่ต้องใช้ได้ - ปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ได้จนสำเร็จ - บันทึกผลการทดลองที่ได้ถูกต้องและเที่ยงตรง

## ตาราง 6 (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
12. การทดลอง (ต่อ)	ทดลองได้อย่างเหมาะสม 2) การปฏิบัติกาทดลอง หมายถึง การลงมือทำปฏิบัติการทดลองจริง 3) การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง ใ้จดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลการสังเกต ส้ารวจ วัด หรือวิธีอื่นๆ	
13. การตีความหมายข้อมูลและสรุปลงข้อสรุป	การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองได้	- แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ - สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและเปรียบเทียบกับข้อมูลของผู้อื่นได้

## 8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

## งานวิจัยในประเทศ

ศศิธร รัตนบุตร (2551: 63) ได้ศึกษาผลของการจัดประสบการณ์ตามแนวคิดรูปแบบกิจกรรมสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียนที่มีต่อทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่าระดับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัยโดยรวมและจำแนกรายทักษะสูงขึ้นและแตกต่าง กว่าก่อนการจัดประสบการณ์ตามแนวคิดรูปแบบกิจกรรมสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น

รัชฎา ศิลมัน (2552: 134-137) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา ๖๙ (คลองหลวง) จังหวัดปทุมธานี ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวม ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยทั้ง 3 องค์ประกอบคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ และแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้ง

สุวิทย์ คงภักดี (2553: 157) ได้ศึกษาผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้นวัตกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ (EMS-Model) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัญชลี เหล่ารอด (2553: 72) ได้ศึกษาผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คำถามควบคู่กับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของ นักเรียนด้วยแบบทดสอบวัด ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานแบบเลือกตอบและแบบข้อเขียนนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับดีมากและนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

## 9. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

### 9.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) หมายถึง รัก ชอบใจ และพึงใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. 2546: 775)

พัชรวิพรรณ คุณชื่น (2552: 90) ได้กล่าวไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบ ดีใจพอใจ มีความรู้สึกดีและมีความสุขที่ได้ปฏิบัติกิจกรรมนั้นเป็นความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งต่างๆ ในทางบวก และเป็นความรู้สึกสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเวลาหรือสถานการณ์เปลี่ยนไป

ณัฐิกา วงษาวดี (2551: 28) ได้กล่าวไว้ว่า ความพึงพอใจหมายถึง สิ่งที่ทำให้บุคคลเกิดความ ชอบ รู้สึกสนใจและสบายใจ เมื่อได้ผลรับสิ่งที่ดีทำให้ตนรู้สึกดี หรือได้รับความสำเร็จตามความมุ่งหมาย

กิติมา ปรีดีติลล (2529: 321) ได้กล่าวไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกพอใจในงานที่ทำเมื่องานนั้นให้ประโยชน์ตอบแทนทั้งทางด้านวัตถุและทางด้านจิตใจ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานของเขาได้ และยังได้กล่าวถึงแนวคิดที่เกี่ยวกับพื้นฐานความต้องการของมนุษย์ตามทฤษฎีของมาสโลว์ว่าหากความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ได้รับการตอบสนองก็จะทำให้เขาเกิดความพึงพอใจ

อัครเดช จำนงค์ธรรม (2549: 31) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบ พอใจ และประทับใจจากการได้รับการตอบสนองตามความต้องการและมีความสุขเมื่อได้รับผลสำเร็จ ซึ่งจะแสดงออกมาทางพฤติกรรม โดยสังเกตได้จากสายตา คำพูด และการแสดงออกทางพฤติกรรม

มงคล จิตรโสภิต (2553: 58) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง การแสดงออกของนักเรียนถึงความรู้สึกชอบมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย หรือน้อยที่สุด

จินตวีร์ โยสีดา (2555: 41) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกชอบใจพอใจหรือประทับใจต่อสิ่งต่างๆที่ได้รับและสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ซึ่งจะสังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกมา

## 9.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกที่บุคคลมีต่อสิ่งที่ได้รับประสบการณ์ และแสดงออกหรือมีพฤติกรรมตอบสนองในลักษณะแตกต่างกันไป ความพึงพอใจต่อสิ่งต่างๆนั้นจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงจูงใจกับผู้นับปฏิบัติงาน จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้งานหรือสิ่งที่ทำนั้นประสบความสำเร็จ การศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจเป็นการศึกษาตามทฤษฎีทางพฤติกรรมศาสตร์ที่ เกี่ยวข้องกับความต้องการของมนุษย์ ดังนี้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2540: 139-144) กล่าวถึงทฤษฎีการจูงใจดังนี้

1. ทฤษฎีแรงจูงใจ ERG ของ แอลเดอร์เฟอร์ (Alderfer) กล่าวว่าความต้องการของมนุษย์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1 ความต้องการเพื่อการดำรงชีวิต เป็นความต้องการทางร่างกายและปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต

1.2 ความต้องการด้านความสัมพันธ์ เป็นความต้องการที่จะมีความสัมพันธ์กับผู้อื่นเช่น สมาชิกในครอบครัว เพื่อนฝูง เพื่อนร่วมงาน และคนที่ต้องการจะมีความสัมพันธ์ด้วย

1.3 ความต้องการความเจริญก้าวหน้า เป็นความต้องการที่จะพัฒนาตนเองตามศักยภาพสูงสุด

2. ทฤษฎีการจูงใจของแมคคลีแลนด์ (McClelland) เชื่อว่าความต้องการจากการเรียนรู้จากการมีประสบการณ์และการมีอิทธิพลต่อการรับรู้สถานการณ์และแรงจูงใจไปสู่เป้าหมาย โดยแบ่งความต้องการออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 ความต้องการสัมฤทธิ์ผลเป็นพฤติกรรมที่จะทำการใดๆให้เป็นผลสำเร็จเป็นแรงขับที่นำไปสู่ความเป็นเลิศ

2.2 ความต้องการสัมพันธ์เป็นความปรารถนาที่จะสร้างมิตรภาพกลมกลืนสัมพันธ์อันดีกับผู้อื่น

2.3 ความต้องการอำนาจเป็นความต้องการควบคุมผู้มีอิทธิพลต่อผู้อื่นต้องการควบคุมผู้อื่น

ศุภสิริ โสมาเกตู (2544: 53) ได้กล่าวว่าการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญที่กระตุ้นให้นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายหรือที่ต้องการปฏิบัติให้บรรลุผล

ตามจุดประสงค์ ครูผู้สอนจึงต้องคำนึงถึงความพอใจในการเรียนรู้ของนักเรียน การทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้หรือปฏิบัติตาม มีแนวคิดพื้นฐานที่ต่างกัน ดังนี้

1. ความพึงพอใจ นำไปสู่การปฏิบัติงาน การตอบสนองความต้องการของผู้ปฏิบัติงานจึงเกิดความพึงพอใจ จะทำให้เกิดแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการตอบสนอง

2. ผลการปฏิบัติงาน นำไปสู่ความพึงพอใจ ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและผลการปฏิบัติงานจะถูกเชื่อมโยงด้วยปัจจัยอื่น ๆ ผลการปฏิบัติงานที่ดีจะนำไปสู่ผลตอบแทนที่เหมาะสม ซึ่งในที่สุดจะนำไปสู่การตอบสนองความพึงพอใจ ผลการปฏิบัติงานย่อมได้รับการตอบสนองในรูปของรางวัล หรือผลตอบแทนซึ่งแบ่งออกเป็น ผลตอบแทนภายใน และผลตอบแทนภายนอก

แนวคิดพื้นฐานดังกล่าวนำมาปรับใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน ครูผู้สอนจึงต้องมีบทบาทสำคัญในการจัดกิจกรรม วิธีการ สื่ออุปกรณ์ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ เพื่อตอบสนองความพึงพอใจให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้จนบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งโดยให้นักเรียนได้รับผลตอบแทนจากการเรียนรู้ในแต่ละครั้งโดยเฉพาะผลตอบแทนภายใน หรือรางวัลภายในที่เป็นความรู้สึกของนักเรียน เช่น ความรู้สึกสำเร็จของตนเมื่อสามารถเอาชนะความยุ่งยากต่างๆ ได้ทำให้เกิดความภาคภูมิใจ ความมั่นใจ โดยครูผู้สอนอาจให้ผลตอบแทนภายนอก เช่น คำชมเชย หรือการให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในระดับที่น่าพึงพอใจ

ความพึงพอใจในการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กันในทางบวก คือ เกิดความพึงพอใจจะเกิดผลดีต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ดีหรือที่น่าพอใจทำให้เกิดความพึงพอใจ กิจกรรมที่จัดจึงคำนึงถึงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดแรงจูงใจ จนเกิดเป็นความพึงพอใจในการเรียนรู้

### 9.3 การวัดความพึงพอใจ

ความพึงพอใจนั้นจัดว่าเป็นนามธรรมที่มีความซับซ้อนสามารถทำการวัดได้ทางอ้อมโดยอาศัยการวัดความคิดเห็นแทน ซึ่งการแสดงความคิดเห็นต้องตรงกับความรู้สึกจริงๆ จึงสามารถวัดความพึงพอใจได้ ไม่เช่นนั้นจะเกิดความคลาดเคลื่อน

กูดัน ชมพลมา (2548: 25) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจสามารถที่จะวัดได้โดยการแสดงความคิดเห็น ความรู้สึก เจตคติของบุคคลที่มีต่อตนเองเพื่อนร่วมงานและองค์กรผ่านลงยังเครื่องมือที่ใช้วัด

ประจักษ์ โพธิ์วัด (2548: 23) ได้กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจเป็นการแบ่งแบบลักษณะข้อความที่ถามได้แก่ แบบสำรวจปรนัย และแบบสำรวจเชิงพรรณนาและการแบ่งแบบตามคุณลักษณะของงานได้แก่แบบวัดความพึงพอใจในงานโดยทั่วไปและแบบวัดความพึงพอใจเฉพาะเกี่ยวกับงาน

## 9.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

### งานวิจัยในประเทศ

มงคล จิตรโสภิต (2553: 97) ได้ศึกษาการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง “การแจกแจงปกติ” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง “การแจกแจงปกติ” อยู่ในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วรรณภา พิมพ์พันธุ์ (2553: 141) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเรื่อง พื้นฐานทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มัลติมีเดียที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเรื่อง พื้นฐานทางเรขาคณิต สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ณัฐภา วงษาดี (2551: 68) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้และความพึงพอใจ วิชาทัศนศิลป์ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่สร้างมโนทัศน์ก่อนการเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่สร้างมโนทัศน์ก่อนการเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด

พัชรวิวรรณ คุณชื่น (2552: 121) ได้ศึกษาการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนเรื่อง ค่าของเงินและการใช้จ่าย และความพึงพอใจต่อการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาาระดับเล็กน้อยจากการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย พบว่า ความพึงพอใจต่อการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6) ที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาาระดับเล็กน้อย หลังการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียอยู่ในระดับมาก

### งานวิจัยต่างประเทศ

ทราน (Tran, 2001: abstract) ได้ศึกษาการเรียนรู้เกี่ยวกับตารางการคูณสำหรับเด็กที่มีปัญหาการคิด ซึ่งเป็นการแสดงความจำ และความเข้าใจของเด็ก ผู้วิจัยจึงนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาเชื่อมโยงการแก้ปัญหาในการคิดเรื่องดังกล่าวในการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหา กับคอมพิวเตอร์นั้นผู้วิจัยให้นักเรียนได้ค้นพบด้วยตนเอง ใช้วิธีการทดสอบในโรงเรียนระหว่างพื้นฐานจากการทดสอบพบว่ามี การแสดงการปรับปรุงสถิติในเรื่องการคูณ และผลประเมินการสำรวจการนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาช่วยในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีประโยชน์และนักเรียนมีความสนุกสนานมีความพึงพอใจในการเรียนรู้มาก

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาการทดลองเสมือนที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การกำหนดแบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2556 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษา เอกชน (สช.) กรุงเทพมหานคร จำนวน 8 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 320 คน

##### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2556 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษา เอกชน (สช.) กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ที่มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

##### เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ประกอบไปด้วยการทดลอง 5 การทดลองดังนี้

- การทดลองที่ 1 การกรอง
- การทดลองที่ 2 การระเหยแห้ง
- การทดลองที่ 3 การตกผลึก
- การทดลองที่ 4 การกลั่นด้วยไอน้ำ
- การทดลองที่ 5 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

### ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ในรายวิชา วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 คาบเรียนต่อ 1 การทดลอง รวม 5 การทดลองใช้เวลาทั้งสิ้น 10 คาบเรียน

### การกำหนดแบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งดำเนินการทดลอง โดยใช้แบบแผนการวิจัย แบบ One-Group Pretest-Posttest Design (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2550: 380)

ตาราง 7 แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design

สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบของการทดลองเพื่อสื่อความหมาย คือ

- X แทน การเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร
- T<sub>1</sub> แทน การสอบก่อนที่จะทำการทดลอง (Pretest)
- T<sub>2</sub> แทน การสอบหลังจากที่ทำการทดลอง (Posttest)

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการพัฒนากการทดลองเสมือนที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร
2. แบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. แบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร



## การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

### การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร

การออกแบบและพัฒนา การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Adobe Flash Professional CS6 ในการสร้างการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนในการออกแบบ การสร้างและการพัฒนา ดังนี้

#### 1. การออกแบบการทดลองเสมือน

การออกแบบการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร สารที่ 3 : สารและสมบัติของสาร เรื่องการแยกสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม ดังนี้

1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้าง การทดลองเสมือน จากเอกสาร หนังสือ วารสารและสื่ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและกิจกรรมของการเรียน

1.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้รายละเอียดเพื่อกำหนดจำนวนกรอบในการใช้ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1.2.1 คำแนะนำการเรียน

1.2.2 ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1.2.3 การทดลอง ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 การทดลองด้วยกันคือ

การทดลองที่ 1 การกรอง

การทดลองที่ 2 การระเหยแห้ง

การทดลองที่ 3 การตกผลึก

การทดลองที่ 4 การกลั่นด้วยไอน้ำ

การทดลองที่ 5 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

#### 2. ขั้นตอนการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

หลังจากวิเคราะห์สาระและการทดลองแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการ พัฒนาการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาสาระการเรียนรู้กำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและกิจกรรมการเรียนการสอน

2.2 พัฒนาหน้าหลักของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

2.3 พัฒนาการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Adobe Flash Professional CS6 ในการพัฒนา

2.4 ตรวจสอบความถูกต้อง ลำดับการนำเสนอ ของ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ใช้โปรแกรม Adobe Flash Professional CS6 ในการสร้างให้เรียบร้อย

2.5 เมื่อสร้างการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร เสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้นำบทเรียนไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา การแยกสาร จำนวน 2 ท่านและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 1 ท่าน ประเมินคุณภาพของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยการใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามรูปแบบของลิเคิร์ต (Likert) (ชูศรี วงศ์รัตนะ . 2550: 68-70) โดยกำหนดแต่ละช่วงคะแนนมีความหมายดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมิน ดีมาก

คะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมิน ดี

คะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมิน ปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมิน พอใช้

คะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมิน ควรปรับปรุง

ผู้วิจัยนำคะแนนการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ มาคำนวณ หาค่าคะแนนเฉลี่ย โดยแบ่งความหมายของค่าคะแนนเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง ผลการประเมิน ดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง ผลการประเมิน ดี

คะแนนเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง ผลการประเมิน ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง ผลการประเมิน พอใช้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง ผลการประเมิน ควรปรับปรุง

ผู้วิจัยนำคะแนนการประเมินคุณภาพ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน แสดงในตาราง 8 และตาราง 9

ตาราง 8 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารที่พัฒนาขึ้น

การประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	
	$\bar{X}$	ระดับคุณภาพ
1. ความถูกต้องและชัดเจนของเนื้อหาการแยกสาร	4.00	ดี
2. ความสมบูรณ์ของเนื้อหาการแยกสาร	4.00	ดี
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาการแยกสาร	4.67	ดีมาก
4. การเรียงลำดับการนำเสนอเนื้อหาการแยกสาร	4.67	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของเนื้อหาการแยกสารกับระดับของนักเรียน	4.67	ดีมาก
6. การใช้ภาษาในเนื้อหาการแยกสารถูกต้องเหมาะสม	4.33	ดี
7. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ศึกษากับเนื้อหาการแยกสาร	5.00	ดีมาก

ตาราง 8 (ต่อ)

การประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	
	$\bar{X}$	ระดับคุณภาพ
8. ความเหมาะสมของภาพนิ่งกับเนื้อหาการแยกสาร	4.33	ดี
9. ความเหมาะสมของภาพเคลื่อนไหวกับเนื้อหาการแยกสาร	4.67	ดีมาก
10. การดำเนินเรื่องมีความน่าสนใจ	4.33	ดี
11. ความสอดคล้องของแบบฝึกหัดกับเนื้อหาการแยกสาร	4.00	ดี
12. ความยากง่ายของแบบฝึกหัดกับเนื้อหาการแยกสาร	4.00	ดี
เฉลี่ยรวม	4.39	ดี

ตาราง 9 ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญ ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้น

การประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	
	$\bar{X}$	ระดับคุณภาพ
<b>ภาพ เสียง และการใช้ภาษา</b>		
1. ภาพประกอบที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความชัดเจน	4.67	ดีมาก
2. ภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.67	ดีมาก
3. การทดลองเสมือนมีการใช้ภาพและเสียงประกอบในการกระตุ้นความสนใจที่เหมาะสม	4.67	ดีมาก
4. ภาษาที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความถูกต้อง เข้าใจง่าย	4.33	ดี
5. เสียงดนตรีที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	3.67	ดี
6. เสียงบรรยายที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสมและชัดเจน	4.67	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.45	ดี
<b>ตัวอักษร และการเลือกใช้สี</b>		
1. แบบอักษรที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.33	ดี
2. ขนาดตัวอักษรที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.67	ดีมาก
3. สีตัวอักษรที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.33	ดี
4. ตัวอักษรบนพื้นหลังในการทดลองเสมือนมีความชัดเจน	4.67	ดีมาก
5. สีพื้นหลังที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.67	ดีมาก

## ตาราง 9 (ต่อ)

การประเมิน	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	
	$\bar{X}$	ระดับคุณภาพ
<b>ตัวอักษร และการเลือกใช้สี (ต่อ)</b>		
6. การปรากฏตัวอักษรในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.67	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.56	ดีมาก
<b>วิธีโสตทัศนการทดลอง</b>		
1. วิธีโสตทัศนการทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.67	ดีมาก
2. วิธีโสตทัศนการทดลองมีภาพและเสียงที่ชัดเจน	4.33	ดี
3. วิธีโสตทัศนการทดลองแสดงกระบวนการทดลองที่ถูกต้อง สมตามหลักการ	4.67	ดีมาก
4. วิธีโสตทัศนการทดลองสอดคล้องกับการทดลองเสมือน	4.67	ดีมาก
5. รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรของวิธีโสตทัศนการ ทดลองที่ใช้มีความเหมาะสม	4.67	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.60	ดีมาก
<b>ความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้</b>		
1. การเข้าสู่เนื้อหาของการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.67	ดีมาก
2. การกลับไปเมนูหลักของการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.00	ดี
3. การออกจากโปรแกรมของการทดลองเสมือนมีความ เหมาะสม	4.33	ดี
4. ตำแหน่งปุ่มของการทดลองเสมือนมีการออกแบบเหมาะสม	4.33	ดี
5. การโต้ตอบและการรายงานคะแนนแบบทดสอบของการ ทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4.33	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.33	ดี
เฉลี่ยรวม	4.48	ดี

จากตาราง 8 และตาราง 9 จะเห็นได้ว่าการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความเหมาะสมด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมีค่าเฉลี่ยที่ 4.39 และมีคุณภาพด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา อยู่ในระดับดีมีค่าเฉลี่ยที่ 4.48 แสดงว่าการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารมีความเหมาะสมทั้งด้านคุณภาพและด้านเนื้อหาที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญพบว่าการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร มีข้อบกพร่องบางส่วนให้แก้ไข ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงข้อบกพร่องของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสารตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อบกพร่อง	การแก้ไข
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 1 ในการทดลองการระเหยแห้งพิมพ์ผิด	1. แก้ไขพิมพ์ส่วนที่ผิดใหม่
2. การเว้นวรรคบางข้อความไม่เหมาะสม	2. แก้ไขการเว้นวรรคให้เหมาะสมในแต่ละจุด
3. ขันขยายความรู้ของการทดลองการระเหยแห้งพิมพ์ โซเดียมคาร์บอเนตผิด	3. แก้ไขการพิมพ์ โซเดียมคาร์บอเนตให้ถูกต้อง
4. ปัจจุบันไม่ใช่คำว่า “ตัวถูกละลาย” แต่ใช้เป็น “ตัวละลาย”	4. ปรับคำว่า “ตัวถูกละลาย” เป็น “ตัวละลาย”
5. การทดลองโครมาโทกราฟีเวลาเขียนสมการคำนวณหาค่า $R_f$ เครื่องหมายเท่ากับ(=)ต้องอยู่กลางเส้นเศษส่วน	5. ปรับแก้สมการคำนวณหาค่า $R_f$ ให้เครื่องหมายเท่ากับ(=)ต้องอยู่กลางเส้นเศษส่วน

เมื่อปรับปรุงแก้ไข การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วจึงนำมาหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

2.6 ทดลองใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของการใช้ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยให้นักเรียนเรียนพร้อมกันใช้คอมพิวเตอร์ 1 คนต่อ 1 เครื่อง โดยผู้วิจัยซักถามปัญหาและสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนเพื่อนำข้อเสนอแนะ และข้อมูลต่างๆ มาดำเนินการ ปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1

จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร พบว่าเมื่อเริ่มการทดลองนักเรียนไม่แน่ใจและสับสนกับการใช้งาน การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร แต่เมื่อผ่านการเรียนไป 1 การทดลองนักเรียนจะใช้งานการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารได้คล่องมากขึ้น และนักเรียนที่มีทักษะการเรียนรู้ต่ำจะใช้เวลาในการเรียนรู้มากกว่านักเรียนคนอื่น

2.7 ทดลองใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของการใช้ และหาแนวโน้ม ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

โดยให้นักเรียนเรียนพร้อมกันใช้คอมพิวเตอร์ 1 คนต่อ 1 เครื่อง โดยผู้วิจัยซักถามปัญหาและสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนเพื่อนำข้อเสนอแนะและข้อมูลต่างๆ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2

เมื่อนักเรียนทดลองใช้ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร แล้วนำผลการใช้มาวิเคราะห์หาแนวโน้มของประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 72.40/70.67 ได้ผลดังตาราง 11 ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงแก้ไข การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อีกครั้งก่อนนำมาใช้จริงโดยการปรับรูปแบบการนำเสนอและตำแหน่งของปุ่มต่างๆ ในแต่ละการทดลองให้เหมาะสมและใช้งานง่ายขึ้น

ตาราง 11 ผลการหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D	ร้อยละ
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 1	5	3.60	0.52	72.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 2	5	3.70	0.82	74.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 3	5	3.50	0.71	70.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 4	5	3.70	0.48	74.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 5	5	3.60	0.70	72.00
รวมระหว่างเรียน	25	18.10	1.79	72.40 ( $E_1$ )
หลังเรียน	30	21.2	1.75	70.67 ( $E_2$ )

2.8 ทดลองใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ตามเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 80/80 โดย

ค่า  $E_1$  หมายถึง ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ยทั้งหมดที่นักเรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสารในแต่ละการทดลอง ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

ค่า  $E_2$  หมายถึง ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ยทั้งหมดที่นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องการแยกสาร ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

จากการนำการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ได้ผลดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	จำนวนนักเรียน	$\bar{X}$	S.D	ร้อยละ
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 1	5	30	4.17	0.70	83.40
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 2	5	30	4.13	0.57	82.60
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 3	5	30	4.10	0.71	82.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 4	5	30	4.00	0.79	80.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 5	5	30	4.13	0.63	82.60
รวมระหว่างเรียน	25	30	20.53	2.54	82.12 ( $E_1$ )
หลังเรียน	30	30	24.27	2.63	80.89 ( $E_2$ )

จากตาราง 12 จะเห็นได้ว่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบระหว่างเรียน ( $E_1$ ) และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ( $E_2$ ) มีค่า 82.12 และ 80.89 ตามลำดับ มีค่าไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ได้กำหนดไว้ แสดงว่า การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารมีประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

### 2.9 นำการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

#### แบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร

แบบทดสอบ ระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร ของแต่ละการทดลอง เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ ต่อหนึ่งการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่องการแยกสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. สร้างแบบทดสอบ ระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร จำนวน 10 ข้อ ต่อหนึ่งการทดลอง ให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องการทดลองแยกสาร ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. นำแบบทดสอบ ระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ได้ไปให้ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ รวมจำนวน 3 ท่านตรวจสอบในเรื่องความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พิจารณาลงความเห็นและให้คะแนนดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสอดคล้อง

0 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่แน่ใจ

- 1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่สอดคล้อง

แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มาปรับปรุงแก้ไข (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ . 2539: 246-249) โดยข้อสอบที่ทำการคัดเลือกมาใช้แต่ละข้อนั้นจะมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไปและปรับปรุงการใช้คำถามและตัวเลือกบางข้อให้เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

4. นำแบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่มูลุ่ตัวอย่างจำนวน 110 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนโดยให้ 1 คะแนนสำหรับข้อที่นักเรียนตอบถูก และข้อละ 0 คะแนนสำหรับข้อที่นักเรียนตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ข้อ

5. นำผลการใช้แบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ได้มาวิเคราะห์เป็นรายข้อ ด้วยเทคนิค 27% (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2539: 185-186) เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) โดยแบบทดสอบจะต้องมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.2 – 0.8 แสดงว่าข้อสอบมีคุณภาพควรคัดเลือกไว้ใช้และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยแบบทดสอบจะต้องมีค่าอำนาจจำแนก  $> 0.2$  ขึ้นไป แสดงว่าข้อสอบมีคุณภาพควรคัดเลือกไว้ใช้ (สมนึก ภัททิยธนี . 2546: 200) ข้อสอบที่ผู้วิจัยทำการคัดเลือกไว้ใช้จะมีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.62 – 0.78 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.27 ขึ้นไป ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบจากเรื่องการกรอง 5 ข้อ การระเหยแห้ง 5 ข้อ การตกผลึก 5 ข้อ การกลั่นด้วยไอน้ำ 5 ข้อ โครมาโทกราฟี 5 ข้อ รวมทั้งสิ้น 25 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

6. นำแบบทดสอบ ระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ได้ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson (บุญเรียง ขจรศิลป์ . 2539: 165) ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วมีค่าเท่ากับ 0.77

7. นำแบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่องการแยกสาร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร แบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือกจำนวน 60 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสารตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ได้ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบในเรื่องความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พิจารณาลงความเห็นและให้คะแนนดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสอดคล้อง

0 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่แน่ใจ

- 1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่สอดคล้อง

แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มาปรับปรุงแก้ไข (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ . 2539: 246-249) โดยข้อสอบที่ทำการคัดเลือกมาใช้แต่ละข้อนั้นจะมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไปและปรับปรุงการใช้คำถามและตัวเลือกบางข้อให้เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 110 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนโดยให้ 1 คะแนนสำหรับข้อที่นักเรียน ตอบถูก และข้อละ 0 คะแนนสำหรับข้อที่นักเรียน ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 ข้อ

5. นำผลการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ได้มาวิเคราะห์เป็นรายข้อ ด้วยเทคนิค 27% (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ . 2539: 185-186) เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) โดยแบบทดสอบจะต้องมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.2 – 0.8 แสดงว่าข้อสอบมีคุณภาพควรคัดเลือกไว้ใช้ และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยแบบทดสอบจะต้องมี ค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไป แสดงว่าข้อสอบมีคุณภาพควรคัดเลือกไว้ใช้ (สมนึก ภัททิยธนี . 2546: 200) ข้อสอบที่ผู้วิจัยทำการคัดเลือกไว้ใช้จะมีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.58 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.33 ขึ้นไป ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบจากเรื่องการกรอง 6 ข้อ การระเหยแห้ง 6 ข้อ การตกผลึก 6 ข้อ การกลั่นด้วยไอน้ำ 6 ข้อ โครมาโทกราฟี 6 ข้อ รวมทั้งสิ้น 30 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

6. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ได้ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson (บุญเรียง ขจรศิลป์ . 2539: 165) ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วมีค่าเท่ากับ 0.84

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

### แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการทดลองแยกสาร เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เป็นสถานการณ์จำลองของแต่ละการทดลอง จำนวน 5 สถานการณ์ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เมื่อศึกษาแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขและสร้างเพิ่มเติม
3. สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ
4. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง ของเนื้อหา พิจารณาถึงความเห็นและให้คะแนนดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสอดคล้อง

0 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่แน่ใจ

- 1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่สอดคล้อง

แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) โดยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการทดลองแยกสารครั้งนี้ต้องได้ค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไปจึงถือว่าใช้ได้ (ชูศรี วงศ์รัตนะ . 2553: 73) โดยข้อสอบที่ทำการคัดเลือกมาใช้แต่ละข้อนั้นจะมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไปและปรับปรุงการใช้คำถามและตัวเลือกบางข้อให้เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

5. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสารที่ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

6. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสารที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทดลองใช้กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 110 แล้วนำมาตรวจให้คะแนนโดยให้ 1 คะแนนสำหรับข้อที่นักเรียนตอบถูก และข้อละ 0 คะแนนสำหรับข้อที่นักเรียนตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 ข้อ เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร

7. วิเคราะห์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร รายข้อ ด้วยเทคนิค 27% (ล้วน สายยศ ; และอังคณา สายยศ . 2539: 185-186) เพื่อหาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยคัดเลือกแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร ที่มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกที่ 0.20 ขึ้นไป (สมนึก ภัททิยธนี . 2546: 200) ข้อสอบที่ผู้วิจัยทำการคัดเลือกไว้ใช้จะมีค่าความยากง่าย (p)

ระหว่าง 0.53 – 0.77 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.43 ขึ้นไป ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบ สถานการณ์ที่สอดคล้องกับเรื่องการกรอง 3 ข้อ การระเหยแห้ง 3 ข้อ การตกผลึก 3 ข้อ การกลั่น ด้วยไอน้ำ 3 ข้อ โครมาโทกราฟี 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

8. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร ไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีของ คูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) โดยใช้สูตร KR – 20 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 197-198) ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วมีค่าเท่ากับ 0.81

9. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสารที่ปรับปรุง สมบูรณ์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### แบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

แบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ได้ดำเนินการสร้างและปรับปรุงตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร เพื่อนำมากำหนดขอบเขตและเนื้อหาของแบบทดสอบ

2. สร้างแบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยการใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ 1 2 3 4 5 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด พึงพอใจน้อย พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจมาก พึงพอใจมากที่สุด ตามลำดับ ตามรูปแบบของลิเคิร์ต(Likert) (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 68-70)โดยแบ่งความหมายของค่าคะแนนเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

3. นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา พิจารณาลงความเห็นและให้คะแนนดังนี้

+1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าสอดคล้อง

0 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่แน่ใจ

- 1 หมายถึง เมื่อผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าไม่สอดคล้อง

แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) โดยแบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ครั้งนี้ต้องได้ค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไปจึงถือว่าใช้ได้ (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 73) โดยข้อคำถามที่ทำการคัดเลือกมาใช้แต่ละข้อ

นั้นจะมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไปและปรับปรุงการใช้คำถามและตัวเลือกบางข้อให้เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

4. นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

5. นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 110 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's alpha coefficient) (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553: 76) ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วมีค่าเท่ากับ 0.75

6. นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ได้รับการปรับปรุงสมบูรณ์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแผนโดยใช้โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร เป็นสถานที่ในการทดลองใช้เครื่องมือ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียนรวม 40 คน โดยดำเนินการดังนี้

1. เตรียมห้องเรียนและ器材ทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร โดยใช้ห้องคอมพิวเตอร์ของโรงเรียนเป็นห้องทดลอง

2. อธิบายให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างรับทราบถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองและการวิจัยในครั้งนี้ แล้วอธิบายการใช้การทดลองเสมือนเรื่องการทดลองแยกสาร

3. นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเรื่องการแยกสาร

4. เริ่มทำการทดลองโดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยการใช้การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นภายในห้องคอมพิวเตอร์และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต้องทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเรื่องการแยกสารด้วยทุกครั้งหลังจบแต่ละการทดลอง

5. หลังจากทำการทดลองเสร็จแล้วให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน เรื่องการแยกสาร

6. นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร

7. นำผลที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปวิเคราะห์ผล

ตาราง 13 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยการใช้การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร

Inquiry Cycle	การสอนด้วยการทดลองเสมือน
E1 สร้างความสนใจ (Engagement)	นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน การสร้างความสนใจให้นักเรียนด้วยการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร
E2 สำรวจและค้นหา (Exploration)	การสำรวจและค้นหา โดยนักเรียนใช้การทดลองเสมือนเรื่อง การแยกสารศึกษาวิธีการทดลองหลังจากนั้นทำการทดลองจริง
E3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	การอธิบายและลงข้อสรุป โดยนักเรียนศึกษาจากการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร
E4 ขยายความรู้ (Elaboration)	การขยายความรู้ โดยนักเรียนศึกษาจากการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร
E5 ประเมิน (Evaluation)	การประเมินความรู้หลังเรียนด้วย 1. แบบทดสอบระหว่างเรียนทำรายการทดลองของการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร

## การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

#### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) สามารถคำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ.

