

การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางการเรียนของ
นิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
กุมภาพันธ์ 2557

การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางการเรียนของ
นิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี



ปฏิญานิพนธ์
ของ
ภัทริกา เจริญสุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
กุมภาพันธ์ 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพผลทางการเรียนของ
นิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
กุมภาพันธ์ 2557

ภัทริกา เจริญสุข. (2557). การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษา ประสิทธิภาพทางการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี. ปริญญาโท กศ.ม.(เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต, อาจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ, อาจารย์ ดร.จารุวัศ หนูทอง.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และ ศึกษาประสิทธิภาพทางการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นิสิตชั้นปีที่ 3 สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งลงทะเบียนเรียน ในรายวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (คม 390) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 46 คน โดยใช้กลุ่ม เป็นหน่วยการสุ่มอย่างง่ายได้ 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน เครื่องมือวิจัย คือ 1) การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร 2) แบบทดสอบระหว่างการ เรียนรู้ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และ 5) แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับสถิติที่ ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติที่ใช้หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือนด้วยค่า E_1/E_2 โดย กำหนดเกณฑ์ไม่น้อยกว่า 80/80 สถิติ t - test และสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยการศึกษา นำ ร้องกับนิสิตชั้นปีที่ 4 สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน พบว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตาม เกณฑ์ E_1/E_2 ที่กำหนดไว้

การทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน มีคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนและ นิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ พบว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลอง เสมือนยังมีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดีมาก

THE DEVELOPMENT OF VIRTUAL EXPERIMENT IN SEPARATION TECHNIQUES TO
STUDY LEARNING EFFICIENCY FOR THE THIRD-YEAR UNDERGRADUATE
STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Chemistry
at Srinakharinwirot University
February 2014

Pattarika Charoensuk. (2014). *The Development of Virtual Experiment in Separation Techniques to Study Learning Efficiency for The Third-Year Undergraduate Students*. Master thesis, M.Ed (Chemistry). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr.Piyarat Dornbundit, Dr.Piyada Jittangprasert, Dr.Jaruwat Noothong.

The purpose of this study was to develop the virtual experiment in separation techniques for studying the learning efficiency of the third year chemistry undergraduate students, Faculty of science, Srinakharinwirot University. The sample group consisted of 46 students who enrolled into analytical chemistry laboratory II (CH390) course in semester 1/2013. They were then separated into 2 groups by using the simple random sampling technique – 24 students in the controlled group and 22 students in the experimental group. The research tools consisted of 1) the virtual experiment in separation techniques, 2) a test during learning, 3) an achievement test, 4) a scientific skill test, and 5) an attitude towards about virtual experiment in separation techniques. The data were then analyzed to find the effectiveness of the experiment using E_1/E_2 which should not be less than the criteria 80/80, t - test, and descriptive statistics – percentage, mean, and standard deviation.

The efficiency of this virtual experiment in separation techniques was tested in the pilot study with 30 fourth-year chemistry students, Faculty of science, Srinakharinwirot University. The study results revealed that the virtual experiment in separation technique gained the effectiveness of 80.26/80.44 which reached the criteria of E_1/E_2 .

The study results revealed that students who studied by using the virtual experiment had significantly higher achievement and scientific process skills than before studying via this method at the significant level of .05. Likewise, students who studied by using the virtual experiment education had no significant difference of achievement and scientific process skills from those who did by the regular education. Moreover, the attitudes towards about virtual experiment in separation techniques were at the excellent level.

ปริญญาานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
เพื่อศึกษาประสิทธิภาพผลทางการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี
ของ
ภัทริกา เจริญสุข

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต) (รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ) (อาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(อาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง) (อาจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิณา เสียงเพราะ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้เนื่องจากความกรุณาจากอาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ และ อาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา หลักการคิด/แนวคิด วิธีการดำเนินการวิจัย ตลอดจนกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยดีตลอดมา จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันเอกหญิง ดร.อลิสา เสนามนตรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ มีสุวรรณ และอาจารย์ ดร.นวลละอ อ รัตน์วิมานวงศ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบและประเมินเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษาทั้งในด้านของเทคนิคการทำสื่อ เนื้อหาทางด้านวิชาเคมี เทคนิคด้านการนำเสนอ และวิธีกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ส่งผลให้การพัฒนาการทดลองเสมือนมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และสถานที่ และนิสิตชั้นปีที่ 3 และนิสิตชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่กรุณาเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่างให้แก่ผู้วิจัย และขอขอบคุณนายชนัดถ์ วงศ์รัตนะ นายปริวรรต ปธานราษฎร์ และนายกันตพงศ์ พุ่มอยู่ นิสิตคณะวิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการจัดทำทดลองเสมือนเป็นอย่างดี

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและคอยเป็นทั้งแรงใจ กำลังใจ ตลอดจนเป็นแรงผลักดันที่สำคัญให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสพัฒนาตนเองอยู่เสมอ

คุณค่าและประโยชน์อันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดา ผู้มีพระคุณ ตลอดจนครู อาจารย์ทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่คอยให้การดูแล อบรมสั่งสอน และให้ความเมตตาต่อผู้วิจัยเสมอมา

ภัทริกา เจริญสุข

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
กรอบแนวคิดการวิจัย	8
สมมติฐานการวิจัย	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
เอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี	10
เอกสารเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนา	12
เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	18
เอกสารเกี่ยวกับการสร้างสื่อมัลติมีเดีย	26
เอกสารเกี่ยวกับห้องเรียนเสมือนจริง	33
เอกสารเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือน	44
เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์	45
เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	51
เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	55
เอกสารเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	57
3 วิธีดำเนินการวิจัย	63
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	63
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	64
การเก็บรวบรวมข้อมูล	79
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	81
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	88
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	88