2538: 73)

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

เมื่อ	$\bar{x}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ค่าความแปรปรวน (Variance) สามารถคำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 77)

$$s^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ	$s^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนน
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	x	แทน	คะแนนแต่ละตัว
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) สามารถคำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 79)

$$s = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	s	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$(\sum x)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	x	แทน	คะแนนแต่ละตัว
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

## 2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องสามารถคำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 208 – 209 )

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบหลังเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร สามารถคำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 209 – 211)

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

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากของแบบทดสอบแต่ละข้อ
	R	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อสอบนั้นทั้งหมด

2.3 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบหลังเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร สามารถคำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 209 – 211)

$$r = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
	$R_U$	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง
	$R_L$	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหลังเรียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร แบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) สามารถคำนวณได้จากสูตร KR – 20 (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 253: 197 – 199)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ	$r_{tt}$	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	$n$	แทน	จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	$p$	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบถูกกับคนทั้งหมด
	$q$	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ทำผิดในข้อหนึ่งๆ คือ $1 - p$
	$s_t^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือฉบับนี้

2.5 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach's alpha Coefficient) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 200 – 202) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ	$\alpha$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	$n$	แทน	จำนวนข้อของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร
	$\sum S_i^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	$S_t^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสารทั้งฉบับ

### 3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 หาประสิทธิภาพการทดลองเสมือน เรื่องการทดลองแยกสาร โดยใช้สูตร  $E_1/E_2$  ซึ่งดัดแปลงมาจากสูตรของเสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต (2528: 294-295)

$$E_1 = \frac{\sum X_1}{n} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum X_2}{n} \times 100$$



เมื่อ	$E_1$	แทน	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดที่นักเรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสารในแต่ละการทดลอง ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
	$E_2$	แทน	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดที่นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องการแยกสาร ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
	$\sum X_1$	แทน	คะแนนรวมจากแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการแยกสาร
	$\sum X_2$	แทน	คะแนนรวมจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องการแยกสาร
	$n$	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	A	แทน	คะแนนเต็มรวมของแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการแยกสาร
	B	แทน	คะแนนเต็มรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องการแยกสาร

3.2 หาค่าสถิติ t-test for dependent samples เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารโดยสามารถคำนวณได้จากสูตร (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2550: 177-181)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}; \quad df = n - 1$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้ในพิจารณา t-test for dependent samples
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างเป็นรายคู่ระหว่างคะแนนหลังเรียนกับคะแนนก่อนเรียน
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างเป็นรายคู่ระหว่างคะแนนหลังเรียนและก่อนเรียน
	$(\sum D)^2$	แทน	กำลังสองของผลรวมของความแตกต่างเป็นรายคู่ระหว่างคะแนนหลังเรียนกับคะแนนก่อนเรียน
	N	แทน	จำนวนคู่ของคะแนนหลังเรียนกับคะแนนก่อนเรียนของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอตามสมมติฐานการวิจัยคือ ประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ได้พัฒนาจนมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โดยศึกษาประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ดังนี้

**สมมติฐานข้อที่ 1 การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80**

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมนั้นพบว่า ในตอนต้นนักเรียนมีอาการงกกับการใช้งาน การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร แต่เมื่อผ่านการเรียนไป 1 การทดลองนักเรียนจะใช้งาน การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารได้คล่องมากขึ้น และนักเรียนที่มีทักษะการเรียนรู้ต่ำจะใช้เวลาในการเรียนรู้ค่อนข้างมากกว่านักเรียนคนอื่น

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน เพื่อหาแนวโน้ม ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ได้ผลดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 ผลการหาแนวโน้มประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	จำนวนนักเรียน	$\bar{X}$	S.D	ร้อยละ
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 1	5	10	3.60	0.52	72.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 2	5	10	3.70	0.82	74.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 3	5	10	3.50	0.71	70.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 4	5	10	3.70	0.48	74.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 5	5	10	3.60	0.70	72.00
รวมระหว่างเรียน	25	10	18.10	1.79	72.40 ( $E_1$ )
หลังเรียน	30	10	21.2	1.75	70.67 ( $E_2$ )

จากตาราง 14 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบระหว่างเรียน มีค่าเท่ากับ 18.10 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 72.40 ( $E_1$ ) และคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 21.20 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 70.67 ( $E_2$ ) ดังนั้นแนวโน้มของประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 72.40/70.67 ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงแก้ไข การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อีกครั้งก่อนนำมาใช้จริงโดยการปรับรูปแบบการนำเสนอและตำแหน่งของปุ่มต่างๆ ในแต่ละการทดลองให้เหมาะสมและใช้งานง่ายขึ้น

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหา ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ได้ผลดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 ผลการหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	จำนวนนักเรียน	$\bar{X}$	S.D	ร้อยละ
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 1	5	30	4.17	0.70	83.40
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 2	5	30	4.13	0.57	82.60
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 3	5	30	4.10	0.71	82.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 4	5	30	4.00	0.79	80.00
ระหว่างเรียนหน่วยที่ 5	5	30	4.13	0.63	82.60
รวมระหว่างเรียน	25	30	20.53	2.54	82.12 ( $E_1$ )
หลังเรียน	30	30	24.27	2.63	80.89 ( $E_2$ )

จากตาราง 15 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบระหว่างเรียน มีค่าเท่ากับ 20.53 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 82.12 ( $E_1$ ) และคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 24.27 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 80.89 ( $E_2$ ) ดังนั้นประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $82.12 / 80.89$  มีค่าไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่กำหนดไว้ว่า การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80

**สมมติฐานข้อที่ 2** นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร ก่อนเรียนและหลังเรียน มาเปรียบเทียบกันด้วยสถิติ t-test dependent samples ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังตาราง 16

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร ก่อนเรียนและหลังเรียน ที่เรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	จำนวนนักเรียน	$\bar{X}$	S.D	t	p
ก่อนเรียน	30	40	13.80	2.83	-18.211*	.000
หลังเรียน	30	40	24.10	1.52		

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 16 สรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองมี คะแนนเฉลี่ยผล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ที่กำหนดไว้ว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยก สาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่ เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้นำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบกันด้วยสถิติ t-test dependent samples ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังตาราง 17

ตาราง 17 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก่อนเรียน และหลังเรียน ที่เรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	จำนวนนักเรียน	$\bar{X}$	S.D	t	p
ก่อนเรียน	15	40	7.00	1.68	-20.745*	.000
หลังเรียน	15	40	12.23	1.41		

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 17 สรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองมีคะแนนเฉลี่ย จากการทำแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ที่กำหนดไว้ว่า นักเรียนที่ เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนที่ เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก

ผู้วิจัยได้นำผลการวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มาวิเคราะห์ ปรากฏผลดังตาราง 18

ตาราง 18 ผลคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ของนักเรียน  
กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน

การประเมิน	$\bar{X}$	S.D	ความหมาย
1. การทดลองเสมือนช่วยเตรียมความพร้อมให้นักเรียนก่อนทำการทดลองจริง	4.23	0.57	พึงพอใจมาก
2. การทดลองเสมือนช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหา ทฤษฎีเกี่ยวกับการทดลองได้ด้วยตนเอง	4.27	0.74	พึงพอใจมาก
3. การทดลองเสมือนสามารถย้อนกลับไปศึกษาในหัวข้อที่ไม่เข้าใจได้ตลอดตามความต้องการของนักเรียน	4.63	0.49	พึงพอใจมากที่สุด
4. การทดลองเสมือนให้ความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้	4.07	0.74	พึงพอใจมาก
5. การทดลองเสมือนมีภาพเคลื่อนไหวช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแยกสารด้วยวิธีต่าง ๆ มากขึ้น	4.67	0.48	พึงพอใจมากที่สุด
6. การทดลองเสมือนกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น	4.60	0.50	พึงพอใจมากที่สุด
7. การทดลองเสมือนช่วยให้นักเรียนสนุกสนานเพราะสามารถเลือกศึกษาและทบทวนความรู้ได้ด้วยตนเองตามความต้องการ	4.63	0.56	พึงพอใจมากที่สุด
8. การทดลองเสมือนช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ด้วยการคิดอย่างเป็นระบบและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน	3.93	0.79	พึงพอใจมาก
9. การทดลองเสมือนใช้งานง่าย	4.43	0.50	พึงพอใจมาก
10. การทดลองเสมือนมีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.23	0.43	พึงพอใจมาก
11. การทดลองเสมือนสามารถช่วยเชื่อมโยงเนื้อหาและทฤษฎีเข้ากับการทดลองได้	4.13	0.78	พึงพอใจมาก
12. การทดลองเสมือนไม่ซับซ้อนสะดวกต่อการเรียนรู้ของนักเรียน	3.83	0.59	พึงพอใจมาก
13. การทดลองเสมือนมีภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียงที่ช่วยทำให้เกิดความน่าสนใจในการเรียนรู้	4.57	0.50	พึงพอใจมาก
14. การทดลองเสมือนช่วยให้เกิดความสนุกสนานในการเรียน	4.27	0.79	พึงพอใจมาก
15. การทดลองเสมือนสามารถนำมาปรับให้เข้ากับพฤติกรรม การเรียนรู้ของนักเรียนได้	3.87	0.66	พึงพอใจมาก
เฉลี่ยรวม	4.29	0.61	พึงพอใจมาก

จากตาราง 18 สรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีความพึงพอใจ ด้านการทดลองเสมือนมีภาพเคลื่อนไหวช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแยกสารด้วยวิธีต่างๆ มากขึ้น ด้านการทดลองเสมือนสามารถย้อนกลับไปศึกษาในหัวข้อที่ไม่เข้าใจได้ตลอดตามความต้องการของนักเรียน ด้านการทดลองเสมือนช่วยให้นักเรียนสนุกสนานเพราะสามารถเลือกศึกษาและทบทวนความรู้ได้ด้วยตนเองตามความต้องการ ด้านการทดลองเสมือนกระตุ้นให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุดและมีคะแนนเฉลี่ยรวมความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร เท่ากับ 4.29 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจ มาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4 ที่กำหนดไว้ว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนการสอนด้วย การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแยกสาร ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญและผลการวิจัยได้ดังนี้

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ประกอบด้วย
  - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร
  - 2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
  - 2.3 ความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

#### สมมติฐานการวิจัย

1. การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80
2. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการ ทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก



## วิธีดำเนินการวิจัย

### ขอบเขตของการวิจัย

#### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย สังกัด สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (สช.) กรุงเทพมหานคร จำนวน 8 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 320 คน

#### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย สังกัด สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (สช.) กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ที่มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

#### ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสาร
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
3. ความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร
2. แบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่องการแยกสาร
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. แบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัย 2 ขั้นตอนด้วยกันและมีการดำเนินการดังนี้

1. สร้างและพัฒนากการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80

1.1 ศึกษาวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ รายละเอียดเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างการทดลองเสมือน

1.2 ออกแบบและสร้างการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร จากนั้น นำการทดลองเสมือนที่สร้างเสร็จแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร

1.3 นำการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร ที่ผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของการใช้ การทดลองเสมือน เพื่อนำข้อเสนอแนะและข้อมูลต่างๆ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1

1.4 นำการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร ที่ผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มาทดลองใช้กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน 30 คน เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องและหาแนวโน้มน ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร เพื่อนำข้อเสนอแนะและข้อมูลต่างๆ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2

1.5 ทดลองใช้การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ตามเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 80/80

2. นำการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารที่มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80 มาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กรุงเทพมหานครเป็นสถานที่ในการทดลองใช้เครื่องมือ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน โดยดำเนินการดังนี้ดำเนินการดังนี้

2.1 เตรียมห้องเรียนและทำการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารโดยใช้ห้องคอมพิวเตอร์ของโรงเรียนเป็นห้องทดลอง

2.2 อธิบายให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างรับทราบถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองและการวิจัยในครั้งนี้ แล้วอธิบายการใช้การทดลองเสมือนเรื่องการทดลองแยกสาร

2.3 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเรื่องการแยกสาร

2.4 เริ่มทำการทดลองโดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยการใช้การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นภายในห้องคอมพิวเตอร์และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต้องทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเรื่องการแยกสารด้วยทุกครั้งหลังจบแต่ละการทดลอง

2.5 หลังจากทำการทดลองเสร็จแล้ว ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน เรื่องการแยกสาร

2.6 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร

2.7 นำผลที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความพึงพอใจไปวิเคราะห์ผล

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยการใช้อยู่ละ ของคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทำได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนกับคะแนนที่นักเรียนทำได้ จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องการแยกสาร แล้วเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหาค่า  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80
2. วิเคราะห์คะแนนที่นักเรียนทำได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการแยกสาร โดยใช้สถิติ t-test dependent samples
3. วิเคราะห์คะแนนที่นักเรียนทำได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยใช้สถิติ t-test dependent samples
4. วิเคราะห์คะแนนที่นักเรียนทำ แบบวัดความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือนเรื่องการแยก สาร โดยใช้สถิติพื้นฐานคือค่าเฉลี่ย

### สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มี ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 82.12/80.89 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ ที่กำหนด 80/80 ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐานการวิจัย
2. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสารหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐานการวิจัย
3. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไป ตามสมมติฐานการวิจัย
4. นักเรียนที่ เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการ ทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

## การอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาประสิทธิผลทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการทดลองเสมือน เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการแยกสารและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

**สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80**

จากการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 82.12/80.89 มีค่าไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1) การทดลองเสมือนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา โดยผลการประเมินปรากฏว่าความชัดเจนของภาพประกอบ ความเหมาะสมของภาพเคลื่อนไหว การใช้ภาพและเสียงกระตุ้นความสนใจ ความเหมาะสมของเสียงบรรยาย ขนาดตัวอักษร สีพื้นหลัง ค วามเหมาะสมของวีดิทัศน์สารัตถะกระบวนการทดลองมีผลการประเมินอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ส่งผลให้การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารที่พัฒนาขึ้นได้มีการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ การทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นจึงมีความสมบูรณ์ เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน และมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

2) การทดลองเสมือนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีการดำเนินการวิจัยและพัฒนาตามหลัก R & D cycle ของบอร์ก และกอลล์ (Borg and Gall, 1989: 782) ที่ประกอบไปด้วยการ ศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูล วางแผนการวิจัยและการพัฒนา การนำไปทดลองใช้ การปรับปรุงแก้ไข และการนำไปใช้ทดลองจริง สำหรับขั้นตอนการพัฒนาผู้วิจัยได้ทำการเขียน storyboard เพื่อวางแผนภาพจำลองสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นในการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ที่ต้องการพัฒนาขึ้น ซึ่งได้มีจำลองลักษณะของตัวอักษร ภาพนิ่ง เสียง ภาพเคลื่อนไหว การเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์ และวีดิทัศน์ ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัยของผู้เรียน อีกทั้งผู้วิจัยได้มีการศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างห้องเรียนเสมือนกับห้องเรียนปกติ (ธวัชชัย อติเทพสถิต, 2546: 65) และข้อดี ข้อจำกัดของห้องเรียนเสมือน (กิดานันท์ มลิทอง, 2548: 122) เพื่อให้การพัฒนาการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร มีความสมบูรณ์และเกิดประโยชน์ทางการนำไปใช้งานมากที่สุด

3) การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้นำมาทดลองใช้กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของการใช้ การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร โดยให้นักเรียนเรียนพร้อมกันใช้คอมพิวเตอร์ 1 คนต่อ 1 เครื่อง จำนวน 3 คน โดยผู้วิจัยซักถามปัญหาและสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนเพื่อนำข้อเสนอแนะและข้อมูลต่าง ๆ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1 จากนั้นนำการทดลองเสมือนเรื่อง การแยกสารมาทดลองใช้กับ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คนเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของการใช้และหาแนวโน้ม ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารซึ่งมีค่าเท่ากับ 72.40/70.67 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารอีกครั้งก่อนนำมาใช้จริง โดยการปรับรูปแบบการนำเสนอและตำแหน่งของปุ่มต่างๆ ในแต่ละการทดลองให้เหมาะสมและใช้งานง่ายขึ้น และนำการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารมาทดลอง ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารซึ่งมีค่าเท่ากับ 82.13/80.89 มีค่าไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ได้กำหนดไว้

ผลการวิจัยพบว่า การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 82.13/80.89 ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของนักวิจัยท่านอื่นอีกหลายท่านได้แก่ นำโชค จิตรแจ่ม (2550: บทคัดย่อ) วิชุดา วงศ์เนียม (2553: 57-58) จุฑาภรณ์ ชาตินฤมาณ (2553: 59-60) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการทดลองเสมือนให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ได้กำหนดไว้

**สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05**

จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1) การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารที่พัฒนาขึ้นได้มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละการทดลองไว้อย่างชัดเจน ในแต่ละการทดลองมีการเรียงลำดับการนำเสนอเนื้อหาที่มีความเหมาะสมมากอีกทั้งเนื้อหาที่นำเสนอในการทดลองเสมือนนั้น มีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียนที่ไม่ยากและไม่ง่ายจนเกินไปในการเรียนรู้ซึ่งการทดลองเสมือนแต่ละการทดลองนั้นใช้เวลา

ในการศึกษาและเรียนรู้ไม่มากจนเกินไป การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารแต่ละการทดลองยังมีภาพเคลื่อนไหวแสดงการเปลี่ยนแปลงในทุกการทดลองที่ช่วยกระตุ้นความสนใจใฝ่รู้ของนักเรียน และในขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารของนักเรียนนั้น ถ้านักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือยังไม่เข้าใจในเนื้อหาของแต่ละการทดลองนักเรียนสามารถย้อนกลับมาศึกษาทบทวนใหม่ได้หลายๆ ครั้งตามที่นักเรียนต้องการหรือนักเรียนสนใจการทดลองใดการทดลองหนึ่งก็สามารถที่จะเลือกศึกษาการทดลองนั้นได้ก่อน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

(กระทรวงศึกษาธิการ, 2556: 16)

2) การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสารที่พัฒนาขึ้นเกิดจากการผสมผสานสื่อในหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นข้อความ เสียง รูปภาพ วิดีทัศน์ กราฟิก การที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์เหล่านี้สามารถรวมสื่อหลายๆแบบไว้ได้ในโปรแกรมเดียวที่จะช่วยในการลดภาระการหาโปรแกรมหลายหลายอย่าง อีกทั้งเป็นการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน (พรพีไล เลิศวิชา, 2544: 21) เป็นวิธีการสอนรูปแบบหนึ่งที่น่าคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนการสอนเพื่อช่วยส่งเสริมและขยายขีดความสามารถในการเรียนรู้หรือรับรู้ของตัวผู้เรียนและขยายขีดความสามารถในสื่อสารและการสอนของครูสู่ผู้เรียน (ทีศนา แซมมณี, 2552: 151) อีกทั้งเป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนต่อบทเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนวิทยาศาสตร์

จากเหตุผลดังกล่าวเป็นการสนับสนุนว่าสมมติฐานที่ว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของนักวิจัยท่านอื่นอีกหลายท่าน ได้แก่ สุรศักดิ์ มณีขำ (2550: 101-102) สุรพล บุญลือ (2550: 85-86) เมอร์เรย์ (Murray. 2004: abstract) ไรเมอร์และโมเยอร์ (Reimer; & Moyer. 2005: ออนไลน์) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

**สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05**

จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

การทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสารที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย การทดลอง 5 การทดลอง ได้แก่ การกรอง การระเหยแห้ง การตกผลึก การกลั่นด้วยไอน้ำ โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เมื่อ นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนแล้วนักเรียนจะได้ทำการทดลองเสมือนในคอมพิวเตอร์ และยังได้ศึกษาวิดีโอทัศนสาธิตการทดลองจริงทั้ง 5 การทดลอง ซึ่งในส่วนของ การกระตุ้นความสนใจ เป็นการใช้คำถามจากภาพเพื่อนำไปสู่การทดลองในเรื่องต่างๆ เหล่านี้ตามที่ศึกษาเพื่อให้นักเรียน ได้ฝึกคิด ฝึกตั้งคำถามที่สอดคล้องกับการทดลองเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดทักษะการตั้งปัญหา และการกำหนดสมมติฐาน จากนั้นนักเรียนจะได้ศึกษาการทดลองเสมือนที่ต้องเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองให้เหมาะสมในแต่ละการทดลองเพื่อให้การทดลองเสมือนดำเนินต่อไปได้และมีวิดีโอทัศนสาธิตการทดลองแต่ละการทดลองเพื่อให้นักเรียนศึกษาลำดับขั้นตอนการทดลอง วิธีการใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้องและปลอดภัย เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดทักษะการทดลอง ในส่วนของ การอภิปรายผล การทดลอง เป็นการอธิบายหลักการทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองที่กำลังศึกษาอยู่ และแนวทางการสรุปผลการทดลองของแต่ละการทดลองเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดทักษะ การตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป ในการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร นักเรียนจะได้ศึกษาด้วยตนเองตามความสนใจ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญสื่อที่ใช้จึงมีความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการ และการเรียนรู้ที่หลากหลายของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 27)

จากเหตุผลดังกล่าวเป็นการสนับสนุนว่าสมมติฐานที่ว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะ การกำหนดสมมติฐาน ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ยังสอดคล้องกับงานวิจัย ของนักวิจัยท่านอื่นอีกหลายท่าน ได้แก่ รัชฎา ศิลมัน (2552: 134-137) สุวิทย์ คงภักดี (2553: 157) อัญชลี เหล่ารอด (2553: 72) ได้ศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารจึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้สูงขึ้น นักเรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และเป็นการเรียนรู้ในสภาพของความเป็นจริงที่ช่วยให้นักเรียนได้เกิดทักษะในการค้นคว้าและค้นหาคำตอบเพื่อแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยมีวิธีการและกระบวนการที่ถูกต้อง ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดจากนามธรรมเป็นรูปธรรมและทำให้นักเรียนเรียนได้ดีขึ้นในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

**สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4 นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก**

จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ทั้งนี้เนื่องมาจาก

การทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร เป็นสื่อเสริมการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถทำความเข้าใจและย้อนกลับมาศึกษาในหัวข้อเดิมที่นักเรียนยังไม่เข้าใจได้ตลอดเวลาอีกทั้งยังสามารถเลือกการทดลองที่จะศึกษาได้ตามความต้องการของนักเรียน โดยการทดลองเสมือนแต่ละการทดลองจะมีภาพเคลื่อนไหวให้นักเรียนสามารถทำการทดลองเสมือนในคอมพิวเตอร์เพื่อเสริมความเข้าใจในกระบวนการและขั้นตอนการทดลองในแต่ละการทดลอง มีผลทำให้นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น สนใจอยากเรียนรู้ที่จะทำความเข้าใจกับบทเรียน นักเรียนไม่เกิดความเบื่อหน่ายเนื้อหาเรื่องการแยกสาร ส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารในระดับพึงพอใจมาก โดยการทดลองเสมือน เป็นสื่อเสริมการเรียนรู้ ที่ทันสมัย และมีความ น่าสนใจเป็นสิ่งแปลกใหม่ของ สื่อการเรียนรู้ ที่สามารถให้นักเรียนได้เรียนรู้จาก ทั้งภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่งและเสียง มีตัวการ์ตูนที่เหมาะสมกับวัยของนักเรียน ดูสบายตา ตัวการ์ตูนมีลายเส้นที่ไม่ซับซ้อน และตัวการ์ตูนยังช่วย กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร ความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญใน การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายหรือที่ต้องการปฏิบัติ ให้บรรลุผลตามจุดประสงค์ ครูผู้สอนจึงต้องคำนึงถึงความพอใจในการเรียนรู้ของนักเรียน (ศุภสิริ โสมาเกตู, 2544: 53)

จากเหตุผลดังกล่าวเป็นการสนับสนุนว่าสมมติฐานที่ว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร มีความพึงพอใจต่อการทดลองเสมือน เรื่องการแยกสาร อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของนักวิจัยท่านอื่นอีกหลายท่านได้แก่ มงคล จิตรโสภิต (2553: 102-103) นิติมา รุจิเรชาสุวรรณ (2554: 81-82) ณิชฎิกา วงษาวดี (2551: 68) พัชรีวรรณ คุณชื่น (2552: 121) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจ



## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การจัดการเรียนการสอนด้วยการทดลองเสมือน มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อมของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้ในการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีความพร้อม เนื่องจากการทดลองเสมือน นั้นมีความต้องการความสามารถในการประมวลผลของโปรแกรมพอสมควร และเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องควรมีหุ้ฟ้งประจำเครื่องไม่เช่นนั้นขณะที่นักเรียนศึกษาการทดลองเสมือนจะเกิดเสียงรบกวนกันจนทำให้เป็นปัญหาและอุปสรรคในการเรียน

2. ครูผู้สอนควรศึกษาวิธีการใช้การทดลองเสมือนอย่างละเอียดและมีทักษะในการแก้ไขปัญหาคอมพิวเตอร์เบื้องต้นที่อาจเกิดขึ้นได้ขณะนักเรียนใช้การทดลองเสมือน

3. ครูผู้สอนควรมีการอบรมการใช้การทดลองเสมือนให้กับนักเรียนทุกคนก่อนการจัดการเรียนด้วยการทดลองเสมือนในชั้นเรียนจริง เพื่อประหยัดเวลาในการเรียนและลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นขณะที่นักเรียนศึกษาการทดลองเสมือนด้วยตนเอง

4. การทดลองเสมือนเป็นสื่อเสริมสำหรับครูผู้สอนใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนควบคู่กับการสอนแบบปกติ และเพื่อให้เกิดประสิทธิผลทางการเรียนการสอนสูงสุดครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยแทรกการทดลองเสมือนลงในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เกิดความชัดเจนในการใช้การทดลองเสมือนเป็นสื่อเสริม

### ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาการทดลองเสมือนในหัวข้ออื่นให้เกิดความหลากหลายให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทำการทดลองจากการทดลองเสมือน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียนหรือทำการทดลองจริง

2. ควรมีการเพิ่มเติมเรื่องความปลอดภัยในการทำการทดลอง วิธีการใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้อง และการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าหากเกิดอุบัติเหตุขึ้นขณะทำการทดลอง

3. ควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลทางการเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยการเรียนแบบปกติ

4. ควรพัฒนาการทดลองเสมือนให้สามารถใช้งานได้กับแท็บเล็ต หรือแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ



## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- (2556). แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่สิบเอ็ด พ.ศ. 2555 – 2559. สืบค้นเมื่อ 30 มกราคม 255, จาก [www.plan.ru.ac.th/strategy/data/education\\_evelopment\\_55-59.pdf](http://www.plan.ru.ac.th/strategy/data/education_evelopment_55-59.pdf)
- กิดานันท์ มลิทอง. (2539). อธิบายศัพท์ คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต มัลติมีเดีย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2543). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2548). ไอซีทีเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- กิติมา ปรีดีดีลก. (2529). ทฤษฎีการบริหารองค์การ. กรุงเทพฯ: ธนะการพิมพ์.
- กุดั่น ชมพลมา. (2548). ความพึงพอใจในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาของคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐานโรงเรียนเทศบาล กลุ่มการศึกษาท้องถิ่นที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(การบริหารการศึกษา). ลพบุรี : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี. ถ่ายเอกสาร. มหาวิทยาลัยนเรศวร. คณะศึกษาศาสตร์. (2555). *Information Network for Education*. สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2555, จาก <http://www.edu.nu.ac.th/wbi/355522/6.html>
- ครรชิต มาลัยวงศ์. (2540). ไอทีเพื่อการศึกษาไทย, เอกสารประกอบการสัมมนา"สู่ทศวรรษใหม่แห่งสังคมสารสนเทศ:ไอทีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม" 27 กุมภาพันธ์-2 มีนาคม 2540. กรุงเทพฯ
- จรีรัตน์ เมฆจันทร์สม. (2546). การสร้างสื่อการเรียนการสอนทางไกลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบห้องเรียนเสมือนจริง สำหรับนักศึกษาที่เรียนวิชา โทรทัศน์และวีดิทัศน์เพื่อการศึกษา สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ถ่ายเอกสาร.
- จรูญรัตน์ พันธุ์คงอดิศักดิ์. (2546). การพัฒนาเว็บเพจเพื่อการศึกษาเรื่อง ทฤษฎีอะตอมและคุณสมบัติของสาร. กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- จิตรกร ปันทรราช. (2545). การพัฒนาห้องเรียนเสมือนวิชาการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2555, จาก <http://search.lib.CMU.ac.th/search/a>
- จินตนา กลิ่นนัท. (2555). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผ่านห้องเรียนเสมือนจริงเพื่อเสริมสร้างการจัดการความรู้. วิทยานิพนธ์ กศ.ด (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จินตวีร์ โยสีดา. (2554). การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เรื่องไปโอดีเซลสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จุฑาภรณ์ ชาตินฤมาณ. (2553). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แบบการทดลองเสมือน 2 มิติวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการมองเห็นสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. สืบค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2555, จาก <http://tdc.thailis.or.th>
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2555). คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ 1. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2556, จาก [http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course\\_info/2302275/chapter9.pdf](http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302275/chapter9.pdf)
- เจริญสุข คงชาติ. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูน. สารนิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชนัญชิตา อมรรนิตย์. (2546). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยวัฒน์ ไชยพจน์พานิช; และ ปัทมา จันทวิมล. (2546). ระบบการเรียนการสอนผ่านเครือข่าย Vclass, เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ การดำเนินกิจกรรมบนเครือข่ายสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา ครั้งที่ 10. สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2555, จาก <http://www.ait.ac.th>
- ชัยวัฒน์ เชื้อมั่ง; และวัลลภ คงนะ. (2552). การพัฒนาสื่อการสอนห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนใช้ในระบบ E-Learning. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจ อินเทอร์เน็ต โปรแกรสซิฟ.