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	101
ความมุ่งหมายของงานวิจัย	101
สมมติฐานของการวิจัย	101
ความสำคัญของการวิจัย	102
ขอบเขตของการวิจัย	102
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	102
วิธีดำเนินการวิจัย	103
สรุปผลการวิจัย	107
อภิปรายผลการวิจัย	108
ข้อเสนอแนะ	115
บรรณานุกรม	116
ภาคผนวก	125
ภาคผนวก ก	126
ภาคผนวก ข	132
ภาคผนวก ค	235
ภาคผนวก ง	250
ภาคผนวก จ	285
ประวัติย่อผู้วิจัย	304

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างห้องเสมือนจริงกับห้องเรียนปกติ	38
2 แสดงการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ระดับปริญญาตรี	64
3 แสดงผลการวิจัยแบบ Randomized control group pretest-posttest design	79
4 แสดงผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิค การแยกสาร กับนิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน	89
5 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าร้อยละจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน (E_1) และ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2) ของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน	90
6 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยก สาร กับนิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน	91
7 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้น ปีที่ 3 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	92
8 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิต ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร.....	93
9 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนิสิตที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	95
10 แสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อน เรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิตที่เรียนรู้แบบ ปกติ	97
11 แสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น บูรณาการระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ	98
12 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยก สาร	133

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
13 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	136
14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลอง เสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	144
15 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	165
16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร.....	198
17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	231
18 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของแบบวัดเจตคติต่อการทดลอง เสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	233
19 แสดงค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบ ทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	236
20 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	238
21 แสดงค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการด้วย การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	241
22 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนฯ และ คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 10 คน	243
23 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนฯ และ คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 30 คน	244
24 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน	246
25 แสดงการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน ด้วย t - test dependent samples	247

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
26 แสดงการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน ด้วย t - test independent samples	247
27 แสดงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน	248
28 แสดงการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน ด้วย t - test dependent samples	249
29 แสดงการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน ด้วย t - test independent samples	249



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงกรอบแนวคิดงานวิจัย	8
2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างการวิจัยการศึกษากับการวิจัย และพัฒนาทางการศึกษา	13
3 รูปแบบโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาใหม่	21
4 รูปแบบเส้นตรง	21
5 รูปแบบอิสระ	22
6 รูปแบบวงกลม	22
7 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์	46
8 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์	46
9 ตัวอย่างของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	66
10 แสดงกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม	81
11 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนิสิต	95
12 แสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการระหว่างก่อนเรียนและหลัง เรียนของนิสิตกลุ่มทดลอง และนิสิตกลุ่มควบคุม	100
13 แสดงภาพตัวอย่างของการทดลองเสมือน	286

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษาจัดเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนประเทศไทยให้ก้าวสู่การเป็นประชาคมอาเซียน (ASEAN community) ปรากฏเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจน โดยในปฏิญญาว่าด้วยแผนงานสำหรับประชาคมอาเซียนได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการศึกษาว่าเป็นกลไกสำคัญที่จะนำพาให้อาเซียนสามารถบรรลุวิสัยทัศน์อาเซียนในปี ค.ศ. 2020 ได้ โดยเฉพาะการกล่าวถึงความสำคัญของการพัฒนามนุษย์โดยให้ประชาชนสามารถเข้าถึงโอกาสในการพัฒนาในด้านต่าง ๆ อาทิ การศึกษา การเรียนรู้ตลอดชีวิต การฝึกอบรม นวัตกรรม การส่งเสริมการป้องกันคุณภาพการทำงานและการประกอบอาชีพ รวมไปถึงการเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศ การวิจัย การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในอาเซียนจึงได้ทวีบทบาทมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องในหลากหลายด้านที่ส่งผลให้โลกเข้าสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ที่ทำให้มีนวัตกรรมในด้านของหลักสูตร การจัดห้องเรียน วิธีการเรียน การสอน ตลอดจนการบริหารจัดการโรงเรียนหรือสถานศึกษาสามารถก้าวพ้นข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่และเวลา (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. 2553: 7)

ในปัจจุบันจึงพบว่า การศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยพัฒนาสังคมและประเทศชาติให้ก้าวสู่สังคมแห่งคุณภาพ สังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ตลอดชีวิต ดังนั้นในปีพุทธศักราช 2542 จึงได้มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ และต่อมาก็มีแผนการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2545–2559 ขึ้น ซึ่งแผนยุทธศาสตร์ทางการศึกษาดังกล่าวผนวกกับนโยบายด้านการจัดการศึกษาของรัฐบาลนี้เองที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดการศึกษาของไทยให้พัฒนาไปสู่ความเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้อย่างแท้จริง ทำให้การศึกษาอยู่ใกล้เพียงเอื้อม ซึ่งก็คือการเอื้อมไปคลิกเมาส์เพียงเท่านั้น การเรียนรู้ทางด้านศาสตร์ต่าง ๆ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสนเทศ รวมถึงการพัฒนาสื่อการศึกษาในรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น บทเรียนมัลติมีเดีย (Multimedia) บทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Web-based instruction; WBI) การเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning) และอื่น ๆ กลายเป็นปัจจัยพื้นฐานทางการศึกษา เนื่องจากสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน นอกจากนี้การพัฒนาการเรียนรู้ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการพัฒนาปัจเจกบุคคล ดังนั้นการใช้สื่อการสอนจึงถือเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอน (สำเร็จ สาครเทศ. 2555: 1-2)

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ได้ให้ความหมายของสื่อการศึกษาไว้ว่า สื่อการศึกษา หมายถึง ระบบการนำวัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการมาใช้เป็นตัวกลางให้การศึกษาแก่ผู้เรียน (ชม ภูมิภาค. 2545: 66) โดยสื่อการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันนั้นสามารถจำแนกได้หลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายและความเหมาะสมของการเรียนการสอนในเรื่อง