- (2553). เทคนิคการเขียนเค้าโครงวิจัย แนวทางสู่ความสำเร็จ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจ อินเทอร์เน็ต โปรเกรสซีฟ.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). เทคโนโลยีการศึกษา: ทฤษฎีและการวิจัย. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ชารีนา พลสา. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณัฐกร สงคราม. (2553). การออกแบบและพัฒนามัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐกา วงษาดี. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องค่าของเงินและการใช้จ่าย และความพึงพอใจต่อการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาในระดับเล็กน้อยจากการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณัฐรีนีย์ อภิวงค์งาม. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2541). คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ: วงกลมโปรดักชัน.
- ทักษิณา สวานานนท์. (2535). พจนานุกรมศัพท์คอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทัสรีน สมนวนตาต. (2554). กานศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทิพวรรณ เดชสงค์. (2551). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องโครงสร้างอะตอมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทิตนา แคมมณี. (2552). ศาสตร์การสอน. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธวัชชัย อติเทพสถิต. (2546, พฤษภาคม-สิงหาคม). E-Learning กับห้องเรียนเสมือนจริง. วารสารวิทยบริการ. 14(2): 62-66.

- นภาพร เกตทอง. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหากับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นำโชค จิตรแจ่ม. (2550). การพัฒนาบทเรียนห้องปฏิบัติการเสมือนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ปรินูญานิพนธ์ ค.ม. (เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา) นครราชสีมา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. สืบค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2555, จาก <http://tdc.thailis.or.th>
- นิตติมา รุจิเรชาสุวรรณ. (2554). ประสิทธิภาพของการใช้สื่อมัลติมีเดียแบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องสารชีวโมเลกุล ที่พัฒนาขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นิพนธ์ ตั้งคณานุกรักษ์; และคณิตา ตั้งคณานุกรักษ์. (2545). *Goal for Chemistry*. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- นุศรา เอี่ยมนวรรตน์. (2542). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนกับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญเกื้อ คอรรหาเวช. (2543). *นวัตกรรมการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: อาร์เอส พรินต์ติ้ง.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. (2539). *วิธีวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: พี เอ็น การพิมพ์.
- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2535). *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับงานวิจัย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สามเจริญพาณิชย์.
- บุญยี่ง วรรณศิริกุล. (2540). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามปกติ. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุรณะ สมชัย. (2538). *การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เม็ดทรายพรินต์ติ้ง.
- ประจักษ์ โพธิ์วัด. (2548). *ความพึงพอใจของครู นักเรียน และผู้ปกครองนักเรียนต่อการบริหารโรงเรียนตะคร้อวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์เขต 3*. วิทยานิพนธ์. ลพบุรี : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี. ถ่ายเอกสาร.
- ประถมพร โคตา. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนคติ. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ประเสริฐ ศรีโพโรจน์. (2539). *เทคนิคทางเคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ประกายพริก.
- ปิยะมาศ อจหาญ. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เป็รื่อง กุฎ. (2539). *เทคนิคการเขียนบทเรียนโปรแกรม*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พจนา ทรัพย์สมาน. (2549). *การจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนแสวงหาและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรเทพ เมืองแมน. (2544). *การออกแบบและพัฒนาCAI Multimedia ด้วย Authorware* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- พรพีไล เลิศวิชา. (2544). *มัลติมีเดียเทคโนโลยีกับโรงเรียนในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- พัชรวิวรรณ คุณชื่น. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องค่าของเงินและการใช้จ่าย และความพึงพอใจต่อการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาระดับเล็กน้อยจากการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การศึกษาพิเศษ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- ไพศาล หวังพานิช. (2523). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภาวิตา ธาราศรีสุทธิ. (2555). *การจัดและการบริหารงานวิชาการ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- มงคล จิตรโสภิต. (2553). *การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง“การแจกแจงปกติ” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. สารนิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2545). *การออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์ สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มนตรี แยมกสิกร. (2542). *เอกสารประกอบการประชุม นวัตกรรมการศึกษาสำหรับสหัสวรรษหน้า : ห้องเรียนเสมือน*. กรุงเทพฯ
- มนตรี ดวงจิโน. (2544, พฤษภาคม-สิงหาคม). *การสร้างเว็บเพจห้องเรียนเสมือนทางอินเทอร์เน็ต*. วารสารวิทยบริการ. 12(2): 35-45.

- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เอกสารประกอบการอบรมครูฟิสิกส์ปีที่ 3. เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์และ  
วัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สืบค้นเมื่อ 16 มกราคม 2556, จาก  
<http://www.physics.science.cmu.ac.th/teacherworkshop/2552/whatis.htm>
- มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2555). คู่มือปฏิบัติการเคมีทั่วไปและเคมี อินทรีย์. พิษณุโลก: ภาควิชา  
เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2556, จาก  
[http://www.sci.nu.ac.th/chemistry/elearning/256106\\_เทอม 2.55](http://www.sci.nu.ac.th/chemistry/elearning/256106_เทอม 2.55)
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2540). เอกสารการสอนชุดพฤติกรรมกรรมการสื่อสาร. นนทบุรี:  
โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ยีน ภูววรรณ. (2546). ไอซีทีเพื่อการศึกษาไทย. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- รัชฎา ศิลมน์. (2552). การประยุกต์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5e เพื่อพัฒนาสมรรถนะทาง  
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา ๖๙ (คลองหลวง)  
จังหวัดปทุมธานี. กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ:  
นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- ฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. (2547). ห้องเรียนเสมือน ในสารานุกรมศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ: พ.ศ. พัฒนา.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5.  
กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วนิดา ฉัตรวิราคม. (2555). นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ:  
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. จาก  
<http://e-book.ram.edu/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=SE742>
- วรรณณา พิมพ์พันธุ์. (2553). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย ที่เน้นผู้เรียนเป็น  
สำคัญเรื่องพื้นฐานทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. สารนิพนธ์ กศ.ม.  
(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่าย  
เอกสาร.
- วารสารณัฏ ตระกูลสุภชาติ. (2543, เมษายน). การเรียนที่เปลี่ยนแปลงไปกับเว็ลล์ไวด์เว็บ. วารสารครุ  
ศาสตร์ อุตสาหกรรม. 2543(4).
- วิชุดา วงศ์เนียม. (2553). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้วย  
การทดลองเสมือน 2 มิติวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องแรงและความดันสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2.  
ปริญญาานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.  
สืบค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2555.



- วิชิต สุรัตน์เรื่องชัย. (2549, ตุลาคม-2550, มีนาคม). การวิจัยและพัฒนาการศึกษา. วารสาร  
หลักสูตรและการสอน. 1(1): 62-66.
- วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- ศุภสิริ โสมาเกต. (2544). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนและความพึงพอใจในการเรียน  
ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการเรียนรู้อยู่โดยโครงการกับการ  
เรียนรู้ตามคู่มือครู. ปรินญาณิพนธ์ (กศ.ม.) (การประถมศึกษา) มหาสารคาม : บัณฑิต  
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ศรารัตน์ มุลอามาตย์. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจคติทางวิทยาศาสตร์ของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือและการจัดการเรียนรู้  
แบบสืบเสาะหาความรู้. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิต  
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศศิธร ณะบุตร. (2551). ผลของการจัดประสบการณ์ตามแนวคิดรูปแบบกิจกรรมสวนพฤกษ-  
ศาสตร์ โรงเรียนที่มีต่อทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัย. กศ.ม. (การศึกษา  
ประถมวัย). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศันสนีย์ สังสรรค์อนันต์. (2551). การพัฒนาแบบจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเพื่อการเรียนการ  
สอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์.  
ปรินญาณิพนธ์ ศษ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7 กรกฎาคม 2555. <http://tdc.thailis.or.th>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้. สืบค้นเมื่อ 16  
มกราคม 2556, จาก <http://www3.ipst.ac.th/>
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551, กรกฎาคม-ธันวาคม). การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะ  
กระบวนการ. วารสาร ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 8(2): 29 - 32. สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม  
2555, จาก <http://sci.bsru.ac.th/e-magazine8-2.php>
- สมนึก ภัททิยชนี. (2549). การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.  
สำราญ พุทธิสุนทร. (2550). สารและสมบัติของสาร. กรุงเทพฯ: พ.ศ.พัฒนา.
- สุชาดา ยะหัตตะ. (2546, พฤษภาคม-สิงหาคม). การพัฒนาเครือข่ายช่วยการเรียนการสอนเรื่อง  
“วิถีชีวิตไทย” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์.  
18(2): 95-100.
- สุชน เสถียรยานนท์. (2535). เคมี ม.4. กรุงเทพฯ: science center.
- สุมณฑา พรหมบุญ. (2537). การพัฒนาการสอนชีววิทยา ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและ  
อุดมศึกษาปีที่ 1. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สุนน อมรวิวัฒน์. (2533). สมบัติที่พิยของการศึกษาไทย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.

- สุมาลี โชติชุ่ม. (2544). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเชาว์อารมณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยชุดกิจกรรมที่ส่งเสริมเชาว์อารมณ์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรพล บุญลือ. (2550). การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้ห้องเรียนเสมือนจริงแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในระดับอุดมศึกษา. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรศักดิ์ มณีขำ. (2550). ผลการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน สาระที่ 4: ประวัติศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2548). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรียพร หอมวิเศษวงศา; และคนอื่นๆ. (2554). การแก้ปัญหาในการขาดการเตรียมความพร้อมในการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ: สืบค้นเมื่อ 28 มิ.ย. 2555, จาก [http://sci2.hcu.ac.th/download/classresearch/Classroom\\_research\\_\\_org\\_for%20website\\_54.pdf](http://sci2.hcu.ac.th/download/classresearch/Classroom_research__org_for%20website_54.pdf)
- สุวิทย์ คงภักดี. (2553). ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะโดยใช้นวัตกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์(Ems-Model). กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวิทย์ ยิบมันตะสิริ. (2546). การพัฒนาระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.
- เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- หนึ่งนุช กาพภักดี. (2543). การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดระดับสูงและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อัครเดช จำนงค์ธรรม. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจทางการเรียนวิชาเคมีของ

- นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อัญชนา จันทรสุข. (2545). การนำเสนอรูปแบบการจัดการห้องเรียนเสมือนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับนิสิต นักศึกษา ในสถาบันอุดมศึกษา สังกัดทบวงมหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- อัญชลี เหล่ารอด. (2553). ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คำถามควบคู่กับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อารีย์ คงสวัสดิ์. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในการเรียนคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อุทัย ภิรมย์ริน. (2540). สารศรีปทุม"โฉมหน้ามหาวิทยาลัยในศตวรรษที่ 21". กรุงเทพฯ
- อุมาวิชนี้อาจพรหม. (2546). ผลการเรียนรู้จากห้องเรียนเสมือนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เอกวิทย์ โทปุรินทร์. (2546). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบต่อการเรียน ผ่านห้องเรียนเสมือน ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Atkinson, Rita L.; et al. (1993). *Introduction to Psychology*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich.
- Bass, Joel E.; Contant, Terry L.; Carin, Arthur A. (2009). *Teaching Science in Inquiry*. 7th ed. New Jersey: Pearson Education.
- Borg Walter R. and Gall Meridith Damien. (1989). *Educational Research : an Introduction*. 5 th ed. New York : White plains.
- (1996) . *Educational Research : an Introduction*. 6th ed. New York: Longman.
- Cantwell, Larrie Beth. (2004). *A Comparison of Learning: Integration of a Virtual and Traditional Field Trip into an Introductory Environmental Geology Course*. Retrieved March 11, 2012, from [http://www.montana.edu/etd/available/unrestricted/Cantwell\\_1204.pdf](http://www.montana.edu/etd/available/unrestricted/Cantwell_1204.pdf)

- Carin, and Sund. (1980). *Teaching Modern Science*. 3rd ed. Columbus: Charles E Merrill Publishing.
- Chen, Ming-wei. (2003). *Internet Virtual Community - an Implementation of the Instructional Model of the Pbls Based on the Pbl Theory*. Retrieved
- Fullmer-Umari, Marilyn. (2000). *Getting Ready: The Syllabus and Other Online Indispensables*. MA: Allyn and Bacon.
- Garner, Lesley Cochran. (2004). *Field Trips and Their Effect on Student Achievement in and Attitudes toward Science: A Comparison of a Physical Versus a Virtual Field Trip to the Indian River Lagoon (Florida)*. Retrieved March 11, 2012, from <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/3122261>
- Hammer, Victoria A. (2002). *The Influence of Interaction on Active Learning, Learning Outcomes, and Community Bonding in an Online Technology Course*. Retrieved March 13, 2012, from <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/>
- Hiltz, Starr R. (1993). Correlates of Learning in a Virtual Classroom. *International Journal of Man-Machine Studies*. 39: 71-98.
- Hsu, San.; & Pandya, Abhi. (1998). *Yet Another Virtual Classroom over the Internet*. Retrieved March 15, 2012, from <http://fie.engrng.pitt.edu/fie98/papers/1141.pdf>
- Hueners, Deana. (2003). *Computer Technology's Impact on College Composition*. Retrieved March 11, 2012, from <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/1417443>
- Kerstyn, Christine. (2004). *Teachers' Mathematics Preparation and Eighth Grade Student Mathematics Achievement: Can an Integrated Learning System Provide Support When Teachers' Professional Preparation Is Limited?* Retrieved March 12, 2012, from <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/3132443>
- Mayer. G. Rey. (1984). *Modules: From Design to Implementation*. Singapore: The Colombo Plan Staff College for Technician Education.
- Mueller, Carla Lynn Hollman. (2001). *Masters in Nursing Students' Experiences as a Member of a Virtual Classroom on the Internet*. Retrieved March 13, 2012, from <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/3024230>
- Murray, Marshall R. (2004). *An Exploration of the Kinesthetic Learning and Virtual Reality in a Web Environment (Brazil)*. Retrieved March 13, 2012, from <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/3129431>
- Nikos Mattheos, Anders Nattestad, Martin Schitteck, Rolf Attström. (2001, November). A Virtual Classroom for Undergraduate Periodontology: A Pilot Study. *European Journal of Dental Education*. 5(4): 139-147.

- Reimer, Kelly.; & Moyer, Patricia S. (2005). Third-Graders Learn About Fractions Using Virtual Manipulatives: A Classroom Study. *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. 24(1): 5-25. Retrieved March 11, 2012, from [http://vnweb.hwwilsonweb.com/hww/shared/shared\\_main.jhtml;jsessionid=AWJHLIIVK54JZQA3DILCFGADUNGIIV0?\\_requestid=107922](http://vnweb.hwwilsonweb.com/hww/shared/shared_main.jhtml;jsessionid=AWJHLIIVK54JZQA3DILCFGADUNGIIV0?_requestid=107922)
- Remziye; et, al. (2011). The Effects of Inquiry-Based Science Teaching on Elementary School Students' Science Process Skills and Science Attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy(BJSEP)*. 2011(5): 48-68.
- Rens, Lisette Van.; Schee, Joop van der. (2009, December). Teaching Molecular Diffusion Using an Inquiry Approach. *Journal of Chemical Education*. 2009(12): 1437-1441.
- Sandy Britain, and Oleg Liber. (2001). A Framework for Pedagogical Evaluation of Virtual @Learning Environment University of Wales Bangor. *Equation in Structure Domains. Education Technology*. 31(5): 25-33.
- Sanger, Michael J. (2007). The Effects of Inquiry-Based Instruction on Elementary Teaching Majors' Chemistry Content Knowledge. *Journal of Chemical Education*. 2007(6): 1035-1039.
- Sellers, Rachel Geralyn. (2001). *Learning to Teach in a Virtual Environment: A Case Study of the Louisiana Virtual Classroom Teachers*. Retrieved March 13, 2012, from <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/3016578>
- Smith, Patty Templeton. (1994, January). Instructional Method Effect on Student Attitude and Achievement. *Dissertation Abstracts International*. 54(7): 2528-2537.
- Stinson, Samantha Taylor. (2004). *The Effect of a Web-Based Museum Tour on the Social Studies Achievement of Fifth Grade Students*. Retrieved March 11, 2012, from <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/3004087>
- Thomson, Jay. (1996). *The California Virtual University*. Retrieved March 10, 2012, from <http://www.id.ucsb.edu/detche/library/distance/calif/calvu.html>
- Tran, Thi A. (2001, January). Computer Assisted Instruction in the Math Connection. Educational Resources Information Center. *Dissertation Abstracts International* 50 : 4194 - A
- Tretinjak, Christina A. (2004). *Enhancement of Preservice Teachers' Geological Content Knowledge as a Result of Fieldwork*. Thesis, M.S. (Geological Sciences). San Diego: San Diego University. Retrieved March 11, 2012, from <http://www-rohan.sdsu.edu/~eriggs/CurrProj/TretinjakMSThesis.pdf>

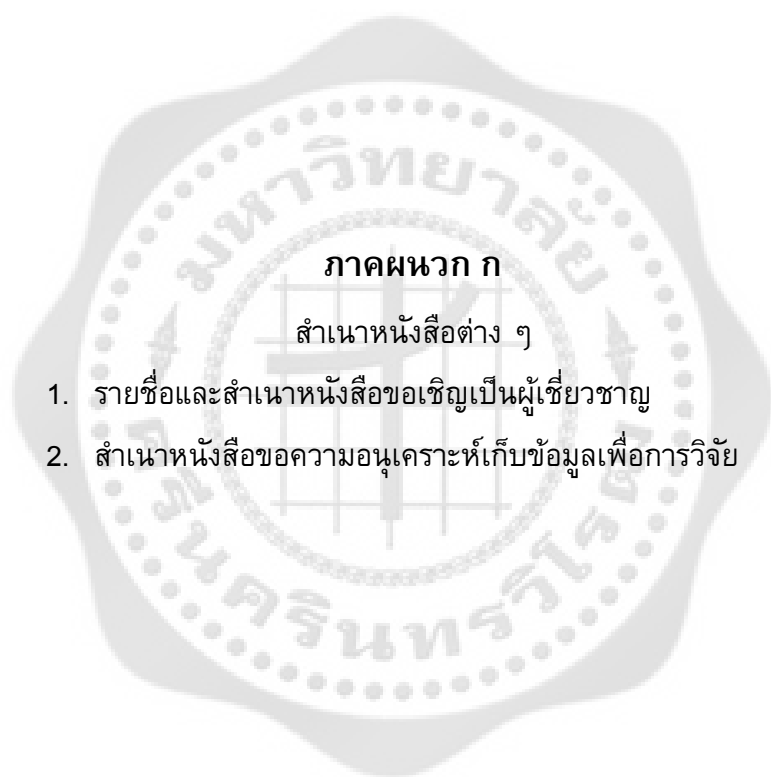
Turoff, M. (1995). *Designing a Virtual Classroom*. Retrieved March 10, 2012, from <http://www.njit.edu/njit/Department/CCCC/VC/Papers/Design.html>

Willian, Jame Milford. (1981). A Comparison Study of Tradition Teaching Procedures on Student on Student Attitude Achievement and Critical Thinking Ability in Eleventh Grade United States History. *Dissertition Abstacts International*. 42: 1605-A.





ภาคผนวก



**ภาคผนวก ก**

สำเนาหนังสือต่าง ๆ

1. รายชื่อและสำเนาหนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ
2. สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย



## รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

### ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา

ผศ.ดร. สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ

อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### ด้านเคมี

อ.ดร. เกரியงศักดิ์ สงศรีโรจน์

อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### ด้านเทคโนโลยีการศึกษา

ผศ.ดร. วิวัฒน์ มีสุวรรณ

อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร





## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 15664

ที่ ศธ 0519.12/๑๕๘๗ วันที่ ๑๔ มิถุนายน 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ

เนื่องด้วย นายนรชัย พิทักษ์พรชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญาานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการทดลองเสมือนที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2” โดยมี อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต และ อาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติ และแบบทดลองระหว่างเรียน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนรชัย พิทักษ์พรชัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 089-157-2343



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 15664

ที่ ศธ 0519.12/2686 วันที่ ๑๔ มิถุนายน 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ สงศรีโรจน์

เนื่องด้วย นายนรชัย พิทักษ์พรชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการทดลองเสมือนที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2” โดยมี อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต และ อาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติ และแบบทดลองระหว่างเรียน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนรชัย พิทักษ์พรชัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 089-157-2343



ที่ ศธ 0519.12/๒๕๘๘

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๔ มิถุนายน 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ มีสุวรรณ

เนื่องด้วย นายนรชัย พิทักษ์พรชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปฏิญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการทดลองเสมือนที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2” โดยมี อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต และ อาจารย์ ดร.จากรุส หนูทอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปฏิญานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติ และแบบทดลองระหว่างเรียน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนรชัย พิทักษ์พรชัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 089-157-2343



ที่ ศธ 0519.12/๖๖ ๘๙

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๖4 มิถุนายน 2556

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

เนื่องด้วย นายนรชัย พิทักษ์พรชัย นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญาโท เรื่อง “การพัฒนาการทดลองเสมือนที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2” โดยมี อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต และ อาจารย์ ดร.จรรวิศ หนูทอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้สถานที่ เพื่อใช้แบบทดสอบ เรื่องการแยกสาร (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติ กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 2 จำนวน 80 คน จำนวน 2 ห้องเรียน ในระหว่างเดือนกรกฎาคม - ตุลาคม 2556

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้ นายนรชัย พิทักษ์พรชัย ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 089-157-2343

## ภาคผนวก ข

### ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร
2. ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร
3. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบระหว่างเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร
4. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร
5. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์
6. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อ การทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			$\bar{X}$	ระดับ คุณภาพ
	1	2	3		
1. ความถูกต้องและชัดเจนของเนื้อหาการแยกสาร	4	4	4	4.00	ดี
2. ความสมบูรณ์ของเนื้อหาการแยกสาร	4	4	4	4.00	ดี
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา การแยกสาร	5	5	4	4.67	ดีมาก
4. การเรียงลำดับการนำเสนอเนื้อหาการแยกสาร	5	5	4	4.67	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของเนื้อหาการแยกสารกับระดับ ของนักเรียน	5	5	4	4.67	ดีมาก
6. การใช้ภาษาในเนื้อหาการแยกสาร ถูกต้องเหมาะสม	4	5	4	4.33	ดี
7. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ศึกษากับเนื้อหา การแยกสาร	5	5	5	5.00	ดีมาก
8. ความเหมาะสมของภาพนิ่งกับเนื้อหาการแยกสาร	4	5	4	4.33	ดี
9. ความเหมาะสมของภาพเคลื่อนไหวกับเนื้อหา การแยกสาร	5	5	4	4.67	ดีมาก
10. การดำเนินเรื่องมีความน่าสนใจ	4	5	4	4.33	ดี
11. ความสอดคล้องของแบบฝึกหัดกับเนื้อหา การแยกสาร	5	4	3	4.00	ดี
12. ความยากง่ายของแบบฝึกหัดกับเนื้อหา การแยกสาร	5	4	3	4.00	ดี
13. ความเหมาะสมด้านเนื้อหาโดยรวมของการทดลอง เสมือนเรื่องการแยกสาร	4	4	4	4.00	ดี
<b>เฉลี่ยรวม</b>				<b>4.36</b>	<b>ดี</b>

ตาราง 20 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของการทดลองเสมือน  
เรื่อง การแยกสาร

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			$\bar{X}$	ระดับ คุณภาพ
	1	2	3		
<b>ภาพ เสียง และการใช้ภาษา</b>					
1. ภาพประกอบที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความชัดเจน	5	5	4	4.67	ดีมาก
2. ภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
3. การทดลองเสมือนมีการใช้ภาพและเสียงประกอบในการกระตุ้นความสนใจที่เหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
4. ภาษาที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความถูกต้องเข้าใจง่าย	4	5	4	4.33	ดี
5. เสียงดนตรีที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4	4	3	3.67	ดี
6. เสียงบรรยายที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสมและชัดเจน	5	5	4	4.67	ดีมาก
<b>ตัวอักษร และการเลือกใช้สี</b>					
1. แบบอักษรที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	ดี
2. ขนาดตัวอักษรที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
3. สีตัวอักษรที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	ดี
4. ตัวอักษรบนพื้นหลังในการทดลองเสมือนมีความชัดเจน	5	5	4	4.67	ดีมาก
5. สีพื้นหลังที่ใช้ในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
6. การปรากฏตัวอักษรในการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	ดีมาก



ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			$\bar{X}$	ระดับ คุณภาพ
	1	2	3		
<b>วิดีโอสาริตการทดลอง</b>					
1. วิดีโอสาริตการทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
2. วิดีโอสาริตการทดลองมีภาพและเสียงที่ชัดเจน	5	5	3	4.33	ดี
3. วิดีโอสาริตการทดลองแสดงกระบวนการทดลอง ที่ถูกต้องสมตามหลักการ	5	5	4	4.67	ดีมาก
4. วิดีโอสาริตการทดลองสอดคล้องกับการทดลอง เสมือน	5	4	5	4.67	ดีมาก
5. รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรของวิดีโอสาริต การทดลองที่ใช้มีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
<b>ความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้</b>					
1. การเข้าสู่เนื้อหาของการทดลองเสมือนมีความ เหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
2. การกลับไปเมนูหลักของการทดลองเสมือนมีความ เหมาะสม	4	5	3	4.00	ดี
3. การออกจากโปรแกรมของการทดลองเสมือนมี ความเหมาะสม	4	5	4	4.33	ดี
4. ตำแหน่งปุ่มของการทดลองเสมือนมีการออกแบบ เหมาะสม	5	5	3	4.33	ดี
5. การโต้ตอบและการรายงานคะแนนแบบทดสอบ ของการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	ดี
<b>คุณภาพโดยรวมของการทดลองเสมือน เรื่องการ แยกสาร</b>					
<b>เฉลี่ยรวม</b>				4.48	ดี

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบระหว่างเรียนวิชาวิทยาศาสตร์  
เรื่อง การแยกสาร

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
1. ข้อใดอธิบายการกรองถูกต้องน้อยที่สุด (ความเข้าใจ )	+1	0	0	1	0.33	ปรับปรุง
ก. แยกสารเนื้อผสมออกจากกัน						
ข. แยกสารบริสุทธิ์ออกจากสารละลาย						
ค. แยกตัวถูกละลายออกจากตัวทำละลาย						
ง. แยกของแข็งที่ไม่ละลายออกจาก ของเหลว						
2. ของผสมใดต่อไป่นี้สามารถแยกสารออก จากกันด้วยการกรอง (การนำไปใช้)	0	+1	0	1	0.33	ปรับปรุง
ก. น้ำส้มสายชูผสมน้ำ						
ข. น้ำตาลอ้อยผสมน้ำ						
ค. น้ำมันเบนซินผสมน้ำ						
ง. น้ำกระเทียมพริกขี้หนู						
3. วิธีการใดแยกเกลือสินเธาว์ออกจากดินได้ เหมาะสมที่สุด (การนำไปใช้)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. ละลายน้ำแล้วกรอง						
ข. ใช้แม่เหล็กดูด						
ค. กลั่นด้วยไอน้ำ						
ง. น้ำตกผลึก						
4. ส่วนผสมของสารใดสามารถแยกออกจาก กันได้ด้วยวิธีการกรอง (การนำไปใช้)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. น้ำกลั่น						
ข. น้ำเกลือ						
ค. น้ำคลอง						
ง. น้ำหวานสีแดง						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
5. สารใดเมื่อเทผ่านกระดาษกรองแล้วจะมีสิ่งตกค้างบนกระดาษกรอง (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. น้ำมัน						
ข. น้ำเกลือ						
ค. น้ำเชื่อม						
<input checked="" type="radio"/> ง. น้ำส้มคั้น						
6. น้ำประเภทใดผ่านการกรองโดยธรรมชาติ (การวิเคราะห์)	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. น้ำฝน						
ข. น้ำค่าง						
ค. น้ำคลอง						
<input checked="" type="radio"/> ง. น้ำบาดาล						
7. วิธีใดเหมาะสมที่สุดสำหรับแยกเกลือตกเหิมออกจากเกลือแกง (การวิเคราะห์)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. ละลายในตัวทำละลายแล้วกลั่น						
ข. เลือกตัวทำละลายแล้วตกผลึก						
<input checked="" type="radio"/> ค. ละลายน้ำแล้วกรอง						
ง. กลั่นลำดับส่วน						
8. ผ้าขาวบางสามารถใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการแยกสารด้วยวิธีใด (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การกลั่น						
<input checked="" type="radio"/> ข. การกรอง						
ค. การระเหิด						
ง. การระเหยแห้ง						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
9. ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับการระเหยแห้งได้ถูกต้อง (ความเข้าใจ)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. กระบวนการแยกสารเนื้อเดียวและมองเห็นเป็นสีเดียว						
ข. กระบวนการแยกตัวทำละลายออกจากสารละลายอิมัตว์						
ค. กระบวนการที่ทำให้ของเหลวกลายเป็นไอแล้วควบแน่นไอน้ำเป็นของเหลว						
ง. กระบวนการเปลี่ยนสถานะตัวทำละลายเพื่อแยกตัวถูกละลายที่เป็นของแข็ง						
10. วิธีที่ประหยัด สะดวกและรวดเร็วที่สุดใน การแยกเกลือออกจากน้ำทะเล คือข้อใด (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การกลั่น						
ข. การกรอง						
ค. การระเหยแห้ง						
ง. การตกผลึก						
11. การแยกส่วนประกอบของสารเนื้อเดียวที่มีส่วนประกอบเป็นของแข็งละลายในของเหลวควรใช้วิธีใด (ความรู้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การกรอง						
ข. การระเหยแห้ง						
ค. การทำให้ตกตะกอน						
ง. วิธีโครมาโทกราฟี						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
12. สารละลายที่สามารถแยกส่วนประกอบด้วยการระเหยได้คือข้อใด (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. เบียร์						
ข. ไวน์						
<input checked="" type="radio"/> ค. น้ำเกลือ						
ง. แอลกอฮอล์เช็ดแผล						
13. นักเรียนคิดว่าวิธีใดใช้แยกของแข็งบริสุทธิ์ที่ละลายอยู่ออกจากสารละลาย (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. กรอง						
<input checked="" type="radio"/> ข. ระเหยแห้ง						
ค. หาจุดเดือด						
ง. หาจุดหลอมเหลว						
14. สารผสมข้อใดใช้วิธีการแยกต่างจากข้ออื่น (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. แยกน้ำมันออกจากผิวมะกรูด						
ข. แยกน้ำมันดีเซลออกจากน้ำมันดิบ						
ค. แยกน้ำหอมจากกลีบดอกกุหลาบ						
<input checked="" type="radio"/> ง. แยกน้ำตาลทรายออกจากน้ำเชื่อม						
15. สารผสมใดที่สามารถแยกส่วนผสมออกจากกันได้ด้วยการระเหยแห้ง (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. แอลกอฮอล์เช็ดแผล						
ข. น้ำเชื่อม						
<input checked="" type="radio"/> ค. น้ำโซดา						
ง. น้ำแอมโมเนีย						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
16. กิจกรรมใดเกี่ยวกับการระเหยแห้งน้อยที่สุด (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การทำเกลือแกงเสริมไอโอดีน						
ข. การทำเกลือสินเธาว์						
ค. การทำขนมเยลลี่						
ง. การตากผ้า						
17. สารใดสามารถเกิดการตกผลึกได้ (ความรู้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารละลายอิ่มตัว						
ข. สารละลายเข้มข้น						
ค. สารละลายเจือจาง						
ง. สารละลายที่อุณหภูมิสูง						
18. ข้อใดเป็นวิธีการทำให้เกิดการตกผลึกของสารละลาย (ความเข้าใจ)	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. ละลายสารน้อยๆ						
ข. คนสารละลายบ่อยๆ						
ค. เพิ่มตัวทำละลาย						
ง. ลดอุณหภูมิสารละลายลง						
19. เมื่อเติมเกลือแกงลงไปใต้น้ำเรื่อยๆ จนไม่สามารถละลายได้อีก ขณะนั้นสารละลายมีลักษณะอย่างไร (ความเข้าใจ)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. สารละลายอิ่มตัว						
ข. สารละลายไม่อิ่มตัว						
ค. จุดเดือดสารละลายต่ำลง						
ง. ความหนาแน่นของสารละลายต่ำลง						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
20. การกระทำข้อใดช่วยให้เกิดผลึกง่ายขึ้น (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ใช้แท่งแก้วคนสารละลายเรื่อยๆ						
ข. เมื่อสารละลายเย็นตัวค่อยใส่เชือก						
ค. ผูกปมที่ปลายเชือกก่อนผลึก						
ง. ทำในถ้วยพลาสติกเท่านั้น						
21. ปรากฏการณ์ใดเป็นการตกผลึก (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. เกิดเม็ดเกลือในถ้วยน้ำปลาที่แช่เย็น						
ข. น้ำมันหมูแข็งเมื่ออุณหภูมิต่ำลง						
ค. ลูกเหม็นในตู้เสื้อผ้าหายไป						
ง. ต้มน้ำในบีกเกอร์จนแห้ง						
22. ผลิตภัณฑ์ใดเกิดจากหลักการตกผลึก (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การผลิตน้ำตาลทราย						
ข. การผลิตน้ำปลา						
ค. การผลิตน้ำมันพืช						
ง. การผลิตน้ำกะทิ						
23. นำสารละลายสารส้มอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูง มาตกผลึกให้เป็นตัวลงแบบใดดีกว่ากัน (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ช้าๆดีกว่าเพราะไม่ต้องรีบร้อน						
ข. รวดเร็วกว่าเพราะได้ผลึกสวย						
ค. รวดเร็วกว่าเพราะประหยัดเวลา						
ง. ช้าๆดีกว่าเพราะได้ผลึกที่สมบูรณ์						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
24. ระหว่างสารสัมผัสกับเกลือละลายในน้ำ 100 cm <sup>3</sup> ที่อุณหภูมิห้องได้เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. เท่ากัน เพราะ ละลายน้ำเหมือนกัน ข. เท่ากัน เพราะ ละลายที่อุณหภูมิเดียวกัน ค. ไม่เท่ากัน เพราะ มีขนาดผลึกต่างกัน <input checked="" type="radio"/> ง. ไม่เท่ากัน เพราะ ความสามารถในการละลายต่างกัน						
25. วิธีใดใช้แยกเอาน้ำมันหอมระเหยออกมาจากเปลือกส้มได้ (ความเข้าใจ)	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. การกรอง <input checked="" type="radio"/> ข. การกลั่นแบบไอน้ำ ค. การระเหยให้แห้ง ง. การสกัดด้วยตัวทำละลาย						
26. สารที่เหมาะสมจะนำมากลั่นด้วยไอน้ำควรมีสมบัติตามข้อใด (ความรู้)	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. ละลายน้ำได้ดี จุดเดือดสูง ข. ละลายน้ำได้ดี จุดเดือดต่ำ ค. ไม่ละลายน้ำ จุดเดือดสูง <input checked="" type="radio"/> ง. ไม่ละลายน้ำ จุดเดือดต่ำ						
27. วิธีการผ่านไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงไปบนส่วนของพืชที่สกัดกลิ่นหอม สารที่มีกลิ่นหอมจะติด ออกมากับไอน้ำกระบวนการนี้เรียกว่าอะไร (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การกลั่น ข. การสกัดกลิ่น ค. การควบแน่น <input checked="" type="radio"/> ง. การกลั่นด้วยไอน้ำ						



## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
28. การกลั่นแยกสารโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ ไม่ควรทำเมื่อใด (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารนั้นไม่ละลายน้ำ						
ข. สารนั้นระเหยได้ง่าย						
ค. สารนั้นละลายน้ำได้						
ง. สารนั้นมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำ						
29. วิธีใดเหมาะสำหรับแยกน้ำมันมะกรูดออกจากใบมะกรูดมาทำยาสระผม (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. โครมาโทกราฟี						
ข. การกลั่นแบบธรรมดา						
ค. การกลั่นด้วยไอน้ำ						
ง. การกลั่นลำดับส่วน						
30. การกลั่นด้วยไอน้ำใช้แยกสารออกจาก ส่วนประกอบของพืชข้อใดได้ยากที่สุด (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ใบตะไคร้หอม						
ข. เนื้อว่านหางจระเข้						
ค. กลีบดอกกุหลาบ						
ง. ใบยูคาลิปตัส						
31. อุปกรณ์ในข้อใดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการ กลั่นด้วยไอน้ำ (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. กระจกกรอง						
ข. คอนเดนเซอร์						
ค. ตะเกียงแอลกอฮอล์						
ง. ขวดกลั่นกันกลม						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
32. การผลิตสารใดที่อาศัยการกลั่นด้วยไอน้ำ (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. น้ำมันหอมจากดอกไม้						
ข. น้ำหวานสำเร็จรูป						
ค. น้ำตาลทราย						
ง. น้ำอัดลม						
33. หลักการสำคัญของวิธีโครมาโทกราฟีคือ อะไร (ความรู้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารต่างชนิดกันถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับ ได้ต่างกัน						
ข. สารชนิดเดียวกันมีสมบัติเป็นตัวดูดซับ ต่างกัน						
ค. สารต่างชนิดกันมีสมบัติเป็นตัวดูดซับ ต่างกัน						
ง. สารชนิดเดียวกันสามารถซึมผ่านตัวดูด ซับได้ต่างกัน						
34. การทำโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ใช้ กระดาษทำหน้าที่ใด (ความเข้าใจ)	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. เป็นตัวทำละลายของสารที่ต้องการแยก						
ข. เป็นทางผ่านของสารที่ต้องการแยกทำให้ เคลื่อนที่ไปได้						
ค. ดูดซับสารไว้ ถ้าดูดซับมากทำให้สารนั้น เคลื่อนที่ได้ดีและแยกออกมาก่อน						
ง. ดูดซับสารไว้ ถ้าดูดซับมากทำให้สารนั้น เคลื่อนที่ได้ช้าสารจึงเคลื่อนออกมาทีหลัง						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
35. การแยกสารตัวอย่างที่เป็นสารเนื้อเดียว ด้วยวิธีโครมาโทกราฟี พบว่า บนกระดาษ กรองมีสีปรากฏ 3 สี สารนี้คือสารอะไร (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ธาตุ <input checked="" type="radio"/> ข. สารละลาย ค. สารบริสุทธิ์ ง. สารประกอบ						
36. การวิเคราะห์หาชนิดของสีในสีผสม อาหาร เราสามารถจะกระทำได้โดยวิธีใด (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. <input checked="" type="radio"/> วิธีโครมาโทกราฟี ข. การกลั่นลำดับส่วน ค. การระเหยแห้ง ง. การตกผลึก						
37. การแยกสารโดยวิธีใดต้องอาศัยความ แตกต่างของการละลายและการถูกดูดซับของ สารที่ผสมกัน (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การกรอง ข. การกลั่น ค. การตกผลึก <input checked="" type="radio"/> ง. โครมาโทกราฟี						
38. สารผสมใดสามารถแยกได้โดยวิธี โครมาโทกราฟี (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. <input checked="" type="radio"/> สารละลายสีผสมอาหาร ข. น้ำผสมกับแอลกอฮอล์ ค. น้ำมันดีเซล ง. น้ำมันสด						

## ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
39. สารสองชนิดที่แยกกันได้โดยโครมาโท- กราฟีกระดาษ สารทั้งสองนั้นควรมีสมบัติ เฉพาะอย่างไร (การนำไปใช้)	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. เป็นสารมีสีต่างกัน ข. เป็นของเหลวทั้งคู่ ค. มีความหนาแน่นของสารต่างกัน ง. ละลายในตัวทำละลายเดียวกันได้ต่างกัน						
40. การเคลื่อนที่ของตัวทำละลายบนตัวดูด ซับมีความสัมพันธ์กับปัจจัยใด (การวิเคราะห์)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. ความสามารถในการดูดซับสาร ข. ความหนากระดาษที่ใช้ดูดซับ ค. ความเข้มข้นของตัวทำละลาย ง. ปริมาณของตัวดูดซับ						

ตาราง 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา  
วิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
1. วิธีไตใช้แยกของผสมที่ประกอบด้วยถ่าน และเกลือออกจากกัน (การวิเคราะห์)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. การกลั่นลำดับส่วน						
ข. ละลายน้ำแล้วกรอง						
ค. การกลั่นด้วยไอน้ำ						
ง. การสกัดด้วยตัวทำละลาย						
2. ข้อใดเป็นหลักการแยกสารด้วยการกรอง (ความรู้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. แยกสารเนื้อผสมที่องค์ประกอบของ ของแข็งไม่ละลายในของเหลว						
ข. แยกสารเนื้อผสมที่มีอนุภาคของ ของเหลวปนอยู่ในสารละลาย						
ค. แยกสารเนื้อผสมที่มีอนุภาคแก๊สปนอยู่ ในสารละลาย						
ง. แยกสารเนื้อผสมที่องค์ประกอบของสาร ที่ละลายน้ำได้						
3. ถ้าน้ำเชื่อมมีมดตกลงไปนักเรียนควรแยก มดจากน้ำเชื่อมออกด้วยวิธีใด (การนำไปใช้)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. ใช้ผ้าขาวบางกรอง						
ข. นำไประเหยแห้ง						
ค. ทำให้ตกตะกอน						
ง. นำไปกลั่น						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
4. ต้มน้ำใบเตยบดละเอียดผสมน้ำสะอาดและคั้นน้ำเพื่อนำสีเขียวจากใบเตยไปทำขนม ต้มจะแยกน้ำสีเขียวออกจากกากใบเตยด้วยวิธีการใด (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การกลั่น						
<input checked="" type="radio"/> ข. การกรอง						
ค. การระเหย						
ง. การทำให้ตกตะกอน						
5. สารใดไม่สามารถแยกออกจากของผสมด้วยการกรองได้ (ความเข้าใจ)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. ผุ่น						
ข. ทราย						
ค. เศษไม้						
<input checked="" type="radio"/> ง. กลูโคส						
6. ข้อใดต่อไปนี้เป็นวิธีแยกสารละลายของเกลือแกงที่มีทรายและผงตะไบเหล็กปนอยู่ (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
<input checked="" type="radio"/> ก. กรองแล้วใช้แม่เหล็กดูด						
ข. ระเหยแล้วใช้แม่เหล็ก						
ค. ใช้แม่เหล็กแล้วใช้การกรอง						
ง. ใช้แม่เหล็กแล้วใช้การระเหย						
7. ข้อใดเป็นของผสมที่ <u>ไม่</u> สามารถแยกได้โดยการกรอง (ความเข้าใจ)	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
ก. กำมะถันและผงตะไบเหล็ก						
ข. น้ำมันและทราย						
ค. ทรายและน้ำ						
<input checked="" type="radio"/> ง. เกลือและน้ำ						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
8. ถ้าน้ำตาลทรายที่จะใช้ทำน้ำเชื่อมมีเศษผงปนอยู่นักเรียนจะแยกเศษผงออกจากน้ำตาลทรายอย่างไร (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ละลายน้ำแล้วกลั่น						
ข. ใช้ตะแกรงร่อนออก						
<input checked="" type="radio"/> ค. ละลายน้ำแล้วกรอง						
ง. ละลายน้ำแล้วทำโครมาโทกราฟี						
9. สารคู่ใดต่อไปนี้จะเมื่อนำไปละลายน้ำแล้วกรองจะพบสิ่งตกค้างบนผ้าขาวบางที่ใช้กรอง (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. น้ำส้มสายชูกับน้ำมัน						
ข. น้ำผึ้งกับน้ำตาลทราย						
<input checked="" type="radio"/> ค. น้ำตาลทรายกับฝุ่น						
ง. น้ำตาลทรายกับเกลือแกง						
10. ใครต่อไปนี้จะใช้วิธีการแยกเม็ดยาออกจากผงชูรสได้ดีที่สุด (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ต้มน้ำของผสมมาละลายในน้ำมันแล้วนำไปตกผลึก						
ข. ต้มน้ำของผสมมาละลายในน้ำแล้วนำไประเหยแห้ง						
ค. ต้มน้ำของผสมมาละลายในน้ำแล้วนำไปกลั่น						
<input checked="" type="radio"/> ง. ต้มน้ำของผสมมาละลายในน้ำแล้วนำไปกรอง						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
11. หากมีผงฝุ่นตกลงในน้ำส้มสายชู นักเรียนจะมีวิธีการแยกสารผสมนี้อย่างไร (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. นำของผสมไประเหยแห้ง						
ข. นำของผสมมาตกผลึก						
ค. นำของผสมไปกลั่น						
ง. นำของผสมไปกรอง						
12. วิธีการแยกสารวิธีใดที่ใช้แยกของผสม เนื้อผสมของแข็งออกจากของเหลว (ความรู้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การกลั่น						
ข. การกรอง						
ค. การตกผลึก						
ง. การระเหยแห้ง						
13. นำของแข็ง A ที่ละลายน้ำได้ดี ผสมกับ ของแข็ง B ที่ไม่ละลายน้ำถ้าต้องการสาร A นักเรียนจะมีวิธีแยกสารผสมนี้ได้อย่างไร (การวิเคราะห์)	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. ละลายน้ำแล้วนำเฉพาะสารละลายที่ได้ มาระเหยแห้ง						
ข. ละลายน้ำแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง						
ค. นำของผสมมากลั่นด้วยไอน้ำ						
ง. ละลายน้ำแล้วตกผลึก						



## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
14. กระบวนการผลิตข้อใดที่อาศัยการระเหย แห้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การแยกผงเหล็กออกจากผงกำมะถัน						
ข. น้ำมันหอมระเหยจากดอกกุหลาบ						
ค. การแยกเกลือแกงออกจากจุนสี						
ง. การทำเกลือสมุทร						
15. ข้อใดกล่าวเกี่ยวกับการระเหยแห้งได้ ถูกต้องน้อยที่สุด (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. แยกของแข็งที่เป็นตัวถูกละลายออกจาก สารละลาย						
ข. ขณะระเหยแห้งสารละลายมีความเข้มข้น เพิ่มขึ้น						
ค. ไม่ต้องใช้พลังงานความร้อน						
ง. ตัวทำละลายจะระเหยออกไป						
16. ข้อใดถูกต้องที่สุด (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การระเหยแห้งไม่เหมาะกับการเรียนใน ห้องเรียน						
ข. การระเหยแห้งเหมาะกับการอุตสาหกรรม ขนาดใหญ่						
ค. การระเหยแห้งทำได้สะดวกเร็ว						
ง. การระเหยแห้งมีค่าใช้จ่ายสูง						
17. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการระเหย แห้ง (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารละลายมีสถานะของแข็ง						
ข. ใช้ตัวทำละลายที่ระเหยยาก						
ค. ของแข็งที่ละลายในสารละลายระเหิดง่าย						
ง. แยกสารผสมเนื้อเดียวที่มีของแข็งละลาย						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
18. หากนักเรียนจะไปทัศนศึกษาเกี่ยวกับการระเหยแห่งนักเรียนควรไปที่ใด (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. โรงงานผลิตขวดแก้ว จ.ปทุมธานี						
ข. พิพิธภัณฑ์หุ่นขี้ผึ้ง จ.นครปฐม						
ค. <input checked="" type="radio"/> นาเกลือ จ.สมุทรสงคราม						
ง. ตลาดน้ำ จ.ราชบุรี						
19. เด็กคนใดต่อไปนี้ทำรายงานเรื่องเกี่ยวกับการระเหยแห่ง <u>ไม่ถูกต้อง</u> (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. นำทำเรื่องการผลิตเกลือสินเธาว์						
ข. <input checked="" type="radio"/> หน้อยทำเรื่องการทำทำทรายริมแม่น้ำ						
ค. นิดทำเรื่องการผลิตเกลือสมุทร						
ง. นุ่นทำเรื่องการเกิดคราบเหลืองบนเสื้อ						
20. เมื่อนำสารชนิดหนึ่งสถานะของเหลวไปต้มในภาตหลุมโลหะจนแห้งผลที่ได้คือมีสารเหลืออยู่ที่ก้นภาตหลุมข้อสรุปได้ถูกต้องที่สุด (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. <input checked="" type="radio"/> สารดังกล่าวเป็นสารละลาย						
ข. สารดังกล่าวเป็นสารเนื้อผสม						
ค. สารดังกล่าวเป็นสารบริสุทธิ์เนื้อเดียว						
ง. สารดังกล่าวเป็นสารบริสุทธิ์เนื้อผสม						
21. สารผสมข้อใดเมื่อระเหยแห้งแล้วจะ <u>ไม่</u> พบสิ่งใดในภาชนะ (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. น้ำเชื่อม						
ข. น้ำเกลือ						
ค. น้ำปลา						
ง. <input checked="" type="radio"/> แอลกอฮอล์เช็ดแผล						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
22. การทำเกลือสินเธาว์อาศัยหลักการแยกสารข้อใด (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การระเหยแห้ง						
<input checked="" type="radio"/> ข. การกรอง						
ค. การตกผลึก						
ง. การกลั่นด้วยไอน้ำ						
23. เมื่อนำสารข้อใดมาระเหยแห้งด้วยถาดหลุมโลหะจะให้ผลการทดลองแตกต่างจากข้ออื่น (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. แอลกอฮอล์เซ็ดแผล						
<input checked="" type="radio"/> ข. น้ำหวานสีแดง						
ค. น้ำมันพืช						
ง. น้ำส้มสายชู						
24. เหตุใดจึงไม่ควรนำสารละลายแอลกอฮอล์มาทดลองการระเหยแห้ง (ความเข้าใจ)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. ทดลองเห็นผลชัดเจน						
ข. ค่าใช้จ่ายสูง						
<input checked="" type="radio"/> ค. อาจเกิดไฟไหม้ได้						
ง. สิ้นเปลืองแอลกอฮอล์						
25. การตกผลึกสามารถแยกสารในข้อใดได้ (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
<input checked="" type="radio"/> ก. สารละลายเกลือแกงอิมตัว						
ข. สารละลายน้ำเชื่อมเจือจาง						
ค. สารละลายเกลือแกงเข้มข้น						
ง. สารละลายที่มีปริมาณมาก						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
26. ถ้าตั้งบีกเกอร์สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตไว้ในห้องนาน 7 วัน ก็ยังไม่เกิดการตกผลึก ข้อใดกล่าวถูกต้อง (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารละลายนั้นมีฝุ่นละอองปลิวมาผสม ข. สารละลายนั้นอิมิตัวแต่อุณหภูมิไม่เย็น (ค.) สารละลายนั้นไม่อิมิตัว จึงไม่สามารถตกผลึกได้ ง. สารละลายไม่ตกผลึก เพราะตัวถูกละลายเป็นของเหลว						
27. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการตกผลึก (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การตกผลึกเกิดเร็วขณะร้อน ข. การแยกของผสมเนื้อผสมออกจากสารละลาย ค. การควรแช่น้ำแข็งเพื่อความเร็วในการตกผลึก (ง.) การแยกตัวละลายของแข็งออกจากสารละลายที่อิมิตัว						
28. ถ้านักเรียนต้องการให้เกิดผลึกสารส้มที่สมบูรณ์มากที่สุดควรทำเช่นไร (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ทำให้ได้สารละลายอิมิตัวที่อุณหภูมิห้องพอแล้ว (ข.) ปลอ่ยให้สารละลายอิมิตัวที่ร้อนเย็นตัวช้าๆ ค. แช่สารละลายอิมิตัวในน้ำแข็ง ง. ละลายสารส้มไม่ต้องมาก						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
29. ถ้าต้องการแยกสารละลายระหว่างเกลือ แกงกับน้ำตาลทรายออกจากกันควรใช้วิธีการ ใด (การนำไปใช้)	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. การกรอง ข. โครมาโทกราฟี ค. การตกผลึก ง. กลั่นด้วยไอน้ำ						
30. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นความสามารถใน การละลายของสารจะเป็นเช่นไร (ความ เข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารทุกชนิดละลายได้เท่าเดิม ข. สารบางชนิดละลายได้มากขึ้น ค. สารทุกชนิดละลายได้มากขึ้น ง. สารทุกชนิดละลายได้ลดลง						
31. ถ้านักเรียนต้องการแยกผลึกจุนสีที่มีผง ถ่านปนควรเลือกวิธีการแยกใด (การ วิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ละลายน้ำ กลั่น ข. ละลายน้ำ กรอง ตกผลึก ค. ละลายน้ำมัน กรอง ง. ละลายน้ำ กรอง โครมาโทกราฟี						

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<u>คำชี้แจง</u> ใช้ตารางต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 32-36	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

สาร	ความสามารถในการละลายเป็นกรัมในน้ำ 100 cm <sup>3</sup>		
	30° C	70° C	100° C
	A	25	40
B	20	50	75
C	10	25	35
D	45	30	10

32. สารใดละลายได้มากที่สุดและน้อยสุดตามลำดับที่อุณหภูมิ 100 °C (ความเข้าใจ)

ก. B , C

ข. A , D

ค. A , C

ง.  B , D

33. ใครต่อไปนี้ทำสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 70°C ในน้ำ 100 cm<sup>3</sup> (ความเข้าใจ)

ก.  แก้วละลายสาร A ปริมาณ 41 กรัม

ข. ก้อยละลายสาร B ปริมาณ 45 กรัม

ค. กล้วยละลายสาร C ปริมาณ 20 กรัม

ง. แก้มละลายสาร D ปริมาณ 27 กรัม

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
34. นำสารชนิดหนึ่ง 15 กรัมมาละลายในน้ำ 100 cm <sup>3</sup> อุณหภูมิ 30°C แล้วได้ละลาย อิ่มตัวสารนั้นคือสารใด (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สาร A ข. สาร B ค. สาร C ง. สาร D						
35. สารใดที่มีความสามารถในการละลาย แตกต่างจากสารอื่นและแตกต่างอย่างไร (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สาร A ละลายได้มากขึ้นเมื่อร้อนขึ้น ข. สาร B ละลายได้มากขึ้นเมื่อเย็นลง ค. สาร C ละลายได้น้อยลงเมื่อเย็นลง ง. สาร D ละลายได้น้อยลงเมื่อร้อนขึ้น						
36. นำสารละลายอิ่มตัวในน้ำ 100 cm <sup>3</sup> ที่ 100° C ของสารทั้ง 4 ทำให้เย็นลงที่ 30° C ข้อใดถูกต้องที่สุด (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สาร D จะตกผลึกมากที่สุด ข. สาร C จะตกผลึกเท่ากับสาร D ค. สาร A ตกผลึกมากที่สุด 35 กรัม ง. สาร B จะไม่ตกผลึกออกมา						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
37. ถ้าต้องการน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม เพื่อนำไปทำยาทาภายนอก นักเรียนควรเลือกใช้การแยกสารวิธีใด จึงจะเหมาะสมที่สุด (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การกลั่น						
ข. การกรอง						
<input checked="" type="radio"/> ค. การกลั่นด้วยไอน้ำ						
ง. การสกัดด้วยตัวทำละลาย						
38. พืชในข้อใดสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยการกลั่นด้วยไอน้ำออกจากส่วนต่าง ๆ ได้ (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
a. ผิวมะกรูด    b. ดอกกุหลาบ						
c. ใบตะไคร้หอม						
ก. a และ b						
ข. b และ c						
ค. a และ c						
<input checked="" type="radio"/> ง. a b และ c						
39. การแยกสารที่ต้องการโดยการกลั่นด้วยไอน้ำควรมีสมบัติข้อใดบ้าง (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
a. ระเหยง่าย    b. จุดเดือดสูง						
c. ไม่ละลายน้ำ    d. ไม่เป็นพิษ						
e. สกัดสารที่ต้องการได้มาก						
f. หาง่ายราคาไม่แพง						
ก. a b c f g						
<input checked="" type="radio"/> ข. a c d e						
ค. b c d e f						
ง. a b c d e f						



## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
40. จากตารางสารใดสามารถแยกได้โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

สาร	จุดเดือด (°C)	ความสามารถในการละลาย	
		ในน้ำ	ในเอทานอล
A	150	ละลาย	ไม่ละลาย
B	215	ละลาย	ละลาย
C	70	ไม่ละลาย	ละลาย

ก. สาร A

ข. สาร B

 ค. สาร C

ง. สาร A และ B

41. จากข้อมูลในตารางสารใดที่สามารถแยกออกจากสารผสมด้วยการกลั่นด้วยไอน้ำง่ายที่สุด (การวิเคราะห์)

	สาร	จุดเดือด (°C)	การละลาย น้ำ
ก.	A	65	ละลายได้ดี
<input checked="" type="radio"/> ข.	B	60	ไม่ละลาย
ค.	C	150	ละลายได้ดี
ง.	D	160	ไม่ละลาย

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล																
	ผู้เชี่ยวชาญ																					
	1	2	3																			
42. สารใดที่สามารถแยกออกจากสารผสมได้ โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>สาร</th> <th>จุด เดือด (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</th> <th>การละลาย ในน้ำ</th> <th>การละลาย ในเอทานอล</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>200</td> <td>ละลายได้ดี</td> <td>ละลายได้ดี</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>50</td> <td>ไม่ละลาย</td> <td>ละลายได้ดี</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>180</td> <td>ละลายได้ดี</td> <td>ละลายได้ดี</td> </tr> </tbody> </table>	สาร	จุด เดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )	การละลาย ในน้ำ	การละลาย ในเอทานอล	A	200	ละลายได้ดี	ละลายได้ดี	B	50	ไม่ละลาย	ละลายได้ดี	C	180	ละลายได้ดี	ละลายได้ดี						
สาร	จุด เดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )	การละลาย ในน้ำ	การละลาย ในเอทานอล																			
A	200	ละลายได้ดี	ละลายได้ดี																			
B	50	ไม่ละลาย	ละลายได้ดี																			
C	180	ละลายได้ดี	ละลายได้ดี																			
ก. สาร A																						
<input checked="" type="radio"/> ข. สาร B																						
ค. สาร C																						
ง. สาร A , B และ C																						
43. สารใดที่สามารถแยกจากสารผสมโดย วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำได้ง่ายที่สุด (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน																
สาร A ไม่ละลายน้ำ จุดเดือดสูงกว่าน้ำ																						
สาร B มีกลิ่นหอม ระเหยง่าย																						
สาร C ระเหยง่าย ไม่ละลายน้ำ																						
สาร D ละลายในน้ำ มีจุดเดือดปานกลาง																						
ก. สาร A และ B																						
<input checked="" type="radio"/> ข. สาร C																						
ค. สาร C และ D																						
ง. สาร D																						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
44. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการกลั่นด้วย ไอน้ำ (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
<p>A สารที่ต้องการแยกต้องละลายได้ดีในน้ำ</p> <p>B นิยมใช้กับการแยกน้ำมันหอมระเหย ออกจากพืช</p> <p>C หลังการกลั่นด้วยไอน้ำแล้วของเหลว ที่ได้แยกเป็น 2 ชั้นโดยน้ำมันหอม ระเหยอยู่ชั้นบน</p> <p>D สารที่ต้องการกลั่นด้วยไอน้ำจะมีจุด เดือดสูงและระเหยยาก</p> <p>ก. ข้อ B และ C</p> <p>ข. ข้อ A และ D</p> <p>ค. ข้อ A B และ D</p> <p>ง. ข้อ B C และ D</p>						
45. ข้อใดกล่าว <u>ไม่</u> ถูกต้องเกี่ยวกับการกลั่น ด้วยไอน้ำ (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
<p>ก. ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช</p> <p>ข. สารที่ต้องการแยกต้องไม่ละลายน้ำ</p> <p>ค. น้ำมันหอมระเหยเป็นไอออกมากับน้ำ</p> <p>ง. สารจุดเดือดสูงแยกได้ดีกว่าสารจุดเดือด ต่ำ</p>						
46. ใครต่อไปนี้ทำถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับการ กลั่นด้วยไอน้ำ (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
<p>ก. อันไซเหง้าขิงทั้งเหง้า</p> <p>ข. โอไซผิวมะกรูดหั่นฝอย</p> <p>ค. อัมไซใบยูคาลิปตัสทั้งใบ</p> <p>ง. อัมไซเปลือกส้มเขียวหวานทั้งชิ้น</p>						

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล																				
	ผู้เชี่ยวชาญ																									
	1	2	3																							
47. สารใดที่สามารถแยกออกจากสารผสม X Y Z โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (การวิเคราะห์)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>สาร</th> <th>จุด เดือด (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</th> <th>การ ละลายน้ำ</th> <th>สถานะ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>150</td> <td>ละลายได้ดี</td> <td>ของแข็ง</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>60</td> <td>ไม่ละลาย</td> <td>ของเหลว</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>55</td> <td>ละลายได้ดี</td> <td>ของเหลว</td> </tr> </tbody> </table> <p>ก. สาร X  <input checked="" type="radio"/> ข. สาร Y            ค. สาร Z            ง. สาร Y และสาร Z</p>	สาร	จุด เดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )	การ ละลายน้ำ	สถานะ	X	150	ละลายได้ดี	ของแข็ง	Y	60	ไม่ละลาย	ของเหลว	Z	55	ละลายได้ดี	ของเหลว										
สาร	จุด เดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )	การ ละลายน้ำ	สถานะ																							
X	150	ละลายได้ดี	ของแข็ง																							
Y	60	ไม่ละลาย	ของเหลว																							
Z	55	ละลายได้ดี	ของเหลว																							
48. ต้องการแยกสาร P ออกจากสารผสม M N P Q ควรใช้วิธีใดในการแยก (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>สาร</th> <th>จุด เดือด (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</th> <th>การ ละลายน้ำ</th> <th>สถานะ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M</td> <td>150</td> <td>ละลายได้ดี</td> <td>ของแข็ง</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>60</td> <td>ละลายได้ดี</td> <td>ของเหลว</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>55</td> <td>ไม่ละลาย</td> <td>ของเหลว</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>120</td> <td>ไม่ละลาย</td> <td>ของแข็ง</td> </tr> </tbody> </table> <p>ก. โครมาโทกราฟี            ข. การระเหยแห้ง            ค. การกรอง  <input checked="" type="radio"/> ง. การกลั่นด้วยไอน้ำ</p>	สาร	จุด เดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )	การ ละลายน้ำ	สถานะ	M	150	ละลายได้ดี	ของแข็ง	N	60	ละลายได้ดี	ของเหลว	P	55	ไม่ละลาย	ของเหลว	Q	120	ไม่ละลาย	ของแข็ง						
สาร	จุด เดือด ( $^{\circ}\text{C}$ )	การ ละลายน้ำ	สถานะ																							
M	150	ละลายได้ดี	ของแข็ง																							
N	60	ละลายได้ดี	ของเหลว																							
P	55	ไม่ละลาย	ของเหลว																							
Q	120	ไม่ละลาย	ของแข็ง																							

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
49. ถ้าต้องการทราบว่าสีแดงในผลไม้มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียวหรือไม่นั้นควรตรวจสอบด้วยวิธีใด (การนำไปใช้)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. กลับ						
ข. ระเหยแห้ง						
ค. โครมาโทกราฟี						
ง. สกัดด้วยตัวทำละลาย						
50. ข้อใดไม่ใช่ความผิดพลาดที่อาจเกิดในการแยกสารละลายด้วยวิธีโครมาโทกราฟี (การวิเคราะห์)	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. การใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย						
ข. การหยุดสารละลายเป็นจุดใหญ่เกินไป						
ค. ความอึดตัวของระบบของตัวทำละลาย						
ง. สารละลายที่ใช้ทดสอบมีความเข้มข้นมาก						
51. ข้อใดเป็นหลักการแยกสารด้วยโครมาโทกราฟี (ความเข้าใจ)	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
ก. แยกสารที่มีจุดเดือดต่างกัน						
ข. แยกสารที่มีสภาพการละลายต่างกัน						
ค. แยกสารที่มีขนาดของอนุภาคแตกต่างกัน						
ง. แยกสารที่มีความสามารถในการละลาย และถูกดูดซับบนตัวดูดซับแตกต่างกัน						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
52. ข้อใดกล่าวถึงวิธีการโครมาโทกราฟี ไม่ถูกต้อง (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ใช้สำหรับสารเนื้อเดียว						
ข. ใช้ได้เฉพาะสารที่มีสีเท่านั้น						
ค. สารที่ถูกดูดซับได้น้อยจะเคลื่อนที่ได้เร็ว						
ง. ใช้ได้กับสารที่มีองค์ประกอบมากกว่า 2 ชนิด						
53. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของวิธีโครมาโท- กราฟีแบบกระดาษ (ความเข้าใจ)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ใช้แยกสารผสมออกจากกันได้						
ข. ใช้แยกสารบริสุทธิ์ออกจากกันได้						
ค. ใช้บอกจำนวนสารที่เป็นองค์ประกอบได้						
ง. ใช้ตรวจสอบสารว่าเป็นสารชนิดเดียวกัน หรือไม่						
54. เมื่อมีสารสองชนิดที่จะต้องแยกออกจาก กัน โดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ สมบัติในข้อใดที่ไม่จำเป็น (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารทั้งสองเป็นสารที่มีสีแตกต่างกัน						
ข. สารทั้งสองละลายในตัวทำละลายตัว เดียวกันได้ต่างกัน						
ค. สารทั้งสองมีความสามารถในการดูดซับ ที่แตกต่างกัน						
ง. อัตราการเคลื่อนที่ของสารบนตัวดูดซับมี อัตราการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
55. ข้อใดเป็นข้อจำกัดของการใช้เทคนิค โครมาโทกราฟี (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ไม่สามารถใช้ทดสอบสารในปริมาณน้อย						
ข. ถ้าแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ในของผสม ออกจากกันจะสกัดสารเหล่านั้นออก จากตัวดูดซับไม่ได้						
ค. ใช้แยกองค์ประกอบต่าง ๆ ในของผสมที่ ไม่มีสีออกจากกันไม่ได้						
ง. องค์ประกอบต่างๆในของผสมเคลื่อนที่ ไปบนตัวดูดซับได้เกือบเท่ากันจะแยก ออกจากกันไม่ได้						
56. นำของเหลว A ซึ่งไร้สี เมื่อนำไประเหย จะเหลือของแข็ง B อยู่ เมื่อนำมาหาจุดหลอม เหลว พบว่า มีช่วงของการหลอมเหลวกว้าง มาก จึงนำ A ไปแยกด้วยโครมาโทกราฟี แบบกระดาษ แล้วส่องดูด้วยแสงอัลตราไวโอ แลต พบว่าส่วนประกอบแยกออกเป็นสอง ส่วน คือ C กับ D จากข้อมูลทั้งหมดข้อสรุป ต่อไปนี้ข้อใด	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ไม่ถูกต้อง (การวิเคราะห์)						
ก. B เป็นของผสม						
ข. A เป็นสารละลาย						
ค. B เป็นสารประกอบ						
ง. C และ D เป็นสารบริสุทธิ์						

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล																									
	ผู้เชี่ยวชาญ																														
	1	2	3																												
57. การทดลองแยกสาร A B C D ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษแล้วลำดับความสามารถในการละลายในตัวทำละลายได้ดังนี้ $B > A > C > D$ และลำดับความสามารถในการถูกดูดซับโดยตัวดูดซับได้ดังนี้ $D > C > A > B$ ข้อใดเป็นค่า $R_f$ ที่เป็นไปได้ของสาร A B C D (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ก.</td> <td>0.78</td> <td>0.65</td> <td>0.55</td> <td>0.23</td> </tr> <tr> <td>ข.</td> <td>0.65</td> <td>0.85</td> <td>0.50</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>ค.</td> <td>0.55</td> <td>0.35</td> <td>0.65</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>ง.</td> <td>0.44</td> <td>0.35</td> <td>0.79</td> <td>0.60</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	ก.	0.78	0.65	0.55	0.23	ข.	0.65	0.85	0.50	0.35	ค.	0.55	0.35	0.65	0.75	ง.	0.44	0.35	0.79	0.60						
	A	B	C	D																											
ก.	0.78	0.65	0.55	0.23																											
ข.	0.65	0.85	0.50	0.35																											
ค.	0.55	0.35	0.65	0.75																											
ง.	0.44	0.35	0.79	0.60																											
58. ถ้าแข่ววัสดุในข้อใดลงในน้ำหมึก วัสดุจะดูดซับน้ำหมึกได้น้อยที่สุด (การนำไปใช้)	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน																									
ก. กระดาษสา																															
ข. กระดาษซับ																															
ค. ใโป้ไม้แห้ง																															
ง. แ่งงซอล์ก																															



ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
59. เมื่อนำของผสมที่ประกอบด้วยสาร A B C และ D มาแยกโดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษและใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ได้ผลดังตาราง ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องที่สุด (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

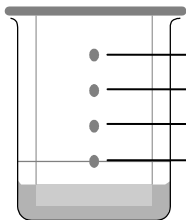
สาร	ระยะที่สารเคลื่อนที่(cm)	ระยะที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ (cm)
A	3	15
B	5	15
C	7	15
D	9	15

- ก. สาร A ถูกดูดซับได้น้อยที่สุด สาร D ถูกดูดซับได้มากที่สุด
- ข. สาร A ถูกดูดซับได้มากที่สุด สาร D ถูกดูดซับได้น้อยที่สุด
- ค. สาร B ถูกดูดซับได้ปานกลาง สาร D ละลายในตัวทำละลายได้ดีที่สุด
- ง. สาร C ละลายในตัวทำละลายได้ดีที่สุด สาร B ละลายในตัวทำละลายได้ปานกลาง

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
60. นำสีผสมอาหารสีเขียวไปจุดบนกระดาษโครมาโทกราฟีแล้วนำกระดาษไปจุ่มในตัวทำละลายในภาชนะที่ใส่วัสดุได้ผลดังรูป ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง (การวิเคราะห์)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน



• สีเหลือง

• สีเขียวอ่อน

• สีฟ้า

• สีผสมอาหารสีเขียว




ก. สารสีเหลืองจุดชัดได้ดีที่สุด

ข. สารสีฟ้าละลายในตัวทำละลายได้ดี

ค. สารสีเขียวอ่อนมีค่า  $R_f$  มากกว่าสารสีเหลือง

ง. สีผสมอาหารสีเขียวมีสารองค์ประกอบ 3 ชนิด

ตาราง 23 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<b>สถานการณ์ที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 1-6</b>						
นักเรียนคนหนึ่งต้องการนำน้ำโคลงมาใช้ โดยต้องทำด้วยวิธีที่สะดวกที่สุดโดยใช้ อุปกรณ์ดังนี้ ขวดน้ำขนาด 1.5 ลิตรจำนวน 3 ขวดที่บรรจุ ทราาย ผงถ่าน และกรวด ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้ว ทดลองตามภาพ						
	1	2	3			
						
	ทราาย	กรวด	ผงถ่าน			
1. ข้อใดเป็นสมมติฐานของนักเรียนที่เหมาะสมมากที่สุด (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ความร้อนมีผลต่อความใสของน้ำ เมื่อต้มน้ำโคลงที่อุณหภูมิต่างกัน น้ำที่ได้จะใสต่างกัน						
ข. ปริมาณน้ำโคลงมีผลต่อความใสของน้ำ เมื่อปริมาณน้ำโคลงที่ต่างกัน น้ำที่ได้จะใสต่างกัน						
ค. ขนาดของขวดมีผลต่อความใสของน้ำ เมื่อใช้ขวดขนาดต่างกัน น้ำที่ได้จะใสต่างกัน						
ง. วัสดุที่บรรจุในขวดมีผลต่อความใสของน้ำ วัสดุที่ต่างกันน้ำที่ได้จะใสต่างกัน						

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
2. สมมติฐานข้อใดที่นักเรียนทดลองเพื่อตรวจสอบได้ยากที่สุดโดยใช้อุปกรณ์ข้างต้น (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
ก. ปริมาณน้ำคลองมีผลต่อเวลาในการไหลของน้ำ น้ำปริมาณมากจะใช้เวลาในการไหลมาก						
ข. อุณหภูมิมีผลต่อความเร็วในการไหลของน้ำ น้ำที่อุณหภูมิสูงจะไหลด้วยความเร็วมากที่สุด						
ค. ช่วงเวลาในการทดลองมีผลต่อความเร็วในการไหลของน้ำ ทดลองตอนเช้า น้ำจะไหลเร็วที่สุด						
ง. วัสดุภายในขวดมีผลต่อความเร็วในการไหลของน้ำ วัสดุที่ต่างกัน น้ำจะไหลด้วยความเร็วที่ต่างกัน						
3. พิจารณาขั้นตอนการทดลองต่อไปนี้	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
1) เทน้ำคลองใส่ขวด						
2) วางบีกเกอร์เปล่าใต้ขวด						
3) ตัดก้นขวดน้ำ 1.5 ลิตรออก						
4) บรรจุน้ำ ผงถ่าน และกรวดในแต่ละขวด						
ข้อใดเป็นลำดับขั้นตอนการทดลองที่ถูกต้องที่สุด (ทักษะการทดลอง)						
ก. 1) 2) 3) 4)						
ข. 3) 4) 2) 1)						
ค. 2) 1) 4) 3)						
ง. 4) 1) 2) 3)						

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
4. ข้อใดเป็นวิธีทดลองที่ถูกต้องที่สุด (ทักษะการทดลอง)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
1) ใส่สำลีด้านล่างขวดก่อนบรรจุทราย กรวด ผงถ่านลงไปในแต่ละขวด ป้องกันวัสดุหลุดออกมา						
2) ก่อนการบรรจุทราย กรวด ผงถ่านลง ในแต่ละขวดทุกครั้ง ต้องแช่น้ำก่อน						
3) ทราย กรวด ผงถ่าน ที่บรรจุลงขวด ต้องใช้ปริมาตรที่เท่ากัน						
ก. ข้อ 1) และ 2)						
<input checked="" type="radio"/> ข. ข้อ 1) และ 3)						
ค. ข้อ 2) และ 3)						
ง. ข้อ 1) 2) และ 3)						
5. ข้อใดเป็นผลการทดลองที่สอดคล้องกับ การทดลองข้างต้น (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
<input checked="" type="radio"/> ก. น้ำคลองที่ผ่านวัสดุทั้ง 3 ประเภทใส ต่างกัน						
ข. น้ำคลองที่ผ่านวัสดุทั้ง 3 ประเภทไม่มี กลิ่นเหมือนกัน						
ค. น้ำคลองที่ผ่านวัสดุทั้ง 3 ประเภทใช้เวลา ไหลเท่ากัน						
ง. น้ำคลองที่ผ่านวัสดุทั้ง 3 ประเภทมีรส เหมือนกัน						

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
6. ข้อใดเป็นการสรุปผลการทดลองสอดคล้องกับตารางข้อมูล (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

วัสดุที่นำทดลองผ่าน	ความใส	กลิ่น
ทราย	++	+++
กรวด	+	+++
ผงถ่าน	+++	+

หมายเหตุ + แทนระดับความใสและกลิ่น

- 1) ทรายมีความละเอียดมากกว่ากรวดแต่น้อยกว่าผงถ่าน
- 2) ผงถ่านช่วยดับกลิ่นกลิ่นได้ดีที่สุด
- 3) ทรายเหมาะใช้เป็นวัสดุกรองน้ำคลองครั้งนี้มากที่สุด

- ก. ข้อ 1) 2)  
 ข. ข้อ 1) และ 3)  
 ค. ข้อ 2) และ 3)  
 ง. ข้อ 1) และ 2) และ 3)

สถานการณ์ที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อ 7-12

ก้อยเตรียมน้ำเชื่อมเพื่อทำขนมหวานโดยละลายน้ำตาลทราย 500 กรัมในน้ำ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่าน้ำเชื่อมที่ได้หวานไม่พอและไม่มีน้ำตาลทรายเหลือสำหรับละลายเพิ่มอีก

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
7. ข้อใดเป็นสมมติฐานที่เหมาะสมที่สุดใน การทำน้ำเชื่อมให้หวานมากที่สุด (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. ความร้อนมีผลต่อการระเหยของน้ำ เมื่อ ให้ความร้อนน้ำจะระเหยออกไป จะทำ ให้น้ำเชื่อมหวานขึ้น						
ข. ปริมาณน้ำมีผลต่อความหวาน เมื่อเท สารละลายออก น้ำเชื่อมที่ได้จะหวาน น้อยขึ้น						
ค. ขนาดถ้วยมีผลต่อการระเหยของน้ำ ถ้วย ขนาดเล็กจะทำให้ น้ำเชื่อมหวานขึ้น						
ง. อุณหภูมิมีผลต่อความหวาน เมื่อสาร ละลายที่อุณหภูมิสูงจะหวานน้อยลง						
8. ข้อใดต่อไปนี้เป็นสมมติฐานที่เหมาะสม และเกี่ยวข้องกับความต้องการของก้อยมาก ที่สุด (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. จำนวนครั้งในการคนน้ำเชื่อมมีผลกับ ความใส น้ำเชื่อมที่คนหลาย ๆ ครั้งจะใส กว่า						
ข. ชนิดของช้อนมีผลกับความใสของ น้ำเชื่อม ช้อนต่างชนิดกันทำให้น้ำเชื่อม ใสต่างกัน						
ค. ปริมาณน้ำมีผลต่อความหวานน้ำเชื่อมที่ มีน้ำน้อยจะหวานมากกว่า						
ง. การระเหยแห้งทำให้เกิดสิ่งตกค้างกัน ภาชนะ สารตัวอย่างเป็นสารไม่บริสุทธิ์						

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
9. จากขั้นตอนการทดลองต่อไปนี้	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
1) ละลายเกลือแกงในน้ำ 30 cm <sup>3</sup>						
2) ให้ความร้อนกับถ้วยโลหะ						
3) เทสารละลายเกลือแกงลงถ้วยโลหะ						
4) ตวงน้ำ 30 cm <sup>3</sup> ใส่ในบีเกอร์						
ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการระเหยแห้ง เหมาะสมที่สุด (ทักษะการทดลอง)						
ก. 3) 4) 1) 2)						
ข. 1) 3) 4) 2)						
ค. 2) 4) 3) 1)						
ง. 4) 1) 3) 2)						
10. ก้อยควรเลือกวิธีใดที่ช่วยทำให้น้ำเชื่อม หวานขึ้น (ทักษะการทดลอง)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. โครมาโทกราฟี						
ข. การกรอง						
ค. การระเหยน้ำออก						
ง. การกลั่นให้ตกผลึก						



## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
11. ข้อใดเป็นการสรุปผลการทดลองได้ เหมาะสมที่สุดตามผลการทดลองที่ได้ (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
<b>ข้อ</b>	<b>ผลการทดลอง</b>	<b>ข้อสรุป</b>				
ก.	น้ำเชื่อมแช่เย็น หวานเท่ากับ น้ำเชื่อม อุณหภูมิห้อง	ความหวาน แปรผันตาม อุณหภูมิ				
ข.	ถ้วยขนาดเล็กน้ำ ระเหยออกช้ากว่า ถ้วยขนาดใหญ่	ความหวาน แปรผันตาม ขนาดถ้วย				
ค.	เทสารละลาย น้ำเชื่อมออก สารละลาย น้ำเชื่อมที่เหลือ หวานเท่าเดิม	ปริมาณ สารละลายมีผล ต่อความหวาน				
ง.	ให้ความร้อน 20 นาที่น้ำเชื่อมที่ได้ หวานขึ้น	ความร้อนช่วย ระเหยน้ำออก น้ำเชื่อมเข้มข้น ขึ้นจึงหวานขึ้น				

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
12. จากตารางบันทึกผลการทดลองของก้อย ข้อใดสรุปถูกต้องที่สุด (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

ข้อ	ผลการทดลอง	ข้อสรุป เกี่ยวกับสาร ตัวอย่าง
ก.	พบเกล็ดของแข็ง ในภาชนะที่ระเหย แห้ง	สารไม่บริสุทธิ์
ข.	พบการแยกจุดสี 3 จุดสีบน กระดาษโคร มาโทกราฟี	สารบริสุทธิ์
ค.	ไม่พบสิ่งใด ตกค้างบน กระดาษกรอง	สารไม่บริสุทธิ์
ง.	ขณะกลั่นด้วยไอน้ำ ไม่พบสารใด แยกชั้นปน ออกมากับไอน้ำ	สารบริสุทธิ์

สถานการณ์ที่ 3 ใช้ตอบคำถามข้อ 13-18

ครูให้เกล็ดสารตัวอย่างมวล 90 g และ  
ให้ข้อมูลของสารตัวอย่างดังตาราง

ความสามารถในการละลายของสาร ตัวอย่างในน้ำ 100 g ที่อุณหภูมิต่างๆ				
0 °C	30 °C	60 °C	80 °C	90 °C
20 g	35 g	60 g	80 g	85 g

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
13. ถ้าทดลองละลายเกล็ดสารตัวอย่างในน้ำ 100 g ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ข้อใดเป็นสมมติฐานที่เหมาะสมที่สุด (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
ก. ขนาดบีกเกอร์มีผลต่อการละลาย บีกเกอร์ขนาดต่างกันละลายสารตัวอย่างได้ไม่เท่ากัน						
ข. ขนาดเกล็ดสารตัวอย่างมีผลต่อการละลาย สารตัวอย่างเกล็ดใหญ่จะละลายได้มากขึ้น						
ค. อุณหภูมิมีผลต่อการละลาย ที่อุณหภูมิต่างกันสาร ตัวอย่างจะละลายได้ปริมาณต่างกัน						
ง. ปริมาณน้ำมีผลต่อการละลาย น้ำปริมาณต่างกันจะละลายสารตัวอย่างได้ต่างกัน						
14. สมมติฐานข้อใดเมื่อทดสอบสมมติฐานแล้วเป็นจริง (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ถ้าละลายสารตัวอย่าง 20 g ในน้ำ 100 g ที่อุณหภูมิ 30 °C จะได้สารละลายอิ่มตัว						
ข. ถ้าละลายสารตัวอย่าง 70 g ในน้ำ 100 g ที่อุณหภูมิ 60 °C จะได้สารละลายไม่อิ่มตัว						
ค. ถ้าละลายสารตัวอย่าง 30 g ในน้ำ 50 g ที่อุณหภูมิ 60 °C จะได้สารละลายไม่อิ่มตัว						
ง. ถ้าละลายสารตัวอย่าง 40 g ในน้ำ 50 g ที่อุณหภูมิ 80 °C จะได้สารละลายอิ่มตัว						

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
15. การกระทำข้อใดสามารถทำให้เกิดผลึก ได้ (ทักษะการทดลอง)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
1) ละลายสารตัวอย่าง 60 g ในน้ำ 100 g ที่อุณหภูมิ 60 °C						
2) ตั้งสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 90 °C ไวหนึ่ง 24 ชั่วโมง						
3) พยายามคนสารละลายสม่ำเสมอ						
ก. 1) และ 3)						
ข. 2) และ 3)						
<input checked="" type="radio"/> ค. 1) และ 2)						
ง. 1) 2) และ 3)						
16. ข้อใดเป็นการทดลองที่ทำให้เกล็ดสาร ตัวอย่างตกผลึกได้เร็วขึ้น (ทักษะการทดลอง)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ละลายสารตัวอย่างเพิ่มขณะร้อน						
ข. คนสารละลายอิ่มตัวตลอดเวลา						
<input checked="" type="radio"/> ค. ผูกเกล็ดสารตัวอย่างล่อให้เกิดผลึก						
ง. ทิ้งไว้ให้เกิดผลึกหลาย ๆ วัน						
17. จากตารางข้อมูล ข้อใดสรุปผลได้ถูกต้อง ที่สุด (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลง ข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารชนิดนี้ละลายได้ 21 g ในน้ำ 100 g ที่ 10 °C						
<input checked="" type="radio"/> ข. สารชนิดนี้ละลายได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิ สูงขึ้น						
ค. สารชนิดนี้จะละลายได้หมด 90 g ในน้ำ 50 g ที่ 80 °C						
ง. ละลายสารนี้ในน้ำ 100 g ที่ 90 °C จะ ไม่ได้สารละลายอิ่มตัว						

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
18. นำสารตัวอย่าง 15 g ละลายในน้ำ 25 g ที่อุณหภูมิ 60 °C ข้อสรุปใดถูกต้องที่สุด (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารละลายที่ได้เป็นสารละลายเจือจาง						
ข. สารละลายที่ได้เป็นสารละลายอิ่มตัว						
ค. สารละลายที่ได้เป็นสารละลายเจือจางมีสารตกผลึก 5 g						
ง. สารละลายที่ได้เป็นสารละลายเข้มข้นมีสารตกผลึก 5 g						
<b>สถานการณ์ที่ 4 ใช้ตอบคำถามข้อ 19-24</b>						
ถ้าครูวางชิ้นส่วนของพีชที่ใช้ศึกษา ได้แก่ ผิวส้มโอและต้นตะไคร้หอม ไว้บนโต๊ะทดลอง และจัดอุปกรณ์ไว้หลายชุดในห้องทดลองดังนี้						
ชุด A เทอร์โมมิเตอร์ ตะเกียงแอลกอฮอล์						
หลอดทดลอง						
ชุด B ถ้วยโลหะ ตะเกียงแอลกอฮอล์						
ชุดก้นกลมตะเกียง						
ชุด C ขวดรูปกรวย ตะเกียงแอลกอฮอล์						
เครื่องควบแน่น						
ชุด D กรวยแยก หลอดทดลอง บีกเกอร์						
ชุด E บีกเกอร์ กระจกทรงกรวยกรอง						
โดยเมื่อนักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลอง						
2 ครั้งแล้วได้ผลการทดลองดังตาราง						