นั้น ๆ ซึ่งกระบวนการเรียนการสอนที่ถือเอาครูเป็นศูนย์กลางนั้น ส่งผลทำให้กระบวนการเรียนการสอนด้อยคุณภาพและประสิทธิภาพ การเรียนรู้ชาติวิสัยทัศน์แห่งการพัฒนา ดังนั้นแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันจึงแปรเปลี่ยนไป อันจะเห็นได้ว่าปัจจุบันนี้ผู้เรียนได้เปลี่ยนบทบาทมาเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ ส่วนครูกลายเป็นเพียงผู้ให้การสนับสนุนทางด้านการเรียนการสอนและส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ (พรบ. การศึกษาแห่งชาติ 2542 มาตรา 4. 2542: 1-2) โดยกระบวนการสนับสนุนการเรียนการสอนและส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ที่ครูใช้เป็นตัวกลางถ่ายทอดความรู้จากครูสู่ผู้เรียนนั้นสามารถกล่าวได้ว่ามีหลากหลายกลวิธีด้วยกัน โดยมักจะนิยมเรียกกลมเม็ดที่ครูใช้ในการถ่ายทอดความรู้ระหว่างครูกับผู้เรียนในลักษณะนี้ว่า “วิธีสอน” ซึ่งวิธีสอนนั้นจะมีหลายวิธีการด้วยกัน เช่น วิธีสอนโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรม (Programmed instruction) จะเป็นวิธีการที่มุ่งช่วยให้ผู้เรียนรายบุคคลได้เรียนรู้ด้วยตนเองตามความสามารถ ความต้องการและความสนใจของตน เป็นต้น (ทิตนา เขมณี. 2554: 320-380)

สำหรับการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น นอกเหนือจากการจัดการเรียนรู้เพื่อสนองต่อความต้องการทางสังคมแล้ว สิ่งที่สำคัญไม่แพ้กันก็คือการวางแนวทางเพื่อช่วยชี้นำและเตือนสติสังคมให้พึงระลึกไว้เสมอว่า หัวใจของการศึกษา คือ การเสาะแสวงหาและสะสมความรู้ การนำความรู้สู่การปฏิบัติเพื่อส่วนรวมด้วยคุณธรรม พร้อม ๆ กับก้าวอย่างแห่งการเติบโตของประเทศที่ต้องอาศัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานในการพัฒนา (สิปปนนท์ เกตุทัต. 2541: 2-15)

เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในด้านชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ไม่เว้นแม้กระทั่งเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์จำเป็นจะต้องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิสัยทัศน์ ให้มีความเป็นเหตุเป็นผล รู้จักคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและทำให้สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่และมีหลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมที่เกิดขึ้นบนโลกสมัยใหม่ อันเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 92)

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนมีโอกาสน้อยมากที่จะได้ทำการศึกษาวิจัยหรือทดลองด้วยตนเอง ฉะนั้น ความอยากรู้อยากเห็นอันเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ และจิตใจที่ใฝ่รู้ของผู้เรียนจึงถูกกดทับไว้โดยปริยาย ภายใต้ระบบการศึกษาในปัจจุบันจึงเป็นเรื่องเพ้อฝันโดยสิ้นเชิงที่การศึกษาไทยจะก้าวล้ำไปสู่ความเป็นสากล ซึ่งเหตุผลสำคัญที่ขัดขวางการพัฒนานั้นเกิดมาจากโรงเรียนหรือสถานศึกษาส่วนใหญ่มักสอนให้ผู้เรียนท่องคำตอบ ผู้เรียนจึง

ชอบกวาดวิชามากกว่าการตั้งโจทย์หรือคำถาม และชอบกดปุ่มมากกว่าชอบตั้งเป้าหมาย สนใจผลหรือคะแนนมากกว่าสนใจกระบวนการ สนใจรายละเอียดเล็กน้อยมากกว่าสนใจหลักและโครงสร้าง ชอบสนใจเนื้อหา ตอบปัญหาต่อคำถามว่าจะอะไรหรือทำไมได้ดี แต่ไม่มีการสอนให้ตอบคำถามว่าอย่างไร หรือสนใจวิธีการ ครูมักสอนให้ท่องจำเนื้อหามากกว่ารู้แหล่งวิธีการที่จะทำได้มาซึ่งความรู้ ซึ่งกระบวนการเรียนการสอนลักษณะดังกล่าวนี้ผู้เรียนจะไม่สามารถเป็นนักวิทยาศาสตร์ได้เลย (ลีปพนนท์ เกตุทัต. 2541: 2-15) เนื่องจากกระบวนการสอนแบบท่องจำนี้ขัดแย้งกับธรรมชาติของศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างสิ้นเชิง ด้วยเหตุนี้การเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคใหม่ ยุคแห่งการก้าวเข้าสู่ประชาคมโลกจึงควรมีการปฏิวัติการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักการหรือธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดหลักสูตรให้เชื่อมโยงความรู้และกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เข้าด้วยกัน (ยงยุทธ ยุทธวงศ์. 2554: 107) สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์นั้นสิ่งสำคัญที่สุด คือ การสร้างความเข้าใจในเชิงบวกกับทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะให้แก่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนต้องทราบและเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เป็นสภาพหรือข้อเท็จจริงของความรู้หรือวิทยาศาสตร์จัดเป็นความรู้ที่เป็นระบบซึ่งได้จากการสังเกต ศึกษาและทดลอง เพื่อให้รู้ธรรมชาติหรือหลักเกณฑ์ของสิ่งที่ทำการศึกษานั้น ๆ