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล			
	ผู้เชี่ยวชาญ								
	1	2	3						
การทดลอง	ชิ้นส่วนของพืช	ผลการทดลองที่เกิดขึ้น							
1	ผิวส้มโอหั่นฝอย	เกิดของเหลวสองชนิดแยกชั้นกันในบีกเกอร์ที่รองรับผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทดลอง							
2	ต้นตะไคร้หอม	มีชิ้นส่วนของตะไคร้ติดบนผ้าขาวบางและมีของเหลวใสในบีกเกอร์ด้านล่าง							
19.	ข้อใดเป็นการตั้งสมมติฐานที่สอดคล้องกับข้อมูลข้างต้นและเหมาะสมมากที่สุด (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)			+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก.	อุปกรณ์ชุด B มีผลต่อการกรองน้ำโคลนที่กรองด้วย อุปกรณ์ชุด B จะใสสะอาด								
ข.	อุปกรณ์ชุด A มีผลต่อการตกผลึกสารส้มที่ตกผลึกด้วยอุปกรณ์ชุด A จะได้ของผสมออกมาจากการตกผลึก								
ค.	อุปกรณ์ชุด D มีผลต่อการระเหยแห้งน้ำเกลือที่ระเหยแห้งด้วยอุปกรณ์ชุด D จะมีเกล็ดเกลือเกิดขึ้นในกรวยแยก								
ง.	อุปกรณ์ชุด C มีผลต่อการกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่นด้วยไอน้ำด้วยอุปกรณ์ชุด C จะได้ของผสมออกมาจากการกลั่น								



## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
23. ข้อใดสรุปผลการทดลองถูกต้องที่สุด (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การทดลองที่ 1 เป็นการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยของเหลวที่ได้เป็นของผสมน้ำมัน หอมระเหยจากผิวส้มโอกับน้ำที่กลั่น ออกมา						
ข. การทดลองที่ 1 เป็นการกรองโดยของ เหลวที่ได้เป็นของผสมน้ำมันหอมระเหย จากผิวส้มโอกับน้ำที่กลั่นออกมา						
ค. การทดลองที่ 2 เป็นการกลั่นด้วยไอน้ำ โดยของเหลวที่ได้เป็นน้ำมันหอมระเหย จากต้นตะไคร้หอมรวมตัวกับน้ำออกมา						
ง. การทดลองที่ 2 เป็นการกรองโดยของ เหลวที่ได้เป็นน้ำมันหอมระเหยจากต้น ตะไคร้หอมรวมตัวกับน้ำออกมา						
24. ข้อใดสรุปได้ถูกต้องที่สุด (ทักษะการ ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. การทดลองที่ 1 เป็นการกลั่นด้วยไอน้ำ ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการระเหยแห้ง						
ข. การทดลองที่ 1 เป็นการระเหยแห้งส่วน การทดลองที่ 2 เป็นการตกผลึก						
ค. การทดลองที่ 1 เป็นการกลั่นด้วยไอน้ำ ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการกรอง						
ง. การทดลองที่ 1 ทำโครมาโทกราฟีส่วน การทดลองที่ 2 เป็นการตกผลึก						



ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<b>สถานการณ์ที่ 5 ใช้ตอบคำถามข้อ 25-30</b>						
นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองโครมาโทกราฟีโดยการนำสารตัวอย่างสีเขียว A สีเขียว B สีแดง A สีแดง B โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายและกระดาษกรองเป็นตัวดูดซับแล้วได้ผลการทดลองดังนี้						
สีตัวอย่าง	สีที่แยกได้	ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (cm)	ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ (cm)			
สีเขียว A	สีฟ้า	5.0	10			
	สีเหลือง	8.0				
สีเขียว B	สีฟ้า	7.5	15			
	สีเหลือง	9.0				
สีแดง C	สีแดง	1.5	10			
	สีเหลือง	4.5				
สีแดง D	สีแดง	3.0	15			
	สีเหลือง	9.0				

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
25. สมมติฐานข้อใดไม่สอดคล้องกับการทดลอง (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ถ้าสีเขียว A และสีเขียว B เป็นสารเดียวกัน สีที่แยกได้จะเหมือนกันและมี $R_f$ เท่ากัน						
ข. ถ้าสีแดง C และสีแดง D เป็นสารต่างกัน สีที่แยกได้จะมี $R_f$ ต่างกัน						
ค. ถ้าสีเขียว A เป็นสารผสม จะแยกสีได้มากกว่า 1 สี						
ง. สารสีแดง C และสีแดง D เป็นสารชนิดเดียวกัน						
26. ข้อใดเป็นสมมติฐานที่สอดคล้องกับผลการทดลอง (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารสีเดียวกันมีองค์ประกอบเหมือนกัน						
ข. ปริมาณสารสีมีผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย						
ค. ความกว้างของกระดาษกรองมีผลต่อระยะในการเคลื่อนที่ของสาร						
ง. ถ้าสารที่แยกเป็นสารชนิดเดียวกัน จะมีค่า $R_f$ เท่ากันในสภาวะเดียวกัน						

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
27. ข้อใดเป็นการทำโครมาโทกราฟีที่ถูกต้อง (ทักษะการทดลอง)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
1) วัดระยะที่สารละลายเคลื่อนที่บนตัวดูด ซับโดยไม่ต้องรอให้สารละลาย เคลื่อนที่จนสุดกระดาษ						
2) จุดสีตัวอย่างกลางเส้นที่ขีดไว้แล้วแช่ สารละลายให้จุดสี สูงกว่าระดับของ ตัวทำละลาย						
3) วัดระยะการเคลื่อนที่ของสารจากเส้น ที่ขีดไว้ถึงกึ่งกลางจุดสีที่เคลื่อนที่บน ตัวดูดซับ						
ก. 1) และ 3)						
ข. 2) และ 3)						
ค. 1) และ 2)						
ง. 1) 2) และ 3)						
28. ข้อใดเป็นการทำโครมาโทกราฟีที่ถูกต้อง ที่สุด (ทักษะการทดลอง)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. ระดับของตัวทำละลายต้องอยู่ต่ำกว่าจุด สีตัวอย่างเสมอ						
ข. จุดสีตัวอย่างต้องจุดไว้บริเวณขอบของ กระดาษกรองเสมอ						
ค. ตัวทำละลายที่ดีที่สุดในทุกการทดลอง ของสารตัวอย่างควรใช้น้ำกลั่น						
ง. รอจนกว่าตัวทำละลายจะเคลื่อนที่ถึงขอบ บนของกระดาษกรองจึงนำมาหาระยะ การเคลื่อนที่						

## ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
29. ข้อใดสรุปผลการทดลองถูกต้องที่สุด (ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สารสีแดงที่ได้จากการแยกสีแดง C และ สีแดง D เป็นสารชนิดเดียวกัน						
ข. สารสีเหลืองที่ได้จากการแยกสีแดง C และสีแดง D เป็นสารชนิดเดียวกัน						
ค. สารสีฟ้าที่ได้จากการแยกสีเขียว A และ สีเขียว B เป็นสารชนิดเดียวกัน						
ง. สารสีเหลืองที่ได้จากการแยกสีเขียว A และสีเขียว B เป็นสารชนิดเดียวกัน						
30. ข้อใดเป็นการสรุปผลการทดลองที่ ถูกต้องที่สุด (ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป)	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ก. สีแดง C และสีแดง D เป็นสารชนิด เดียวกัน						
ข. สีเขียว A และสีเขียว B เป็นสารชนิด เดียวกัน						
ค. สีเขียว A และสีเขียว B มีสารสีฟ้าชนิด เดียวกันเป็นส่วนประกอบ						
ง. สีแดง C และสีแดง D มีสารสีเหลือง ชนิดเดียวกันเป็นส่วนประกอบ						

ตาราง 24 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
1. การทดลองเสมือนช่วยเตรียมความพร้อมให้นักเรียนก่อนทำการทดลองจริง	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
2. การทดลองเสมือนช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหา ทฤษฎีเกี่ยวกับการทดลองได้ด้วยตนเอง	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
3. การทดลองเสมือนสามารถย้อนกลับไปศึกษาในหัวข้อที่ไม่เข้าใจได้ตลอดตามความต้องการของนักเรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
4. การทดลองเสมือนให้ความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
5. การทดลองเสมือนมีภาพเคลื่อนไหวช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแยกสารด้วยวิธีต่าง ๆ มากขึ้น	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
6. การทดลองเสมือนกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
7. การทดลองเสมือนช่วยให้นักเรียนสนุกสนานเพราะสามารถเลือกศึกษาและทบทวนความรู้ได้ด้วยตนเองตามความต้องการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
8. การทดลองเสมือนช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ด้วยการคิดอย่างเป็นระบบและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน

## ตาราง 24 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
9. การทดลองเสมือนใช้งานง่าย	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
10. การทดลองเสมือนมีความเหมาะสมกับ วัยของนักเรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
11. การทดลองเสมือนสามารถช่วยเชื่อมโยง เนื้อหาและทฤษฎีเข้ากับการทดลองได้	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
12. การทดลองเสมือนไม่ซับซ้อนสะดวกต่อ การเรียนรู้ของนักเรียน	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
13. การทดลองเสมือนมีภาพนิ่งภาพ เคลื่อนไหวและเสียงที่ช่วยทำให้เกิด ความน่าสนใจในการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
14. การทดลองเสมือนช่วยให้เกิด สนุกสนานในการเรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
15. การทดลองเสมือนสามารถนำมาปรับให้ เข้ากับพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ได้	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

### ภาคผนวก ค

1. ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบระหว่างเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร
2. ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร
3. ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนและคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร
5. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
6. คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน
7. วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย t - test dependent samples
8. วิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย t - test dependent samples

ตาราง 25 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ  
ระหว่างเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
1*	0.68	0.43	ใช้ได้
2*	0.68	0.50	ใช้ได้
3	0.75	0.43	ใช้ได้
4	0.68	0.43	ใช้ได้
5	0.77	0.47	ใช้ได้
6*	0.77	0.47	ใช้ได้
7*	0.77	0.47	ใช้ได้
8*	0.72	0.37	ใช้ได้
9*	0.70	0.53	ใช้ได้
10*	0.67	0.27	ใช้ได้
11	0.72	0.37	ใช้ได้
12	0.77	0.47	ใช้ได้
13*	0.67	0.33	ใช้ได้
14	0.73	0.40	ใช้ได้
15*	0.70	0.33	ใช้ได้
16*	0.78	0.43	ใช้ได้
17	0.77	0.47	ใช้ได้
18*	0.68	0.50	ใช้ได้
19	0.63	0.33	ใช้ได้
20*	0.63	0.40	ใช้ได้
21	0.75	0.50	ใช้ได้
22*	0.68	0.30	ใช้ได้
23*	0.72	0.37	ใช้ได้
24*	0.75	0.43	ใช้ได้
25	0.77	0.47	ใช้ได้



ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
26*	0.63	0.53	ใช้ได้
27	0.75	0.43	ใช้ได้
28	0.72	0.43	ใช้ได้
29*	0.70	0.33	ใช้ได้
30*	0.73	0.47	ใช้ได้
31*	0.72	0.43	ใช้ได้
32*	0.70	0.40	ใช้ได้
33*	0.67	0.60	ใช้ได้
34*	0.68	0.30	ใช้ได้
35*	0.73	0.40	ใช้ได้
36	0.67	0.27	ใช้ได้
37	0.75	0.43	ใช้ได้
38*	0.62	0.43	ใช้ได้
39	0.72	0.43	ใช้ได้
40*	0.72	0.50	ใช้ได้

**หมายเหตุ :**

- 1) \* หมายถึง ข้อสอบที่คัดเลือก
- 2) นักเรียนที่ทำแบบทดสอบจำนวน 110 คน ใช้เทคนิค 27% แบ่งคะแนนของนักเรียน กลุ่มสูง 30 คน กลุ่มต่ำ 30 คน
- 3) ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (p) มีค่าระหว่าง 0.62 – 0.78 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.27 ขึ้นไป
- 4) ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.77

ตาราง 26 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ  
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
1	0.68	0.43	ใช้ได้
2*	0.68	0.50	ใช้ได้
3	0.75	0.43	ใช้ได้
4*	0.72	0.37	ใช้ได้
5	0.83	0.33	ตัดทิ้ง
6*	0.77	0.47	ใช้ได้
7	0.82	0.37	ตัดทิ้ง
8*	0.73	0.33	ใช้ได้
9*	0.70	0.53	ใช้ได้
10*	0.65	0.30	ใช้ได้
11	0.75	0.23	ใช้ได้
12	0.82	0.37	ตัดทิ้ง
13*	0.63	0.40	ใช้ได้
14	0.78	0.30	ใช้ได้
15	0.73	0.27	ใช้ได้
16	0.80	0.40	ใช้ได้
17*	0.77	0.47	ใช้ได้
18*	0.65	0.57	ใช้ได้
19*	0.62	0.37	ใช้ได้
20*	0.63	0.40	ใช้ได้
21	0.82	0.37	ตัดทิ้ง
22	0.68	0.30	ใช้ได้
23*	0.72	0.30	ใช้ได้
24	0.78	0.37	ใช้ได้
25	0.80	0.40	ใช้ได้

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
26*	0.63	0.53	ใช้ได้
27	0.78	0.37	ใช้ได้
28*	0.75	0.37	ใช้ได้
29	0.70	0.33	ใช้ได้
30	0.80	0.33	ใช้ได้
31	0.77	0.33	ใช้ได้
32	0.77	0.27	ใช้ได้
33*	0.67	0.60	ใช้ได้
34*	0.73	0.20	ใช้ได้
35*	0.77	0.33	ใช้ได้
36*	0.72	0.27	ใช้ได้
37*	0.58	0.43	ใช้ได้
38	0.78	0.37	ใช้ได้
39	0.72	0.43	ใช้ได้
40	0.77	0.40	ใช้ได้
41	0.80	0.33	ใช้ได้
42*	0.75	0.30	ใช้ได้
43*	0.72	0.30	ใช้ได้
44*	0.78	0.23	ใช้ได้
45	0.75	0.43	ใช้ได้
46*	0.70	0.47	ใช้ได้
47	0.80	0.33	ใช้ได้
48*	0.72	0.43	ใช้ได้
49*	0.70	0.33	ใช้ได้
50	0.80	0.20	ใช้ได้

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
51	0.73	0.47	ใช้ได้
52	0.73	0.47	ใช้ได้
53	0.78	0.30	ใช้ได้
54	0.72	0.37	ใช้ได้
55*	0.75	0.43	ใช้ได้
56*	0.72	0.30	ใช้ได้
57*	0.75	0.37	ใช้ได้
58	0.73	0.13	ตัดทิ้ง
59*	0.70	0.33	ใช้ได้
60*	0.68	0.37	ใช้ได้

**หมายเหตุ :**

- 1) \* หมายถึง ข้อสอบที่คัดเลือก
- 2) นักเรียนที่ทำแบบทดสอบจำนวน 110 คน ใช้เทคนิค 27% แบ่งคะแนนของนักเรียนกลุ่มสูง 30 คน กลุ่มต่ำ 30 คน
- 3) ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (p) มีค่าระหว่าง 0.58 – 0.78 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
- 4) ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

ตาราง 27 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
1*	0.72	0.50	ใช้ได้
2	0.73	0.40	ใช้ได้
3*	0.73	0.47	ใช้ได้
4	0.77	0.47	ใช้ได้
5	0.83	0.33	ตัดทิ้ง
6*	0.80	0.33	ใช้ได้
7*	0.58	0.57	ใช้ได้
8	0.72	0.37	ใช้ได้
9*	0.53	0.60	ใช้ได้
10	0.77	0.47	ใช้ได้
11*	0.67	0.27	ใช้ได้
12	0.75	0.43	ใช้ได้
13*	0.70	0.33	ใช้ได้
14	0.73	0.47	ใช้ได้
15*	0.63	0.60	ใช้ได้
16	0.57	0.73	ใช้ได้
17*	0.75	0.43	ใช้ได้
18	0.80	0.40	ใช้ได้
19*	0.62	0.43	ใช้ได้
20	0.73	0.47	ใช้ได้
21	0.72	0.30	ใช้ได้
22*	0.75	0.50	ใช้ได้
23*	0.72	0.30	ใช้ได้
24	0.77	0.47	ใช้ได้
25	0.75	0.43	ใช้ได้

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
26*	0.65	0.23	ใช้ได้
27*	0.73	0.53	ใช้ได้
28	0.68	0.17	ตัดทิ้ง
29*	0.65	0.43	ใช้ได้
30	0.72	0.50	ใช้ได้

**หมายเหตุ :**

- 1) \* หมายถึง ข้อสอบที่คัดเลือก
- 2) นักเรียนที่ทำแบบทดสอบจำนวน 110 คน ใช้เทคนิค 27% แบ่งคะแนนของนักเรียน  
กลุ่มสูง 30 คน กลุ่มต่ำ 30 คน
- 3) ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (p) มีค่าระหว่าง 0.53 – 0.80  
และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.23 ขึ้นไป
- 4) ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

ตาราง 28 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนและคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร จากนักเรียนจำนวน 10 คน

คนที่	คะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียน (25 คะแนน)					คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (30 คะแนน)	
	คะแนนที่ได้ในหน่วยที่					คะแนนที่ได้	ร้อยละ
	1	2	3	4	5		
1	4	4	4	4	4	24	80.00
2	3	4	3	3	4	21	70.00
3	4	3	4	4	3	22	73.33
4	3	4	2	3	3	19	63.33
5	4	4	4	4	5	23	76.67
6	4	3	4	4	3	20	66.67
7	3	2	4	4	4	20	66.67
8	4	4	3	3	3	19	63.33
9	4	5	4	4	3	23	76.67
10	3	4	3	4	4	21	70.00
เฉลี่ย	3.60	3.70	3.50	3.70	3.60		
ร้อยละ	72.00	74.00	70.00	74.00	72.00		
เฉลี่ยรวม	18.10					21.20	70.67
ร้อยละรวม	72.40 ( $E_1$ )					70.67	$E_2 = 70.67$

หมายเหตุ: แนวโน้มค่า  $E_1 / E_2 = 72.40 / 70.67$

ตาราง 29 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนและคะแนน  
จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสารจากนักเรียน  
จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียน (25 คะแนน)		คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (30 คะแนน)	
	คะแนนที่ได้	ร้อยละ	คะแนนที่ได้	ร้อยละ
1	22	88.00	28	93.33
2	21	84.00	25	83.33
3	23	92.00	27	90.00
4	19	76.00	21	70.00
5	24	96.00	28	93.33
6	20	80.00	23	76.67
7	19	76.00	21	70.00
8	18	72.00	19	63.33
9	24	96.00	27	90.00
10	19	76.00	24	80.00
11	23	92.00	25	83.33
12	19	76.00	21	70.00
13	17	68.00	22	73.33
14	24	96.00	27	90.00
15	23	92.00	26	86.67
16	21	84.00	27	90.00
17	18	72.00	21	70.00
18	16	64.00	22	73.33
19	17	68.00	23	76.67
20	18	72.00	24	80.00
21	23	92.00	26	86.67
22	22	88.00	27	90.00
23	20	80.00	21	70.00
24	23	92.00	25	83.33
25	24	96.00	28	93.33



ตาราง 29 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียน (25 คะแนน)		คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (30 คะแนน)	
	คะแนนที่ได้	ร้อยละ	คะแนนที่ได้	ร้อยละ
26	19	76.00	23	76.67
27	23	92.00	26	86.67
28	17	68.00	24	80.00
29	18	72.00	21	70.00
30	22	88.00	26	86.67
<b>เฉลี่ย</b>	<b>20.53</b>	<b>82.13</b>	<b>24.27</b>	<b>80.89</b>
<b>ร้อยละ</b>	<b>82.13</b>	<b><math>E_1 = 82.13</math></b>	<b>80.89</b>	<b><math>E_2 = 80.89</math></b>

หมายเหตุ: ค่า  $E_1 / E_2 = 82.13 / 80.89$

ตาราง 30 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	
	ก่อนเรียน (30 คะแนน)	หลังเรียน (30 คะแนน)
1	17	22
2	14	24
3	15	23
4	17	24
5	19	22
6	11	26
7	15	27
8	17	26
9	11	22
10	10	23
11	15	25
12	17	26
13	11	22
14	14	25
15	15	24
16	11	24
17	8	26
18	11	25
19	14	23
20	12	25
21	9	21
22	15	25
23	13	23
24	14	25
25	16	26

ตาราง 30 (ต่อ)

คนที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	
	ก่อนเรียน (30 คะแนน)	หลังเรียน (30 คะแนน)
21	14	25
22	19	23
23	12	23
24	12	24
25	16	24
26	12	21
27	13	20
28	11	23
29	15	24
30	14	25
31	13	23
32	10	20
33	12	24
34	11	20
35	15	26
36	14	25
37	19	23
38	12	23
39	12	24
40	16	24
รวม	540	949
เฉลี่ย	13.50	23.73

ตาราง 31 แสดงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่ม  
ตัวอย่างจำนวน 40 คน

คนที่	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
	ก่อนเรียน (15 คะแนน)	หลังเรียน (15 คะแนน)
1	5	13
2	10	14
3	7	10
4	8	14
5	5	12
6	9	11
7	8	12
8	7	14
9	5	11
10	6	12
11	8	14
12	9	13
13	9	14
14	6	11
15	7	12
16	8	13
17	10	15
18	8	11
19	8	11
20	5	11
21	4	10
22	9	14
23	8	13
24	6	11
25	5	10

ตาราง 31 (ต่อ)

คนที่	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
	ก่อนเรียน (15 คะแนน)	หลังเรียน (15 คะแนน)
26	6	13
27	7	12
28	5	11
29	5	12
30	7	13
31	6	12
32	7	12
33	5	11
34	6	11
35	5	12
36	6	13
37	7	13
38	7	14
39	5	13
40	6	11
รวม	270	489
เฉลี่ย	6.75	12.23

ตาราง 32 แสดงการวิเคราะห์ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนด้วย t - test dependent samples

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	ก่อนเรียนผลสัมฤทธิ์ - หลังเรียนผลสัมฤทธิ์	-10.23	2.778	.439	-11.11	-9.34	-23.279	39	.000

ตาราง 33 แสดงการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนด้วย t - test dependent samples

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	ก่อนเรียนทักษะ - หลังเรียนทักษะ	-5.48	1.358	.215	-5.91	-5.04	-25.489	39	.000



**ภาคผนวก**

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. แบบทดสอบแบบทดสอบระหว่างเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร
3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
4. แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร

**แบบทดสอบระหว่างเรียน**  
**วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 25 ข้อ**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดอธิบายการกรองถูกต้องน้อยที่สุด
 

ก. แยกสารเนื้อผสมออกจากกัน	ข. แยกสารบริสุทธิ์ออกจากสารละลาย
ค. แยกตัวถูกละลายออกจากตัวทำละลาย	ง. แยกของแข็งที่ไม่ละลายออกจากของเหลว
2. ของผสมใดต่อไปนี้สามารถแยกสารออกจากกันด้วยการกรอง
 

ก. น้ำส้มสายชูผสมน้ำ	ข. น้ำตาลอ้อยผสมน้ำ
ค. น้ำมันเบนซินผสมน้ำ	ง. น้ำกระเทียมมะพร้าวขูด
3. น้ำประเภทใดผ่านการกรองโดยธรรมชาติ
 

ก. น้ำฝน	ข. น้ำค้ำ
ค. น้ำคลอง	ง. น้ำบาดาล
4. วิธีใดเหมาะสมที่สุดสำหรับแยกเกลือจากหินออกจากเกลือแกง
 

ก. ละลายในตัวทำละลายแล้วกลั่น	ข. เลือกตัวทำละลายแล้วตกผลึก
ค. ละลายน้ำแล้วกรอง	ง. กลั่นลำดับส่วน
5. ผ้าขาวบางสามารถใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการแยกสารด้วยวิธีใด
 

ก. การกลั่น	ข. การกรอง
ค. การระเหิด	ง. การระเหยแห้ง
6. ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับการระเหยแห้งได้ถูกต้อง
 

ก. กระบวนการแยกสารเนื้อเดียวและมองเห็นเป็นสีเดียว	ข. กระบวนการแยกตัวทำละลายออกจากสารละลายอิมัตว์
ค. กระบวนการที่ทำให้ของเหลวกลายเป็นไอแล้วควบแน่นไอเป็นของเหลว	ง. กระบวนการเปลี่ยนสถานะตัวทำละลายเพื่อแยกตัวถูกละลายที่เป็นของแข็ง
7. วิธีที่ประหยัด สะดวกและรวดเร็วที่สุดในการแยกเกลือออกจากน้ำทะเล คือข้อใด
 

ก. การกลั่น	ข. การกรอง
ค. การระเหยแห้ง	ง. การตกผลึก
8. นักเรียนคิดว่าวิธีใดใช้แยกของแข็งบริสุทธิ์ที่ละลายอยู่ออกจากสารละลาย
 

ก. กรอง	ข. ระเหยแห้ง
ค. หาจุดเดือด	ง. หาจุดหลอมเหลว





18. การกลั่นด้วยไอน้ำใช้แยกสารออกจากส่วนประกอบของพืชข้อใดได้ยากที่สุด
- |                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| ก. ใบตะไคร้หอม   | ข. เนื้อว่านหางจระเข้ |
| ค. กลีบดอกกุหลาบ | ง. ใบยูคาลิปตัส       |
19. อุปกรณ์ในข้อใดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการกลั่นด้วยไอน้ำ
- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| ก. กระจกทรง         | ข. คอนเดนเซอร์    |
| ค. ตะเกียงแอลกอฮอล์ | ง. ขวดกลั่นกันกลม |
20. การผลิตสารใดที่อาศัยการกลั่นด้วยไอน้ำ
- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| ก. น้ำมันหอมจากดอกไม้ | ข. น้ำหวานสำเร็จรูป |
| ค. น้ำตาลทราย         | ง. น้ำอัดลม         |
21. หลักการสำคัญของวิธีโครมาโทกราฟีคืออะไร
- |  |
|--|
| ก. สารต่างชนิดกันถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับได้ต่างกัน  |
| ข. สารชนิดเดียวกันมีสมบัติเป็นตัวดูดซับต่างกัน     |
| ค. สารต่างชนิดกันมีสมบัติเป็นตัวดูดซับต่างกัน      |
| ง. สารชนิดเดียวกันสามารถซึมผ่านตัวดูดซับได้ต่างกัน |
22. การทำโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ใช้กระดาษทำหน้าที่ใด
- |  |
|--|
| ก. เป็นตัวทำละลายของสารที่ต้องการแยก   |
| ข. เป็นทางผ่านของสารที่ต้องการแยกทำให้เคลื่อนที่ไปได้                            |
| ค. ดูดซับสารไว้ ถ้าดูดซับมากทำให้สารนั้นเคลื่อนที่ได้ดีและแยกออกมาก่อน           |
| ง. ดูดซับสารไว้ ถ้าดูดซับมากทำให้สารนั้นเคลื่อนที่ได้ช้าสารจึงเคลื่อนออกมาทีหลัง |
23. การแยกสารตัวอย่างที่เป็นสารเนื้อเดียวด้วยวิธีโครมาโทกราฟีพบว่า บนกระดาษกรองมีสีปรากฏ 3 สี สารนี้คือสารอะไร
- |                 |              |
|-----------------|--------------|
| ก. ธาตุ         | ข. สารละลาย  |
| ค. สารบริสุทธิ์ | ง. สารประกอบ |
24. สารผสมใดสามารถแยกได้โดยวิธีการโครมาโทกราฟี
- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| ก. สารละลายสีผสมอาหาร | ข. น้ำผสมกับแอลกอฮอล์ |
| ค. น้ำมันดีเซล        | ง. น้ำนมสด            |
25. การเคลื่อนที่ของตัวทำละลายบนตัวดูดซับมีความสัมพันธ์กับปัจจัยใด
- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| ก. ความสามารถในการดูดซับสาร | ข. ความหนากระดาษที่ใช้ดูดซับ |
| ค. ความเข้มข้นของตัวทำละลาย | ง. ปริมาณของตัวดูดซับ        |