ดังนั้นสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ขาดคุณสมบัติทางด้านวิทยาศาสตร์ นอกจากกระบวนการสอนแบบให้ท่องจำแล้ว ยังอาจเกิดจากข้อจำกัดทางการศึกษา ในเรื่องของความพร้อมของสถานศึกษา ความรู้ ความชำนาญของครูในศาสตร์นั้น ๆ รวมถึงข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณ เช่น ในรายวิชาเคมีอาจมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายและอุปกรณ์ เนื่องจากสารเคมีส่วนใหญ่มีราคาแพง บวกกับอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้นั้นต้องมีความจำเพาะและมีราคาแพง อีกทั้งในการทดลองครั้งหนึ่งจำเป็นต้องใช้เวลานาน จึงอาจจะทำให้เกิดอุปสรรคต่อการปฏิบัติจริง ด้วยปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้เองจึงได้มีการคิดและประดิษฐ์สื่อการสอนหรือสื่อการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ขึ้นมาช่วยแก้ไขข้อบกพร่องทางการศึกษา ซึ่งสื่อการศึกษาที่เข้ามามีบทบาทช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนั้นมีหลากหลายรูปแบบด้วยกัน และจะเน้นไปทางด้านบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อให้สอดคล้องกับยุคแห่งการเป็นมนุษย์ยุคสังคมแห่งการเรียนรู้

จากข้อมูลการสอบถามผู้เรียนที่ศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ พบว่า ข้อจำกัดที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมาจากการขาดประสบการณ์ที่ได้จากการปฏิบัติจริง จึงทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากทฤษฎีเข้ากับความเป็นจริงได้ ซึ่งประสบการณ์ที่ว่านี้ก็คือ การได้ลงมือทำการทดลองจริง แต่สถานศึกษาส่วนใหญ่จะไม่สามารถสนองตอบความต้องการในส่วนนี้ได้ เนื่องจากสาเหตุดังที่กล่าวมาแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการขาดงบประมาณและอุปกรณ์ที่จะใช้ดำเนินการ หรือจำนวนผู้เรียนต่อจำนวนชุดของอุปกรณ์ไม่สอดคล้องกัน ทำให้ผู้เรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการทดลอง ส่งผลให้เด็กกลุ่มนี้ขาดทักษะที่ควรจะได้จากการลงมือทำ รวมถึงปัญหาเรื่องของเวลาที่ต้องใช้ในการเรียนการสอนค่อนข้างนาน จึงเป็นสาเหตุให้สถานศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการลงมือปฏิบัติ หรือทดลองจริง แต่เปลี่ยนมาใช้การ

บรรยายถึงกระบวนการ ขั้นตอน วิธีการ หรือแม้กระทั่งผลที่ได้จากการทดลองแทน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ ผู้เรียนส่วนใหญ่มักจะคุ้นเคยกันดีในนามที่เรียกกันว่า “แลปแห้ง (dry lab)” ด้วยอิทธิพลแห่งแลป แห้งนี้เองจึงทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่มีความรู้สึกที่วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สนุก ทำท่าย น่าค้นหา รวมถึงไม่ตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุนี้เองจึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนต่ำ แนวทางของการแก้ไขปัญหาในเรื่องของข้อจำกัดทางการศึกษาก็คือการนำสื่อการศึกษามาใช้เป็นเครื่องกระตุ้นความสนใจ และสร้างประสบการณ์จำลอง ให้แก่ผู้เรียน โดยสื่อการศึกษาที่นิยมใช้กันนั้นมีหลากหลาย เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่มีการจำลองการทดลองเสมือน พบว่า ผู้เรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนเป็นอย่างดี และผู้เรียนส่วนใหญ่รู้สึกพึงพอใจในการเรียนการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ (จันทิรา จินะวงศ์. 2549: 2)

จากปัจจัยทั้งหลายเหล่านี้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่า การนำสื่อมัลติมีเดียประเภทการทดลองเสมือน มาใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความ เข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น รวมถึงจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็น กระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน เรียกได้ว่าเป็นการสร้างมโนคติให้แก่ผู้เรียนนั่นเอง นอกจากนี้ บทเรียนคอมพิวเตอร์เสมือนยังเป็นเทคโนโลยีเชิงโต้ตอบ (Interactive) ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึก ของการมีส่วนร่วมในสถานการณ์ที่ไม่มีอยู่จริงที่สร้างขึ้นโดยคอมพิวเตอร์ ความเป็นจริงเสมือนจะทำให้ ผู้เรียนสามารถค้นหาและเชื่อมโยงไปยังสิ่งต่าง ๆ ได้เสมือนกำลังกระทำสิ่งนั้นอยู่จริง (กิตานันท์ มลิทอง. 2548: 204) และการนำข้อมูลเกี่ยวกับค่านิยมทางพฤติกรรมของผู้เรียนมาช่วยในการ ออกแบบบทเรียนจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกกระตือรือร้นและเปิดรับสื่อตั้งแต่แรกเห็น เพราะรู้สึกและ คุ้นเคยกับรูปลักษณะของบทเรียนนั่นเอง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนด้วยการ ทดลองเสมือนที่ต้องการนำเสนอแนวทางสำหรับการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ที่ใช้ "เทคโนโลยี" เป็นเครื่องมือ และจากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พบว่า ในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 390; Analytical chemistry laboratory II) ได้มีการเรียน การสอน เรื่อง การแยกสารด้วยเทคนิคต่าง ๆ ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาลึกลงไป ก็พบว่า ในการทดลอง เรื่อง การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี แบบเยื่อบาง และการแยกสารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสนั้นมีความยุ่งยาก ซับซ้อน ต้องใช้ ระยะเวลาในการปฏิบัตินาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะดำเนินการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งประกอบไปด้วย การแยกกรดไขมันในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี แบบกระดาษ การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ และการสร้าง อุปกรณ์อิเล็กโทรโฟรีซิสขนาดเล็กสำหรับแยกสารผสม เพื่อเป็นการจำลองกระบวนการทดลองให้ เป็นที่ประจักษ์แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำความรู้ที่ได้ไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ให้แก่ผู้เรียนด้วยคุณสมบัติของการทดลองเสมือนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกเหมือนได้ลงมือปฏิบัติจริง หรือมีส่วนร่วมอยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้น พร้อมทั้งเป็นการสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการทดลองเสมือนอีกด้วย