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**  
**วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 ข้อ**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดเป็นหลักการแยกสารด้วย “ การกรอง ”
  - ก. แยกสารเนื้อผสมที่องค์ประกอบของของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลว
  - ข. แยกสารเนื้อผสมที่มีอนุภาคของของเหลวปนอยู่ในสารละลาย
  - ค. แยกสารเนื้อผสมที่มีอนุภาคแก๊สปนอยู่ในสารละลาย
  - ง. แยกสารเนื้อผสมที่องค์ประกอบของสารที่ละลายน้ำได้
2. ต้มน้ำใบเตยบดละเอียดผสมน้ำสะอาด และคั้นน้ำเพื่อนำสีเขียวจากใบเตยไปทำขนม ต้มจะแยกน้ำสีเขียวออกจากกากใบเตยด้วยวิธีการใด
  - ก. การกลั่น
  - ข. การกรอง
  - ค. การระเหย
  - ง. การทำให้ตกตะกอน
3. ข้อใดต่อไปนี้เป็นวิธีแยกสารละลายของเกลือแกงที่มีทรายและผงตะไบเหล็กปนอยู่
  - ก. กรองแล้วใช้แม่เหล็กดูด
  - ข. ระเหยแล้วใช้แม่เหล็ก
  - ค. ใช้แม่เหล็กแล้วใช้การกรอง
  - ง. ใช้แม่เหล็กแล้วใช้การระเหย
4. ถ้าน้ำตาลทรายที่จะใช้ทำน้ำเชื่อมมีเศษผงปนอยู่ นักเรียนจะแยกเศษผงออกจากน้ำตาลทรายอย่างไร
  - ก. ละลายน้ำแล้วกลั่น
  - ข. ใช้ตะแกรงร่อนออก
  - ค. ละลายน้ำแล้วกรอง
  - ง. ละลายน้ำแล้วทำโครมาโทกราฟี
5. สารคู่ใดต่อไปนี้เป็นเมื่อนำไปละลายน้ำแล้วกรองจะพบสิ่งตกค้างบนผ้าขาวบางที่ใช้กรอง
  - ก. น้ำส้มสายชูกับน้ำมัน
  - ข. น้ำผึ้งกับน้ำตาลทราย
  - ค. น้ำตาลทรายกับฝุ่น
  - ง. น้ำตาลทรายกับเกลือแกง
6. ใครต่อไปนี้ใช้วิธีการแยกเม็ดทรายออกจากผงชูรสได้ดีที่สุด
  - ก. ต้มน้ำของผสมมาละลายในน้ำมันแล้วนำไปตกผลึก
  - ข. ต้มน้ำของผสมมาละลายในน้ำแล้วนำไประเหยแห้ง
  - ค. ต้มน้ำของผสมมาละลายในน้ำแล้วนำไปกลั่น
  - ง. ต้มน้ำของผสมมาละลายในน้ำแล้วนำไปกรอง

7. น้ำของแข็ง A ที่ละลายน้ำได้ดี ผสมกับของแข็ง B ที่ไม่ละลายน้ำ ถ้าต้องการสาร A นักเรียนจะมีวิธีแยกสารผสมคู่นี้ได้อย่างไร
- ละลายน้ำแล้วนำเฉพาะสารละลายที่ได้มาระเหยแห้ง
  - ละลายน้ำแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง
  - นำของผสมมากลั่นด้วยไอน้ำ
  - ละลายน้ำแล้วตกผลึก
8. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการระเหยแห้ง
- สารละลายมีสถานะของแข็ง
  - ใช้ตัวทำละลายที่ระเหยยาก
  - ของแข็งที่ละลายในสารละลายระเหยได้ง่าย
  - ใช้แยกสารผสมเนื้อเดียวที่มีของแข็งละลายอยู่
9. หากนักเรียนจะไปทัศนศึกษาเกี่ยวกับการระเหยแห้งนักเรียนควรไปที่ใด
- โรงงานผลิตขวดแก้ว จ.ปทุมธานี
  - พิพิธภัณฑ์หุ่นขี้ผึ้ง จ.นครปฐม
  - นาเกลือ จ.สมุทรสงคราม
  - ตลาดน้ำ จ.ราชบุรี
10. เด็กคนใดต่อไปนี้ทำรายงานเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการระเหยแห้งไม่ถูกต้อง
- นุ่นทำเรื่องการเกิดคราบเหลืองบนเสื้อนักเรียนกีฬา
  - หน้อยทำเรื่องการทำทำทรายริมแม่น้ำ
  - นิตทำเรื่องการผลิตเกลือสมุทร
  - น้ำทำเรื่องการผลิตเกลือสินเธาว์
11. เมื่อนำสารชนิดหนึ่งสถานะของเหลวใส ไปต้มในภาดหลุมโลหะจนแห้งผลที่ได้คือมีสารเหลืออยู่ที่ก้นภาดหลุมข้อสรุปใดถูกต้องที่สุด
- สารดังกล่าวเป็นสารละลาย
  - สารดังกล่าวเป็นสารเนื้อผสม
  - สารดังกล่าวเป็นสารบริสุทธิ์เนื้อเดียว
  - สารดังกล่าวเป็นสารบริสุทธิ์เนื้อผสม
12. เมื่อนำสารข้อใดมาระเหยแห้งด้วยภาดหลุมโลหะจะให้ผลการทดลองแตกต่างจากข้ออื่น
- แอลกอฮอล์ซีตแดล
  - น้ำหวานสีแดง
  - น้ำมันพืช
  - น้ำส้มสายชู

13. ถ้าตั้งบีกเกอร์สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตไว้นาน 7 วันก็ยังไม่เกิดการตกผลึก ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. สารละลายนั้นมีฝุ่นละอองปนอยู่มาก
- ข. สารละลายนั้นอิ่มตัว แต่อุณหภูมิไม่เป็นจุด
- ค. สารละลายนั้นไม่อิ่มตัว จึงไม่สามารถตกผลึกได้
- ง. สารละลายไม่ตกผลึก เพราะตัวถูกละลายเป็นของเหลว

14. ถ้านักเรียนต้องการให้เกิดผลึกสารส้มที่สมบูรณ์มากที่สุดควรทำเช่นไร

- ก. ทำให้ได้สารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้องพอแล้ว
- ข. ปลอ่ยให้สารละลายอิ่มตัวที่ร้อนเย็นตัวช้าๆ
- ค. แช่สารละลายอิ่มตัวในน้ำแข็ง
- ง. ละลายสารส้มไม่ต้องมาก

**คำชี้แจง** ใช้ตารางต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 15-18

สาร	ความสามารถในการละลายเป็นกรัมในน้ำ 100 cm <sup>3</sup>		
	30 °C	70 °C	100 °C
A	25	40	60
B	20	50	75
C	10	25	35
D	45	30	10

15. ใครต่อไปนี้ทำสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 70 °C ในน้ำ 100 cm<sup>3</sup>

- ก. แก้วละลายสาร A ปริมาณ 41 กรัม
- ข. ก้อยละลายสาร B ปริมาณ 45 กรัม
- ค. กล้วยละลายสาร C ปริมาณ 20 กรัม
- ง. แก้มละลายสาร D ปริมาณ 27 กรัม

16. นำสารชนิดหนึ่ง 15 กรัมมาละลายในน้ำ 100 cm<sup>3</sup> อุณหภูมิ 30 °C แล้วได้ละลายอิ่มตัวสารนั้นคือสารใด

- ก. สาร A
- ข. สาร B
- ค. สาร C
- ง. สาร D

17. สารใดที่มีความสามารถในการละลายแตกต่างจากสารอื่นและแตกต่างอย่างไร

- ก. สาร A ละลายได้มากขึ้นเมื่อร้อนขึ้น
- ข. สาร B ละลายได้มากขึ้นเมื่อเย็นลง
- ค. สาร C ละลายได้น้อยลงเมื่อเย็นลง
- ง. สาร D ละลายได้น้อยลงเมื่อร้อนขึ้น





28. นำของเหลว A ซึ่งไร้สี เมื่อนำไปประเหยจะเหลือของแข็ง B อยู่ เมื่อนำมาหาจุด หลอมเหลว พบว่า มีช่วงของการหลอมเหลวกว้างมาก จึงนำ A ไปแยกด้วยโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ แล้วส่องดูด้วยแสงอัลตราไวโอเลต พบว่า ส่วนประกอบแยกออกเป็นสองส่วน คือ C กับ D จากข้อมูลทั้งหมดข้อสรุปต่อไปนี้ข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. B เป็นของผสม
- ข. A เป็นสารละลาย
- ค. B เป็นสารประกอบ
- ง. C และ D เป็นสารบริสุทธิ์

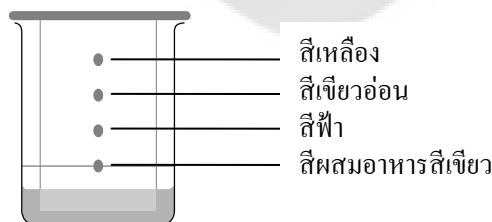
29. เมื่อนำของผสมที่ประกอบด้วยสาร A , B , C และ D มาแยกโดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษและใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมได้ผลดังตาราง

สาร	ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (cm)	ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ (cm)
A	3	15
B	5	15
C	7	15
D	9	15

ข้อใดสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องที่สุด

- ก. สาร A ถูกดูดซับได้น้อยที่สุด สาร D ถูกดูดซับได้มากที่สุด
- ข. สาร A ถูกดูดซับได้มากที่สุด สาร D ถูกดูดซับได้น้อยที่สุด
- ค. สาร B ถูกดูดซับได้ปานกลาง สาร D ละลายในตัวทำละลายได้ดีที่สุด
- ง. สาร C ละลายในตัวทำละลายได้ดีที่สุด สาร B ละลายในตัวทำละลายได้ปานกลาง

30. นำสีผสมอาหารสีเขียวไปจุดบนกระดาษโครมาโทกราฟีแล้วนำกระดาษไปจุ่มในตัวทำละลายในภาชนะที่ใส่น้ำแล้วได้ผลดังรูป ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง



- ก. สารสีเหลืองดูดซับได้ดีที่สุด
- ข. สารสีฟ้าละลายในตัวทำละลายได้ดี
- ค. สารสีเขียวอ่อนมีค่า  $R_f$  มากกว่าสารสีเหลือง
- ง. สีผสมอาหารสีเขียวมีสารองค์ประกอบ 3 ชนิด

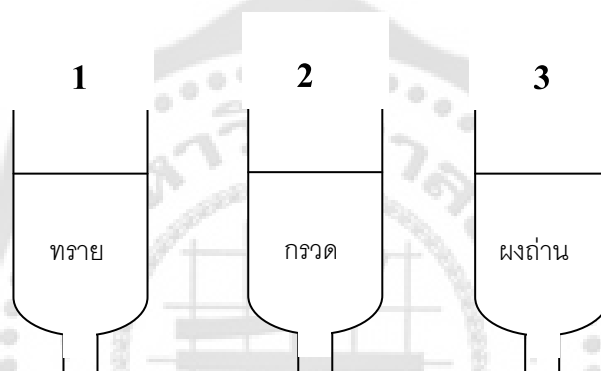


**แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**  
**วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 15 ข้อ**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

**สถานการณ์ที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 1-3**

นักเรียนคนหนึ่งต้องการนำน้ำคลองมาใช้โดยต้องทำด้วยวิธีที่สะดวกที่สุดโดยใช้อุปกรณ์ดังนี้  
 ขวดน้ำขนาด 1.5 ลิตรจำนวน 3 ขวดที่บรรจุ ทราย ผงถ่าน และกรวด ปริมาตร 500 ลูกบาศก์  
 เซนติเมตร แล้วทดลองตามภาพ



1. ข้อใดเป็นสมมติฐานของนักเรียนที่เหมาะสมมากที่สุด
  - ก. ความร้อนมีผลต่อความใสของน้ำ เมื่อตม้น้ำคลองที่อุณหภูมิต่างกัน น้ำที่ได้จะมีความใสต่างกัน
  - ข. ปริมาณน้ำคลองมีผลต่อความใสของน้ำ เมื่อปริมาณน้ำคลองที่ต่างกัน น้ำที่ได้จะมีความใสต่างกัน
  - ค. ขนาดของขวดมีผลต่อความใสของน้ำ เมื่อใช้ขวดขนาดต่างกัน น้ำที่ได้จะมีความใสต่างกัน
  - ง. วัสดุที่บรรจุในขวดมีผลต่อความใสของน้ำ วัสดุที่ต่างกัน น้ำที่ได้จะมีความใสต่างกัน
2. พิจารณารับขั้นตอนการทดลองต่อไปนี้
 

1) เทน้ำคลองใส่ขวด	2) วางบีกเกอร์เปล่าใต้ขวด
3) ตัดก้นขวดน้ำ 1.5 ลิตรออก	4) บรรจุทราย ผงถ่าน และกรวดในแต่ละขวด

ข้อใดเป็นลำดับขั้นตอนการทดลองที่ถูกต้องที่สุด

ก. 1) 2) 3) 4)	ข. 3) 4) 2) 1)
ค. 2) 1) 4) 3)	ง. 4) 1) 2) 3)

## 3. ข้อใดเป็นการสรุปผลการทดลองสอดคล้องกับตารางข้อมูล

วัสดุที่นำคลองผ่าน	ความใส	กลิ่น
ทราย	++	+++
กรวด	+	+++
ผงถ่าน	+++	+

หมายเหตุ + แทนระดับความใสและกลิ่น

- 1) ทรายมีความละเอียดมากกว่ากรวดแต่น้อยกว่าผงถ่าน
- 2) ผงถ่านช่วยดับกลิ่นกลิ่นได้ดีที่สุด
- 3) ทรายเหมาะใช้เป็นวัสดุกรองน้ำคลองครั้งนี้มากที่สุด

ก. ข้อ 1) 2)

ข. ข้อ 1) และ 3)

ค. ข้อ 2) และ 3)

ง. ข้อ 1) และ 2) และ 3)

## สถานการณ์ที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อ 4-6

ก้อยเตรียมน้ำเชื่อมเพื่อทำขนมหวานโดยละลายน้ำตาลทราย 500 g ในน้ำ 500 cm<sup>3</sup> พบว่าน้ำเชื่อมที่ได้หวานไม่พอและไม่มีน้ำตาลทรายเหลือสำหรับละลายเพิ่มอีก

## 4. ข้อใดเป็นสมมติฐานที่เหมาะสมที่สุดในการทำน้ำเชื่อมให้หวานมากที่สุด

- ก. ความร้อนมีผลต่อการระเหยของน้ำ เมื่อให้ความร้อนน้ำจะระเหยออกไป จะทำให้น้ำเชื่อมหวานขึ้น
- ข. ปริมาณน้ำมีผลต่อความหวาน เมื่อเติมน้ำละลายออก น้ำเชื่อมที่ได้จะหวานน้อยขึ้น
- ค. ขนาดถ้วยมีผลต่อการระเหยของน้ำ ถ้วยขนาดเล็กจะทำให้น้ำเชื่อมหวานขึ้น
- ง. อุณหภูมิมีผลต่อความหวาน เมื่อสารละลายที่อุณหภูมิสูงจะหวานน้อยลง

## 5. จากขั้นตอนการทดลองต่อไปนี้

1) ละลายเกลือแกงในน้ำ 30 cm<sup>3</sup>

2) ให้ความร้อนกับถ้วยโลหะ

3) เติมน้ำละลายเกลือแกงลงถ้วยโลหะ

4) ตวงน้ำ 30 cm<sup>3</sup> ใส่ในบีกเกอร์

ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการระเหยแห้งเหมาะสมที่สุด

ก. 3) 4) 1) 2)

ข. 1) 3) 4) 2)

ค. 2) 4) 3) 1)

ง. 4) 1) 3) 2)

6. ข้อใดเป็นการสรุปผลการทดลองได้เหมาะสมที่สุดตามผลการทดลองที่ได้

ข้อ	ผลการทดลอง	ข้อสรุป
ก.	น้ำเชื่อมแซ่เย็นหวานเท่ากับน้ำเชื่อมอุณหภูมิห้อง	ความหวานแปรผันตามอุณหภูมิ
ข.	ถ้วยขนาดเล็กน้ำระเหยออกช้ากว่าถ้วยขนาดใหญ่	ความหวานแปรผันตามขนาดถ้วย
ค.	เทสารละลายน้ำเชื่อมออกสารละลายน้ำเชื่อมที่เหลือหวานเท่าเดิม	ปริมาณสารละลายมีผลต่อความหวาน
ง.	ให้ความร้อน 20 นาทีที่น้ำเชื่อมที่ได้หวานขึ้น	ความร้อนช่วยระเหยน้ำออก น้ำเชื่อมเข้มข้นขึ้นจึงหวานขึ้น

สถานการณ์ที่ 3 ใช้ตอบคำถามข้อ 7-9

ครูให้เกล็ดสารตัวอย่างมวล 90 g และให้ข้อมูลของสารตัวอย่างดังตาราง

ความสามารถในการละลายของสารตัวอย่างในน้ำ 100 g ที่อุณหภูมิต่างๆ				
0 °C	30 °C	60 °C	80 °C	90 °C
20 g	35 g	60 g	80 g	85 g

7. ถ้าทดลองละลายเกล็ดสารตัวอย่างในน้ำ 100 g ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ข้อใดเป็นสมมติฐานที่เหมาะสมที่สุด

- ขนาดบีกเกอร์มีผลต่อการละลาย บีกเกอร์ขนาดต่างกัน ละลายสารตัวอย่างได้ไม่เท่ากัน
- ขนาดเกล็ดสารตัวอย่างมีผลต่อการละลาย สารตัวอย่างเกล็ดใหญ่จะละลายได้มากขึ้น
- อุณหภูมิมีผลต่อการละลาย ที่อุณหภูมิต่างกันสารตัวอย่างจะละลายได้ปริมาณต่างกัน
- ปริมาณน้ำมีผลต่อการละลาย น้ำปริมาณต่างกันจะละลายสารตัวอย่างได้ต่างกัน

8. การกระทำข้อใดสามารถทำให้เกิดผลึกได้

- ละลายสารตัวอย่าง 60 g ในน้ำ 100 g ที่อุณหภูมิ 60 °C
- ตั้งสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 90 °C อยู่นิ่งๆ 24 ชั่วโมง
- พยายามคนสารละลายสม่ำเสมอ

ก. 1) และ 3)

ข. 2) และ 3)

ค. 1) และ 2)

ง. 1) 2) และ 3)

9. จากตารางข้อมูล ข้อใดสรุปผลได้ถูกต้องที่สุด

- ก. สารชนิดนี้ละลายได้ 21 g ในน้ำ 100 g ที่ 10 °C
- ข. สารชนิดนี้ละลายได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- ค. สารชนิดนี้จะละลายได้หมด 90 g ในน้ำ 50 g ที่ 80 °C
- ง. ละลายสารนี้ในน้ำ 100 g ที่ 90 °C จะไม่ได้สารละลายอิ่มตัว

สถานการณ์ที่ 4 ใช้ตอบคำถามข้อ 10-12

ถ้าครูวางชิ้นส่วนของพืชที่ใช้ศึกษา ได้แก่ ผิวส้มโอและต้นตะไคร้หอม ไว้บนโต๊ะทดลองและจัดอุปกรณ์ไว้หลายชุดในห้องทดลองดังนี้

- ชุด A เทอร์โมมิเตอร์ ตะเกียงแอลกอฮอล์ หลอดทดลอง
- ชุด B ถ้วยโลหะ ตะเกียงแอลกอฮอล์ ชุดกันลมตะเกียง
- ชุด C ขวดรูปกรวย ตะเกียงแอลกอฮอล์ เครื่องควบแน่น
- ชุด D กรวยแยก หลอดทดลอง บีกเกอร์
- ชุด E บีกเกอร์ กระจกทรงกรวย กรวยกรอง

โดยเมื่อนักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลอง 2 ครั้งแล้วได้ผลการทดลองดังตาราง

การทดลอง	ชิ้นส่วนของพืช	ผลการทดลองที่เกิดขึ้น
1	ผิวส้มโอหั่นฝอย	เกิดของเหลวสองชนิดแยกชั้นกันในบีกเกอร์ที่รองรับ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทดลอง
2	ต้นตะไคร้หอม	มีชิ้นส่วนของตะไคร้ติดบนผ้าขาวบางและมี ของเหลวใสในบีกเกอร์ด้านล่าง

10. ข้อใดเป็นการตั้งสมมติฐานที่สอดคล้องกับข้อมูลข้างต้นและเหมาะสมมากที่สุด

- ก. อุปกรณ์ชุด B มีผลต่อการกรองสาร น้ำโคลนที่กรองด้วยอุปกรณ์ชุด B จะใสสะอาด
- ข. อุปกรณ์ชุด A มีผลต่อการตกผลึก สารส้มที่ตกผลึกด้วยอุปกรณ์ชุด A จะได้ของผสมออกมาจากการตกผลึก
- ค. อุปกรณ์ชุด D มีผลต่อการระเหยแห้ง น้ำเกลือที่ระเหยแห้งด้วยอุปกรณ์ชุด D จะมีเกล็ดเกลือเกิดขึ้นในกรวยแยก
- ง. อุปกรณ์ชุด C มีผลต่อการกลั่นด้วยไอน้ำ การกลั่นด้วยไอน้ำด้วยอุปกรณ์ชุด C จะได้ของผสมออกมาจากการกลั่น

11. ข้อใดเป็นชุดอุปกรณ์ที่นักเรียนกลุ่มนี้ควรเลือกใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ข้อ	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2
ก.	ชุด A	ชุด B
ข.	ชุด C	ชุด E
ค.	ชุด D	ชุด A
ง.	ชุด C	ชุด B

12. ข้อใดสรุปผลการทดลองถูกต้องที่สุด

- ก. การทดลองที่ 1 เป็นการกลั่นด้วยไอน้ำโดยของเหลวที่ได้เป็นของผสมน้ำมันหอมระเหยจากผิวส้มโอกับน้ำที่กลั่นออกมา
- ข. การทดลองที่ 1 เป็นการกรองโดยของเหลวที่ได้เป็นของผสมน้ำมันหอมระเหยจากผิวส้มโอกับน้ำที่กลั่นออกมา
- ค. การทดลองที่ 2 เป็นการกลั่นด้วยไอน้ำโดยของเหลวที่ได้เป็นน้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้หอมรวมตัวกับน้ำออกมา
- ง. การทดลองที่ 2 เป็นการกรองโดยของเหลวที่ได้เป็นน้ำมันหอมระเหยจากต้นตะไคร้หอมรวมตัวกับน้ำออกมา

สถานการณ์ที่ 5 ใช้ตอบคำถามข้อ 13-15

นักเรียนคนหนึ่งทำการทดลองโครมาโทกราฟีโดยการนำสารตัวอย่างสีเขียว A สีเขียว B สีแดง A สีแดง B โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลายและกระดาษกรองเป็นตัวดูดซับแล้วได้ผลการทดลองดังนี้

สีตัวอย่าง	สีที่แยกได้	ระยะทางที่สารเคลื่อนที่(cm)	ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่(cm)
สีเขียว A	สีฟ้า	5.0	10
	สีเหลือง	8.0	
สีเขียว B	สีฟ้า	7.5	15
	สีเหลือง	9.0	
สีแดง C	สีแดง	1.5	10
	สีเหลือง	4.5	
สีแดง D	สีแดง	3.0	15
	สีเหลือง	9.0	

13. ข้อใดเป็นสมมติฐานที่สอดคล้องกับผลการทดลอง

- ก. สารสีเดียวกันมีองค์ประกอบเหมือนกัน
- ข. ปริมาณสารสีมีผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย
- ค. ความกว้างของกระดาษกรองมีผลต่อระยะในการเคลื่อนที่ของสาร
- ง. ถ้าสารที่แยกเป็นสารชนิดเดียวกัน จะมีค่า  $R_f$  เท่ากันในสภาวะเดียวกัน

14. ข้อใดเป็นการทำโครมาโทกราฟีที่ถูกต้อง

- 1) วัดระยะที่สารละลายเคลื่อนที่บนตัวดูดซับโดยไม่ต้องรอให้สารละลายเคลื่อนที่จนถึงกระดาษ
  - 2) จุดสีตัวอย่างกลางเส้นที่ขีดไว้แล้วแช่สารละลายให้จุดสีสูงกว่าระดับของตัวทำละลาย
  - 3) วัดระยะการเคลื่อนที่ของสารจากเส้นที่ขีดไว้ถึงกึ่งกลางจุดสีที่เคลื่อนที่บนตัวดูดซับ
- ก. 1) และ 3)
  - ข. 2) และ 3)
  - ค. 1) และ 2)
  - ง. 1) 2) และ 3)

15. ข้อใดสรุปผลการทดลองถูกต้องที่สุด

- ก. สารสีแดงที่ได้จากการแยกสีแดง C และสีแดง D เป็นสารชนิดเดียวกัน
- ข. สารสีเหลืองที่ได้จากการแยกสีแดง C และสีแดง D เป็นสารชนิดเดียวกัน
- ค. สารสีฟ้าที่ได้จากการแยกสีเขียว A และสีเขียว B เป็นสารชนิดเดียวกัน
- ง. สารสีเหลืองที่ได้จากการแยกสีเขียว A และสีเขียว B เป็นสารชนิดเดียวกัน

กระดาษคำตอบวิชาวิทยาศาสตร์										คะแนน				
ชื่อ .....นามสกุล .....														
ชั้น.....เลขที่ .....														
<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ														
ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					21					41				
2					22					42				
3					23					43				
4					24					44				
5					25					45				
6					26					46				
7					27					47				
8					28					48				
9					29					49				
10					30					50				
11					31					51				
12					32					52				
13					33					53				
14					34					54				
15					35					55				
16					36					56				
17					37					57				
18					38					58				
19					39					59				
20					40					60				

## แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

### คำชี้แจง

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสารนี้ มีจุดประสงค์เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขการทดลองเสมือนเรื่องการแยกสาร และนำการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จึงใคร่ขอความร่วมมือจากนักเรียนตอบแบบสอบถามนี้ตามความเป็นจริงที่ตรงกับความพึงพอใจของนักเรียนมากที่สุดในแต่ละช่องความพึงพอใจ มีความหมายดังนี้

- |                    |             |                           |
|--------------------|-------------|---------------------------|
| ระดับความพึงพอใจ 5 | หมายความว่า | นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด  |
| ระดับความพึงพอใจ 4 | หมายความว่า | นักเรียนพึงพอใจมาก        |
| ระดับความพึงพอใจ 3 | หมายความว่า | นักเรียนพึงพอใจปานกลาง    |
| ระดับความพึงพอใจ 2 | หมายความว่า | นักเรียนพึงพอใจน้อย       |
| ระดับความพึงพอใจ 1 | หมายความว่า | นักเรียนพึงพอใจน้อยที่สุด |

ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความพึงพอใจที่มีต่อการทดลองเสมือนเรื่อง การแยกสารตามความเป็นจริงมากที่สุด

ข้อคำถาม	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. การทดลองเสมือนช่วยเตรียมความพร้อมให้นักเรียนก่อนทำการทดลองจริง					
2. การทดลองเสมือนช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหา ทฤษฎีเกี่ยวกับการทดลองได้ด้วยตนเอง					
3. การทดลองเสมือนสามารถย้อนกลับไปศึกษาในหัวข้อที่ไม่เข้าใจได้ตลอดตามความต้องการของนักเรียน					
4. การทดลองเสมือนให้ความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้					
5. การทดลองเสมือนมีภาพเคลื่อนไหวช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแยกสารด้วยวิธีต่างๆ มากขึ้น					

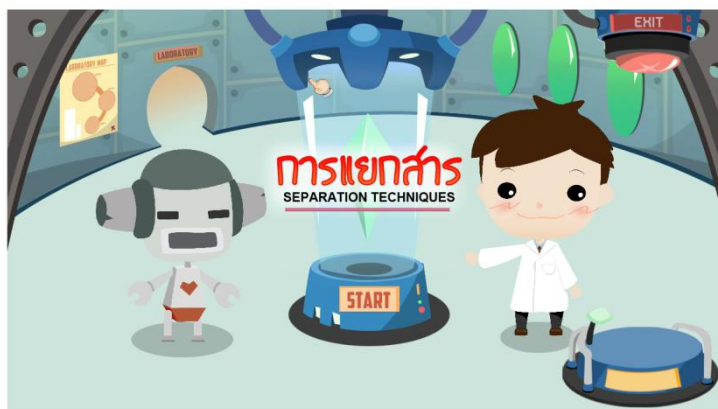






**ภาคผนวก จ**

1. ภาพตัวอย่างการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร  
การทดลองที่ 1 การกรอง  
การทดลองที่ 2 การระเหยแห้ง  
การทดลองที่ 3 การตกผลึก  
การทดลองที่ 4 การกลั่นด้วยไอน้ำ  
การทดลองที่ 5 โครมาโทกราฟี
2. ภาพการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 2



หน้าแรกของการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร



หน้าแนะนำการใช้โปรแกรม



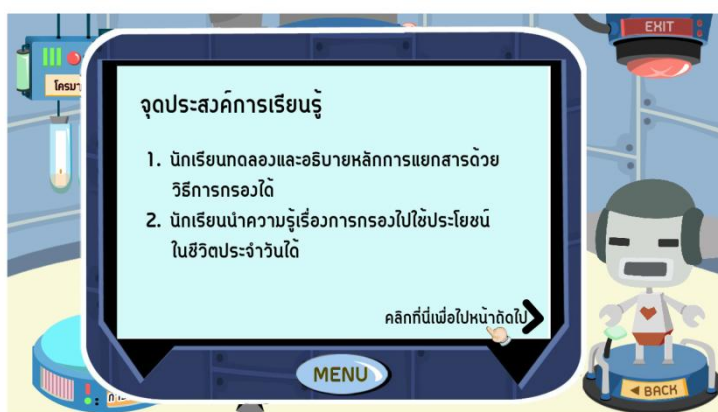
หน้าเมนูหลัก

ภาพประกอบ 8 แสดงภาพตัวอย่างการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร

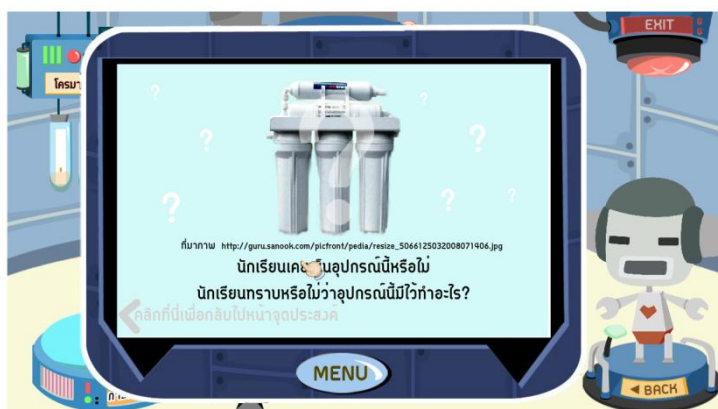
## การทดลองที่ 1 การกรอง



### หน้าเมนู เรื่อง การกรอง



### หน้าจุดประสงค์การเรียนรู้ของการทดลอง



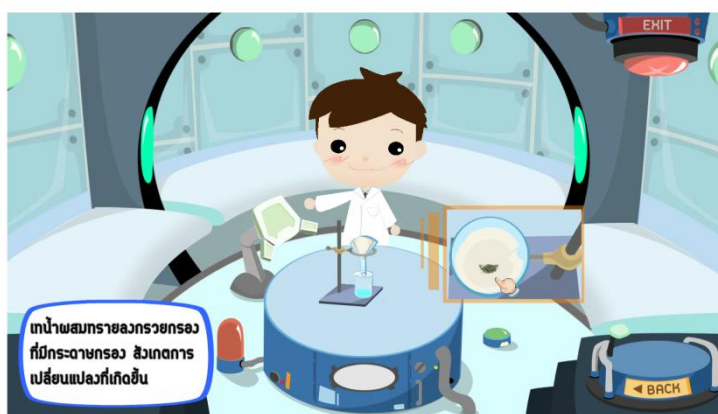
### หน้าสร้างความสนใจ



หน้าเมนูย่อย ชั้นสำรวจและค้นหา



หน้าการทดลองเสมือน



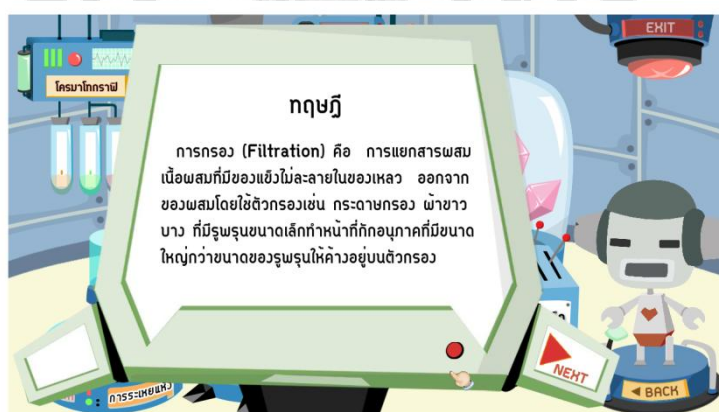
หน้าอินเทอร์เฟซการทดลองเสมือน



หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง เรื่อง การกรอง



หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง

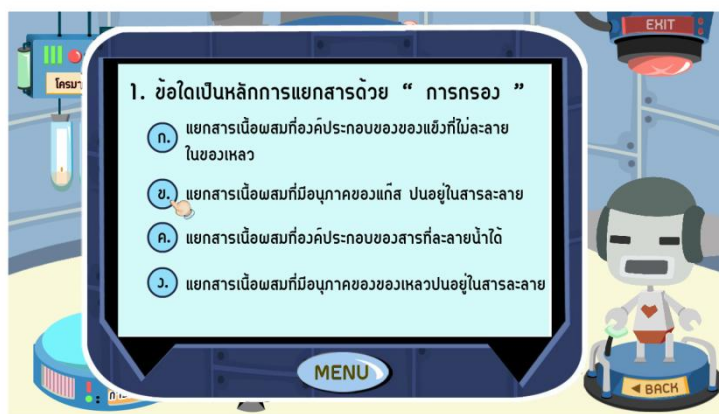


หน้าอธิบายและสรุป

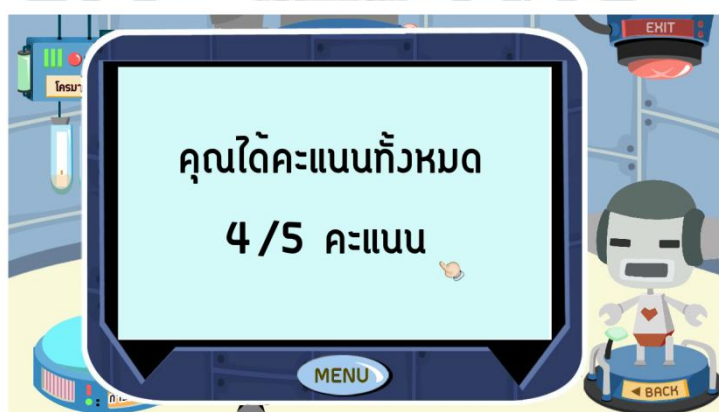




หน้าขยายความรู้



หน้าประเมินผล

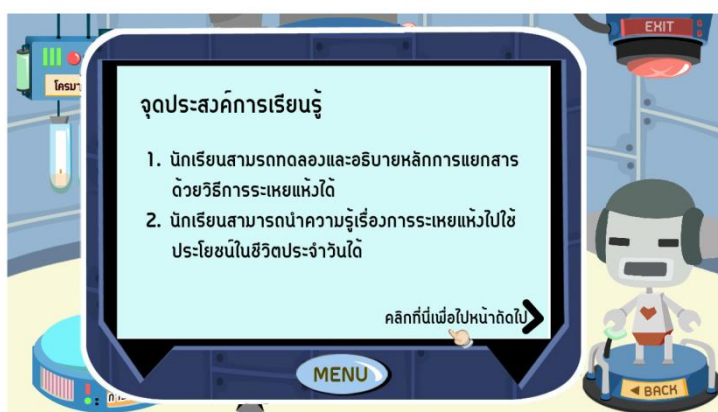


หน้านำเสนอคะแนนที่ได้

## การทดลองที่ 2 การระเหยแห้ง



### หน้าเมนู เรื่อง การระเหยแห้ง

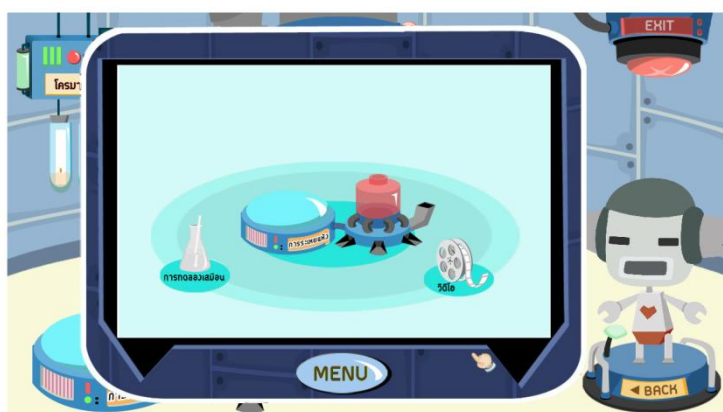


### หน้าจุดประสงค์การเรียนรู้ของการทดลอง



### หน้าสร้างความสนใจ





หน้าเมนูย่อย ชั้นสำรวจและค้นหา



หน้าการทดลองเสมือน



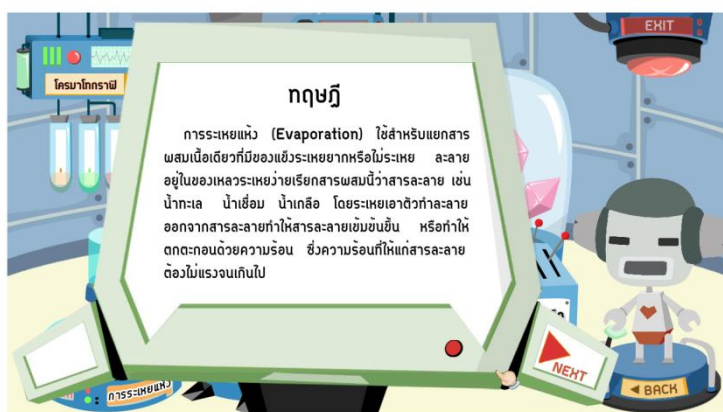
หน้านิเมชันการทดลองเสมือน



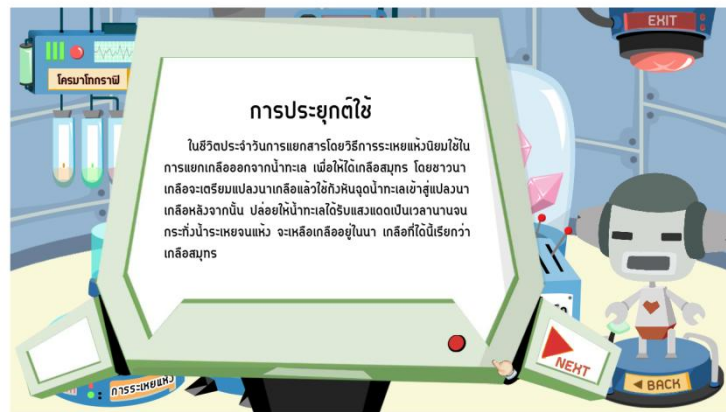
หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง เรื่อง การระเหยแห้ง



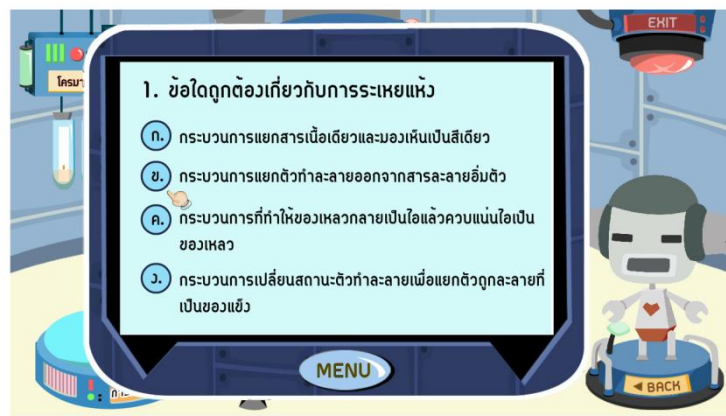
หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง



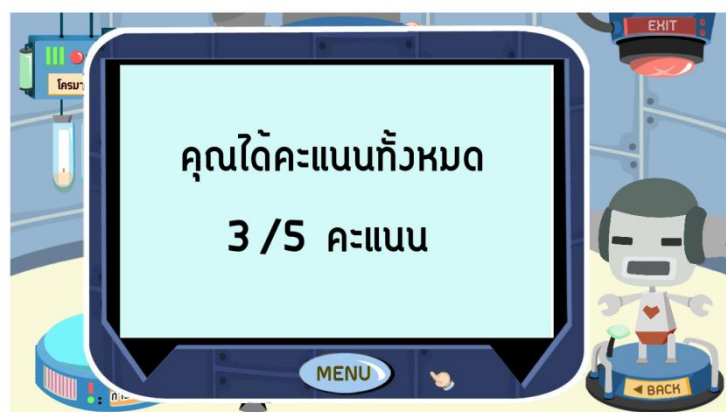
หน้าอธิบายและสรุป



หน้าขยายความรู้



หน้าประเมินผล

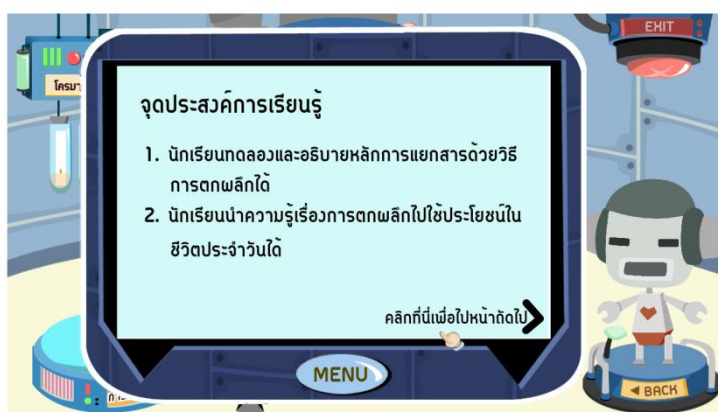


หน้านำเสนอคะแนนที่ได้

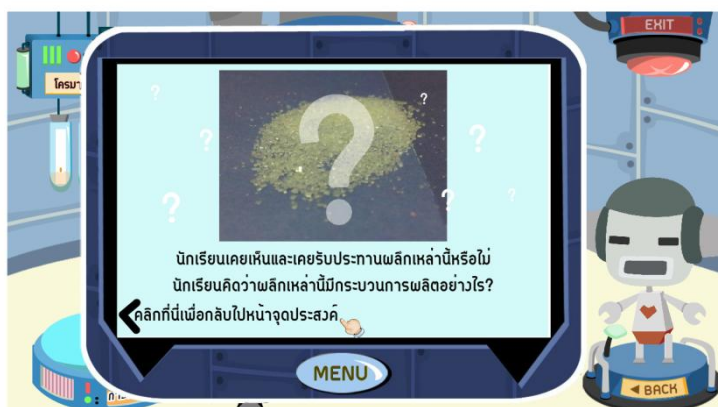
### การทดลองที่ 3 การตกผลึก



#### หน้าเมนู เรื่อง การตกผลึก



#### หน้าจุดประสงค์การเรียนรู้ของการทดลอง



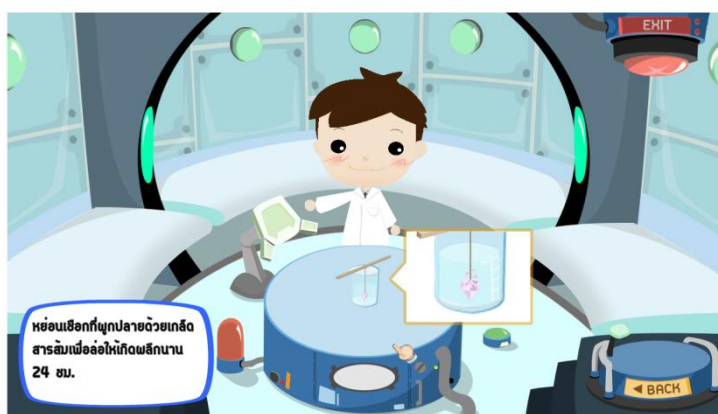
#### หน้าสร้างความสนใจ



หน้าเมนูย่อย ชั้นสำรวจและค้นหา



หน้าการทดลองเสมือน



หน้านิเมชันการทดลองเสมือน

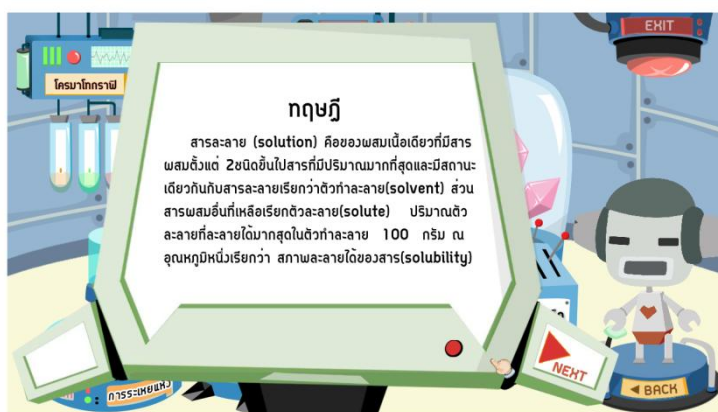




หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง เรื่อง การตกผลึก



หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง



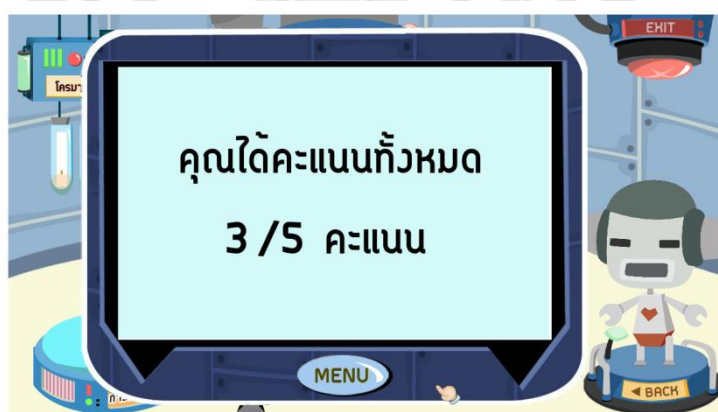
หน้าอธิบายและสรุป



หน้าขยายความรู้



หน้าประเมินผล

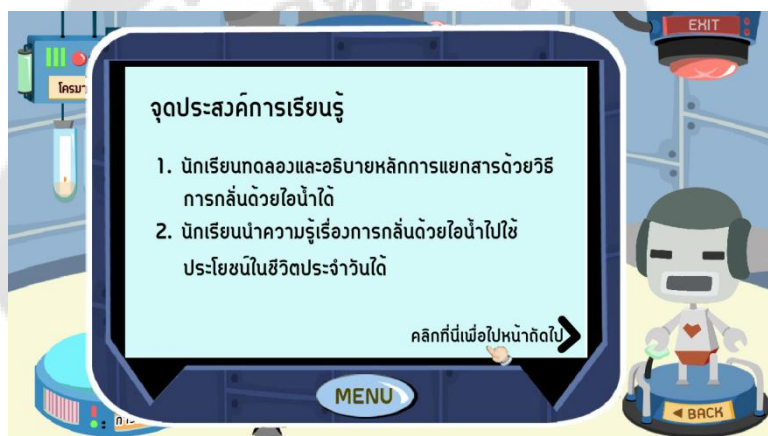


หน้านำเสนอคะแนนที่ได้

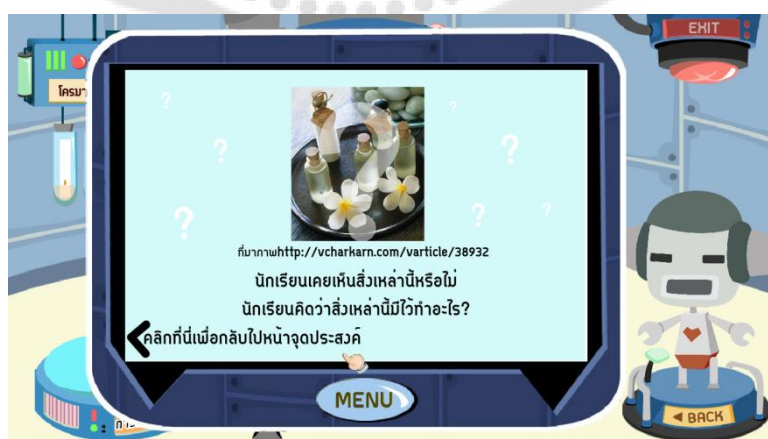
## การทดลองที่ 4 การกลั่นด้วยไอน้ำ



หน้าเมนู เรื่อง การกลั่นด้วยไอน้ำ

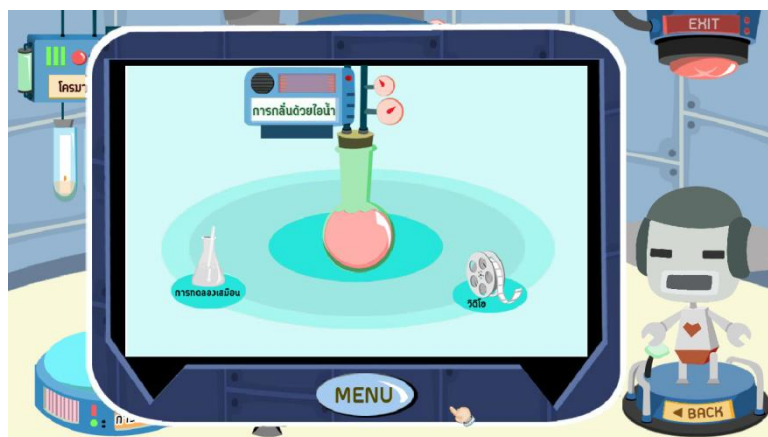


หน้าจุดประสงค์การเรียนรู้ของการทดลอง



หน้าสร้างแรงบันดาลใจ





หน้าเมนูย่อย ชั้นสำรวจและค้นหา



หน้าการทดลองเสมือน



หน้าอินเทอร์เฟซการทดลองเสมือน



หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง เรื่อง การกลั่นด้วยไอน้ำ



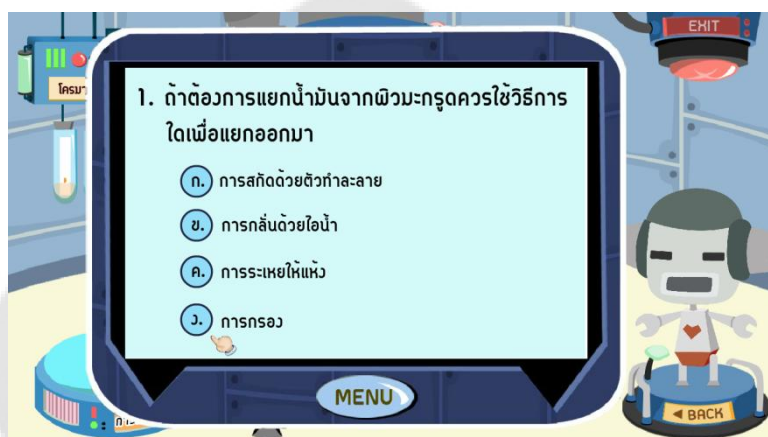
หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง



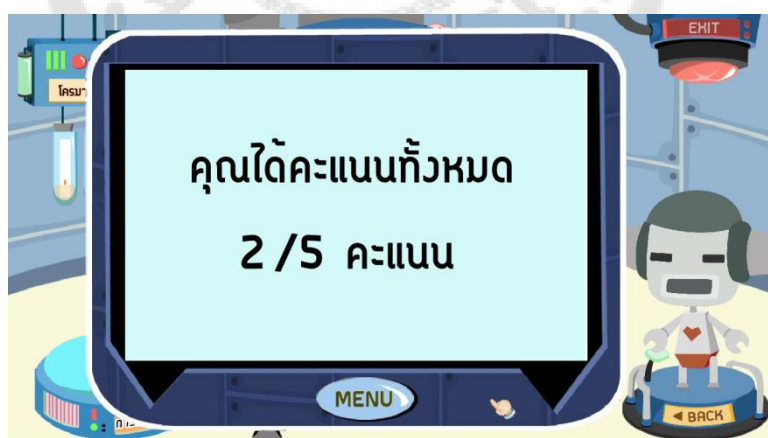
หน้าอธิบายและสรุป



หน้าขยายความรู้



หน้าประเมินผล

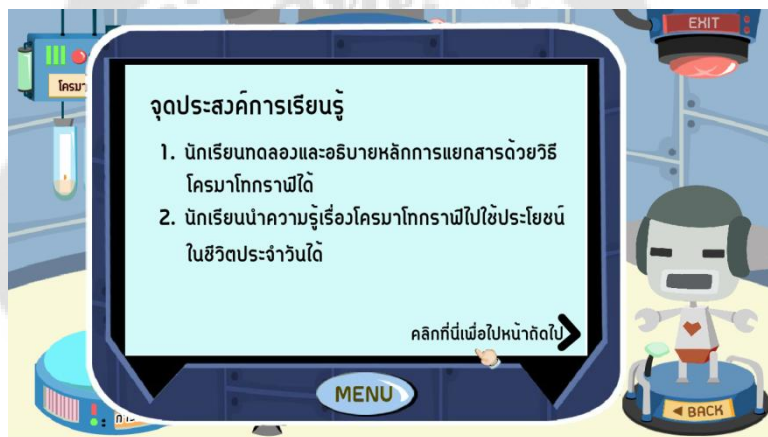


หน้านำเสนอคะแนนที่ได้

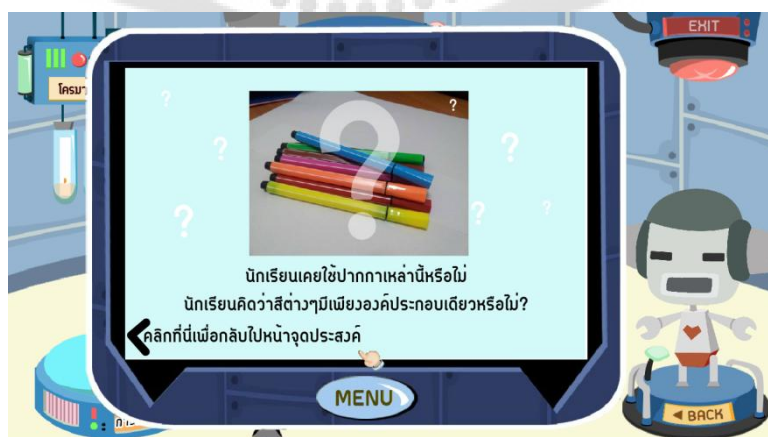
## การทดลองที่ 5 โครมาโทกราฟี



### หน้าเมนู เรื่อง โครมาโทกราฟี



### หน้าจุดประสงค์การเรียนรู้ของการทดลอง



### หน้าสร้างความสนใจ

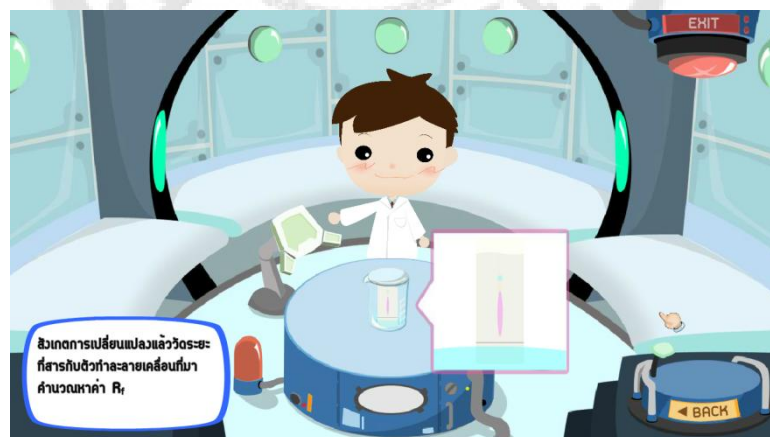




หน้าเมนูย่อย ชั้นสำรวจและค้นหา



หน้าการทดลองเสมือน



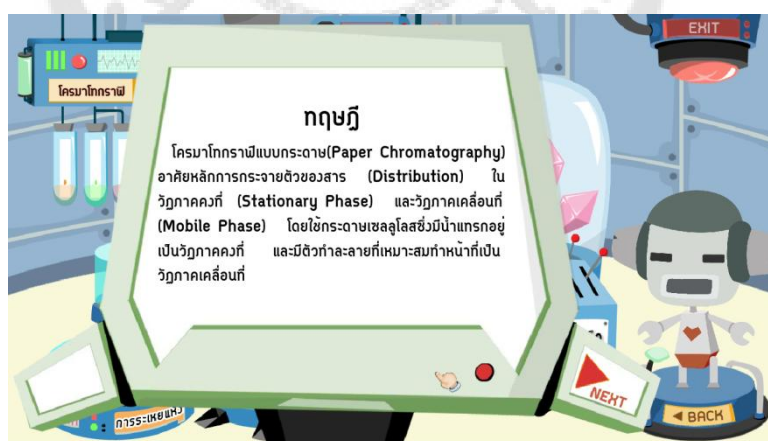
หน้าอินเทอร์เฟซการทดลองเสมือน



หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง เรื่อง โครมาโทกราฟี



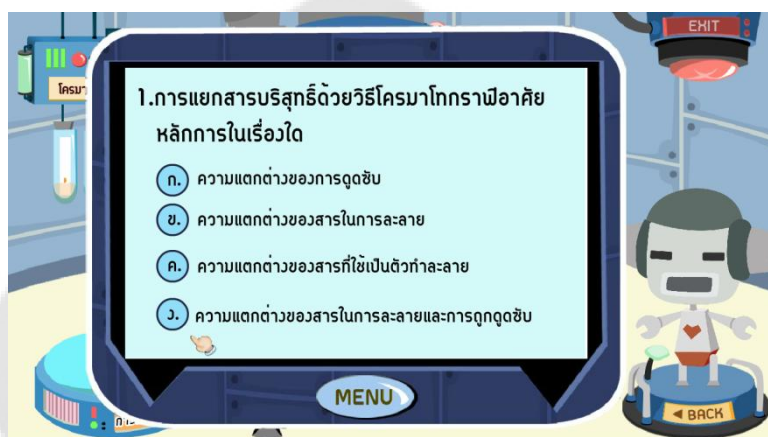
หน้าวีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลอง



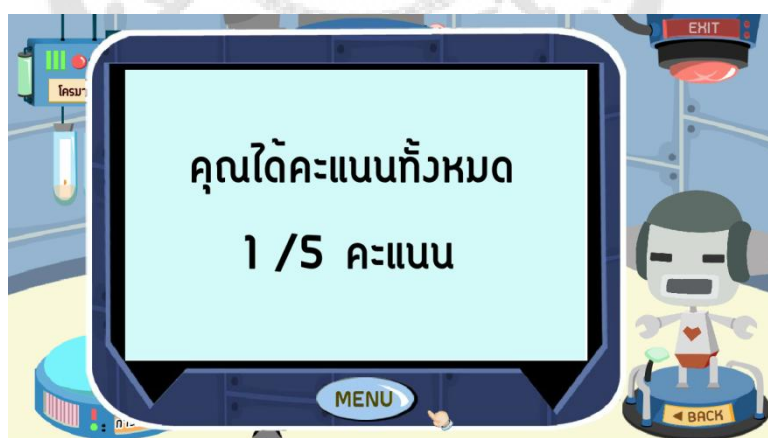
หน้าอธิบายและสรุป



หน้าขยายความรู้



หน้าประเมินผล



หน้านำเสนอคะแนนที่ได้



ภาพประกอบ 9 แสดงภาพการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 2





ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายนรชัย พิทักษ์พรชัย
วันเดือนปีเกิด	23 มิถุนายน 2522
สถานที่เกิด	อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	464/27 หมู่บ้านธีรินทร์ ซ.เพชรเกษม 48 ถ.เพชรเกษม แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย 35 ถ.ประมวญ แขวงสีลม เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร 10500
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535	ประถมศึกษา จากโรงเรียนดำเนินวิทยา จังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2538	มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนสายธรรมจันทร์ จังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2541	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสายธรรมจันทร์ จังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2545	การศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ.) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ เคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2557	การศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.ม.) เคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