ผู้วิจัยคาดว่า การจัดการศึกษาแบบการทดลองเสมือนนี้จัดเป็นนวัตกรรมการศึกษาอย่างหนึ่งที่มีคุณค่า (ฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. 2547: 72-73) เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอนในลักษณะนี้เอื้อประโยชน์ให้แก่ผู้เรียนในหลายด้าน อาทิเช่น การไร้ข้อจำกัดทางด้านเวลา สถานที่ และความแตกต่างระหว่างบุคคล เพราะผู้เรียนสามารถเลือกเวลาเรียน สถานที่เรียน เลือกศึกษาได้ตามความสนใจและความถนัดได้ เป็นต้น รวมถึงการจัดการเรียนการสอนลักษณะนี้ยังเป็นการสนับสนุนนโยบายทางการปฏิรูปการศึกษาในเรื่องการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติในเรื่องของการนำเทคโนโลยีมาใช้พัฒนาการศึกษาอีกด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. พัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ที่มีประสิทธิภาพ
2. ศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
3. เปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนวิชาเคมีวิเคราะห์ ทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาหลักการ ทฤษฎี และวิธีการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และช่วยลดความผิดพลาดในการทดลอง สามารถพัฒนาผู้เรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ รวมทั้งทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการทดลองเสมือน อีกทั้งยังเป็นการช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดทักษะเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตอีกด้วย

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มควบคุมที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร คือ นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 390; Analytical chemistry laboratory II) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 68 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ที่สุ่มจากประชากรโดยมีกลุ่มเป็นหน่วยการสุ่มอย่างง่ายได้ 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ตัวแปรตาม คือ 1. ประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ

เนื้อหาที่ใช้

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ระดับปริญญาตรี โดยประกอบไปด้วย 3 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ

การทดลองที่ 2 การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ

การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้การวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด 13 ชั่วโมง ดังนี้ การทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมง การจัดการเรียนรู้ 3 การทดลอง ๆ ละ 3 ชั่วโมง และการทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง

นียมศัพท์เฉพาะ

1. การทดลองเสมือน หมายถึง บทปฏิบัติการที่จำลองกระบวนการ วิธีการ ขั้นตอนของการทดลอง ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ และสามารถทำการทดลองได้เสมือนว่าผู้เรียนอยู่ในห้องปฏิบัติการจริง โดยในงานวิจัยนี้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่ การแยกทรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ การแยกควัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ และการสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กลำสำหรับการแยกสารผสม

2. การเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน หมายถึง การเรียนรู้ผ่านบทเรียนการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เป็นสื่อในการถ่ายทอดความรู้ โดยผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนการทดลองเสมือนได้ตามความสนใจ ความถนัด และความสามารถของตนเอง

3. การเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติตามกิจกรรมทางการเรียน โดยมีครูเป็นผู้ถ่ายทอดสาระการเรียนรู้ตามแบบแผนที่กำหนดไว้ในประมวลการสอนรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

4. ประสิทธิภาพทางการเรียน หมายถึง ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ระดับปริญญาตรี ซึ่งช่วยพัฒนาผู้เรียนทางด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากความสามารถด้านการเรียนรู้ วิชาเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ระดับปริญญาตรี โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก โดยวัดจากพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่

1.) ด้านความรู้ หมายถึง ความสามารถในการระลึก นำสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ มโนคติ หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่อง เทคนิคการแยกสาร

2.) ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย ขยายความ ตีความและการแปลความหมาย โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ มโนคติ หลักการ กฎ และทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่อง เทคนิคการแยกสาร

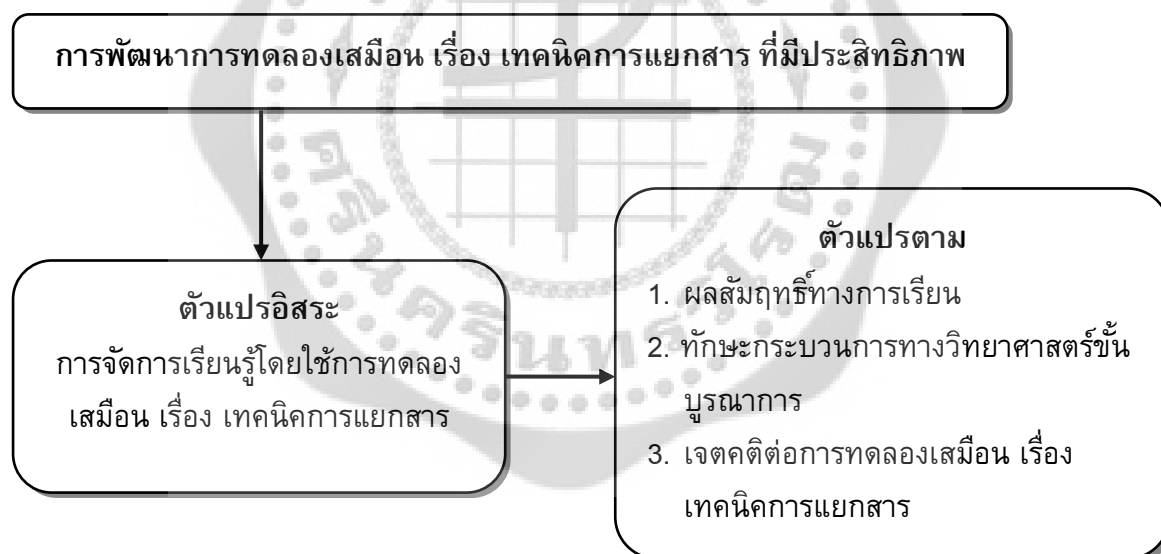
3.) ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่อง เทคนิคการแยกสาร ไปใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4.) ด้านการวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะพิจารณาถูรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ว่าสิ่งนั้นประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร

4.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ การคิด การค้นคว้าและแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการปฏิบัติและฝึกฝนอย่างมีระบบจนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4.3 เจตคติต่อการทดลองเสมือน หมายถึง ความรู้สึกหรือพฤติกรรมของบุคคลที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยอาจจะแบ่งออกเป็นทั้งในด้านดี หรือด้านลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับความรู้สึกส่วนบุคคล โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งเป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดงานวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80
2. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดี
5. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
6. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
2. เอกสารเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนา
3. เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
4. เอกสารเกี่ยวกับการสร้างสื่อมัลติมีเดีย
5. เอกสารเกี่ยวกับห้องเรียนเสมือนจริง
6. เอกสารเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง
7. เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
8. เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
9. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มีข้อมูลเฉพาะของหลักสูตร ดังนี้

1.1 ปรัชญาความสำคัญและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

1.1.1 ปรัชญา

ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเคมีที่มีคุณภาพและคุณธรรม นำความรู้สู่การ
พัฒนาประเทศ

1.1.2 ความสำคัญ

การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศให้มีความเจริญอย่างยั่งยืน การพัฒนาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยรากฐานของทฤษฎีและหลักการทางความคิดจิตวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกันในหลายสาขาวิชาเพื่อนำไปสู่การสร้างสรรคงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ที่มีประโยชน์ต่อประเทศชาติ วิชาเคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่เป็นศูนย์กลางเชื่อมต่อกับสาขาอื่น ๆ เช่น ชีววิทยา และฟิสิกส์ เป็นต้น นอกจากนี้วิชาเคมียังมีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ประยุกต์ในหลาย ๆ ด้าน ดังนั้น ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จึงมุ่งพัฒนาความเป็นเลิศทางเคมี และเคมีประยุกต์ ด้วยการบูรณาการความรู้ร่วมกับสาขาวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์อันพึง

ประสงค์ เปี่ยมด้วยคุณธรรม จริยธรรมเป็นที่ต้องการแก่สังคม และสามารถนำความรู้ไปประกอบอาชีพที่หลากหลายเพื่อนำไปสู่การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

1.1.3 วัตถุประสงค์

1.1.3.1 เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความรอบรู้ ใฝ่รู้ในวิชาเคมี วิทยาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

1.1.3.2 เพื่อให้บัณฑิตสามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพ ตลอดจนศึกษาวิจัยในระดับที่สูงขึ้น

1.1.3.3 เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีคุณธรรม จริยธรรม มีจรรยาบรรณต่อวิชาชีพและมีจิตสำนึกรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

ซึ่งจากแผนการศึกษาของหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1 พบว่า ในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 390; Analytical chemistry laboratory II) ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลนั้น มีคำอธิบายรายวิชาดังนี้

รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 390 Analytical chemistry laboratory II)	การทดลองที่สอดคล้องกับรายวิชา คม 351 ได้แก่ การแยกสารโดยวิธีการสกัด การวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ และแบบเยื่อบาง การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนไอออน แก๊ส และของเหลวสมรรถนะสูง

จากการศึกษาข้อมูลและเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 สามารถสรุปได้ว่า ในการจัดการสอนของหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒนั้น มีจุดประสงค์มุ่งเน้นให้นิสิตมีความเป็นเลิศทางเคมี และเคมีประยุกต์ ด้วยการบูรณาการความรู้ร่วมกับสาขาวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์อันพึงประสงค์ เปี่ยมด้วยคุณธรรม จริยธรรมเป็นที่ต้องการแก่สังคม และสามารถนำความรู้ไปประกอบอาชีพที่หลากหลาย เพื่อนำไปสู่การพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน

ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 สำหรับนิสิตชั้นปีที่ 3 ที่ได้ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาดังกล่าว โดยมีจุดประสงค์สำคัญเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเพื่อเป็นการ

ส่งเสริมให้บัณฑิตมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการแยกสารพื้นฐาน อันเป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 และสามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษาไปใช้ประกอบอาชีพ และก้าวไปสู่การพัฒนาประเทศต่อไปในอนาคต

เมื่อได้ดำเนินการศึกษาเนื้อหาประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ทำให้ผู้วิจัยมีความเห็นว่า เนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการนำมาศึกษาและพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารนั้น ประกอบไปด้วยเนื้อหาย่อย ๆ ดังนี้

การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ

การทดลองที่ 2 การแยกวุ้นกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ

การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับแยกสารผสม

2. เอกสารทางด้านการวิจัยและพัฒนา

2.1 ความหมายของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา (Education research and development)

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา หมายถึง กระบวนการสร้างสรรค์ การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงกระบวนการดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา (Education products) สำหรับนำไปใช้ในสถานศึกษา โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้ไม่ใช่เพียงแค่หนังสือหรือตำราเรียน แต่ยังรวมถึงวัสดุอุปกรณ์ ภาพยนตร์ประกอบการสอน โปรแกรมการสอน ระเบียบวิธีการสอน เป็นต้น ซึ่งการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาจะเป็นกระบวนการที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัย ส่งผลให้การจัดการศึกษากลายเป็นตัวเชื่อมเพื่อนำไปสู่ผลผลิตทางการศึกษาที่สามารถใช้ประโยชน์ได้จริงในการจัดการศึกษา นำไปสู่วิธีการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา เพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการศึกษา ส่งผลให้การวิจัยทางการศึกษาเกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น (จงรักสุกใส. 2550: 7-8; ประพันธ์ จันทรอับ. 2547: 8; เป็รื่อง กุ่มทุ. 2536: 2; Borg; & Gall. 1989: 782; Gay. 1976: 8)

2.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัยและพัฒนา

จุดมุ่งหมายของการวิจัยทางการศึกษา คือ การศึกษาค้นคว้าเพื่อหาคำตอบหรือความรู้ใหม่ๆ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการวิจัยพื้นฐาน หรือเกี่ยวกับการนำไปใช้ในการศึกษาไม่ใช่เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยในการวิจัยประยุกต์จะมีการผลิตสื่อหรือผลิตภัณฑ์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานของผู้วิจัยเพียงเท่านั้น จึงเป็นเรื่องยากที่จะนำผลิตภัณฑ์เหล่านั้นไปใช้จริงในสถานศึกษา เพราะฉะนั้นแนวทางที่จะช่วยเชื่อมต่อระหว่างช่องว่างของการวิจัยกับการใช้จริงในการศึกษาก็คือ “การวิจัยและพัฒนา” ซึ่งจะใช้สิ่งที่ค้นพบในการวิจัยพื้นฐาน การวิจัยประยุกต์ และการทดสอบการใช้ผลิตภัณฑ์จริงในสถานศึกษามาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Borg; & Gall. 1989: 782) ฉะนั้นการใช้กลยุทธ์

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาเพื่อปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาการศึกษา จึงเป็นการใช้ผลจากการวิจัยทางการศึกษา ให้ได้รับประโยชน์มากยิ่งขึ้น (ชวลีพร บัวสุวรรณ. 2550: 8-9) ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างการวิจัยการศึกษากับการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา

ที่มา: บุญสืบ พันธุ์ดี. (2537: 80).

2.3 องค์ประกอบของการวิจัยและพัฒนา โดยทั่วไปมี 4 องค์ประกอบด้วยกัน (ช่อบุญ จิราภภาพ. 2542: 21) ดังนี้

2.3.1 ผู้ต้องการใช้ผลจากการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ ผู้ที่ต้องการวิทยาการใหม่จากการวิจัยและพัฒนาไปใช้งาน ซึ่งผู้ต้องการใช้ผลการวิจัยจะเป็นผู้กำหนดเป้าหมายของการวิจัยแต่ละครั้ง

2.3.2 นักวิจัย ได้แก่ ผู้ทำวิจัย ซึ่งมีหน้าที่วางแผนการวิจัยให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในการช่วยหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาแก่ผู้ที่นำไปใช้

2.3.3 สถาบันที่ให้การสนับสนุนในการวิจัย ได้แก่ หน่วยงานราชการ องค์กรธุรกิจ เอกชนต่าง ๆ

2.3.4 สิ่งส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ ปัจจัยเสริมต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด และแหล่งสารสนเทศ สำหรับเตรียมข้อมูลในการวิจัย

2.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา

พันธณี วิหคโต (2536: 6) กล่าวถึงกระบวนการสำหรับพัฒนาสื่อการเรียนการสอนนั้นมีขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัญหา โดยจะต้องศึกษาทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ เพื่อระบุลักษณะของปัญหา เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐาน สำหรับใช้ในการศึกษาหรือเปรียบเทียบผลของการใช้สื่อนวัตกรรมชนิดนั้น ๆ ภายหลัง

2. ออกแบบสื่อนวัตกรรมในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ด้านของโครงสร้างและส่วนประกอบ เช่น สื่อการเรียนการสอนชุดนี้ควรประกอบไปด้วย คู่มือครู กิจกรรม สื่อ เครื่องมือวัดพฤติกรรม เจตคติ และแบบทดสอบ เป็นต้น

2.2 ด้านลักษณะของสื่อนวัตกรรม เช่น บอกที่มาของแนวคิด ทฤษฎี สื่อ และเครื่องมือที่ใช้ เป็นต้น

2.3 ด้านลักษณะการนำไปใช้ เช่น ควรมีการจัดอบรมครู วัด หรือทดสอบนักเรียนก่อนและหลังการใช้ ในช่วงระยะเวลาก่อนการใช้ 1 ภาคเรียน เป็นต้น

3. สร้างหรือพัฒนาสื่อนวัตกรรมตามแนวคิดหรือกรอบความคิดของรูปแบบที่กำหนด

4. ทดลองใช้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

4.1 นำสื่อนวัตกรรมไปทดลองใช้ (Try-Out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก เพื่อตรวจสอบคุณภาพของตัวสื่อการเรียนการสอนเอง เพื่อปรับปรุงในแต่ละส่วนให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง

4.2 นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในสถานการณ์จริง เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานวิจัย สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาต่อไป

นอกจากนี้บอร์กและกอลล์ (Borg; & Gall, 1989: 784 – 785) ได้กล่าวถึงขั้นตอนสำคัญของการวิจัยและพัฒนาสื่อไว้ 10 ขั้นตอน โดยอ้างอิงมาจาก R & D cycle ดังนี้

1. การค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล ขั้นนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย การสังเกตภาคสนาม ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ผลิตภัณฑ์การศึกษาที่กำหนด ถ้ามีความจำเป็นผู้ทำการวิจัยและพัฒนาอาจต้องทำการศึกษาวิจัยขนาดเล็ก เพื่อหาคำตอบที่งานวิจัยและทฤษฎีที่มีอยู่ไม่สามารถตอบได้ก่อนที่จะเริ่มทำการพัฒนาต่อไป

2. วางแผนวิจัยและพัฒนา ขั้นนี้ประกอบไปด้วย

2.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์

2.2 ประมาณค่าใช้จ่าย กำลังคน และเวลาที่ต้องใช้เพื่อศึกษาหาความเป็นไปได้

2.3 พิจารณาผลของผลิตภัณฑ์

3. พัฒนารูปแบบขั้นตอนผลิตภัณฑ์ ขั้นนี้เป็นการออกแบบและจัดทำผลิตภัณฑ์การศึกษาตามที่วางแผนไว้ เช่น ถ้าเป็นโครงการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรอบรมระยะสั้นก็ต้องออกแบบหลักสูตร เตรียมวัสดุของหลักสูตรคู่มือฝึกอบรม เอกสารในการฝึกอบรม และเครื่องมือการประเมินผล

4. ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1 ขั้นนี้เป็นการนำผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและจัดเตรียมไว้ในขั้น 3. ไปทดลองใช้เพื่อทดสอบคุณภาพขั้นต้นของผลิตภัณฑ์ในสถานศึกษา จำนวน 1 แห่ง ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กประมาณ 3 คน ทำการประเมินผลโดยการใช้การสังเกตและการสัมภาษณ์ แล้วรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์

5. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1 ขั้นนี้เป็นการนำข้อมูล และผลการทดลองที่ได้จากขั้น 4. มาพิจารณาปรับปรุง

6. ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 2 ขั้นนี้เป็นการนำผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองเพื่อทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามวัตถุประสงค์ในโรงเรียนจำนวน 1 โรงเรียน ใช้กลุ่มตัวอย่างประมาณ 15 คน ทำการประเมินผลเชิงปริมาณ ในลักษณะทำการทดสอบก่อนเรียนและทำการทดสอบหลังเรียน นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์

7. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 2 นำข้อมูลและผลการทดลองจากขั้น 6. มาพิจารณาปรับปรุงใหม่

8. ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 3 ขั้นนี้เป็นการนำผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงไปทดลองเพื่อทดสอบคุณภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ใช้ตามลำพังในสถานศึกษา จำนวน 1 แห่ง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างประมาณ 30 - 100 คน ประเมินผลโดยการใช้การสังเกต และการสัมภาษณ์แล้วรวบรวมข้อมูลมาดำเนินการวิเคราะห์

9. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 3 (ครั้งสุดท้าย) นำข้อมูลจากการทดลองขั้น 8. มาพิจารณาปรับปรุงเพื่อผลิต และเผยแพร่ต่อไป

10. เผยแพร่และนำไปใช้ ขั้นนี้เป็นการเสนอรายงานเกี่ยวกับผลการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในที่ประชุมสัมมนาทางวิชาการ หรือวิชาชีพ หรือพิมพ์เผยแพร่สำหรับใช้ในสถานศึกษาต่าง ๆ หรือติดต่อบริษัทเพื่อผลิตจำหน่ายต่อไป จากขั้นตอนข้างต้นนักการศึกษาได้ สรุปว่า การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาเป็นรูปแบบการวิจัยที่สามารถนำไปปรับปรุงพัฒนา ใช้ในสถานการณ์จริงได้ทั้งวิจัยพื้นฐานและการวิจัยประยุกต์ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทางด้านการศึกษาให้ก้าวทันกับโลกเทคโนโลยี และสังคมโลกที่เปลี่ยนแปลงไป และสามารถนำผลจากการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติมศักยภาพในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

สรุปได้ว่า การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาให้เป็นรูปแบบการวิจัยที่สามารถนำไปใช้ปรับปรุง พัฒนา สำหรับใช้ในสถานการณ์จริงได้ การพัฒนาที่สอดคล้องกับสภาพของสังคมและเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป ช่วยลดช่องว่างของปัญหาผลผลิตทางการศึกษา และสามารถนำผลการวิจัยและพัฒนาไปใช้ในสถานศึกษาประเภทต่าง ๆ ได้ (บุญช่วย วิรัตน์. 2550: 35-36)

2.5 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพ

การหาประสิทธิภาพเป็นกระบวนการสำคัญในการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา โดยจะเป็นเครื่องมือที่ทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์หรือสื่อที่ใช้กับนักเรียนเกิดประสิทธิผลต่อการเรียน

การสอนหรือไม่ มากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถแบ่งการประเมินผลสื่อการสอนเพื่อปรับปรุงได้ 3 ลักษณะด้วยกัน (บุญช่วย วิรัตน์. 2550: 36) คือ

1. การประเมินผลแบบตัวต่อตัว เป็นการประเมินที่เกิดขึ้นจากนักพัฒนาการเรียนการสอนได้ทำการประเมินสื่อการสอนกับผู้เรียนคนหนึ่งซึ่งเป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่ม โดยผู้ประเมินจะต้องจับปฏิกิริยา และพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อค้นหาข้อบกพร่อง ข้อผิดพลาด หรือความสมบูรณ์เรื่องใดเรื่องหนึ่งที่สามารถปรากฏอยู่ในสื่อการเรียนการสอน ตลอดจนลักษณะของความลังเลและความเข้าใจผิดต่อสื่อ อีกทั้งจะมีการทดสอบพฤติกรรมของผู้เรียนด้วย ผู้ประเมินจะต้องตีความของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดด้วยความระมัดระวังควบคู่ไปกับการพิจารณาความสอดคล้องสัมพันธ์กับกระบวนการของวิธีที่ใช้

2. การประเมินผลในกลุ่มย่อย เป็นการประเมินที่ทำกับผู้เรียน (จำนวน 10 - 20 คน) โดยผู้ประเมินควรใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง หรือเลือกแต่ละบุคคลที่เป็นตัวแทนของผู้เรียนจริง ๆ ซึ่งในการดำเนินการสอนควรใช้สภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ผู้ออกแบบจะสังเกตการเรียนการสอน ผลของการประเมินในกลุ่มย่อยนั้นจะเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับกระบวนการแก้ไขปรับปรุง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะช่วยให้มีการตรวจสอบและเปลี่ยนแปลงสื่อการเรียนการสอนทั้งหมด เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าจะสามารถนำไปใช้ให้บรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้ได้ดีที่สุด เพราะผู้ออกแบบสามารถปรับปรุง แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงส่วนที่ล้มเหลวได้

3. ประเมินผลกับผู้เรียนที่เป็นผู้แทนจริง (ประมาณ 30 คน) ผู้ประเมินจะต้องสร้างสถานการณ์ของการเรียนการสอนที่อิงแบบฉบับของสถานการณ์จริง ซึ่งจะนำสื่อการเรียนการสอนทั้งหมดนี้ไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง มีการใช้การสอนตามที่ได้วางแผนไว้ ผลการประเมินจะเป็นเครื่องชี้ประสิทธิผลของการเรียนรู้ การยอมรับได้และความน่าสนใจ ดังนั้น ข้อมูลจากการประเมินตามสภาพการใช้งานจริง จึงเป็นพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงแก้ไขผลผลิต เพื่อใช้ในการเรียนการสอน ถึงแม้ว่าการออกแบบอาจจะดำเนินตามขั้นตอนวิธีการที่ดีความจากทฤษฎีของการเรียนการสอนอย่างใกล้ชิด แต่ข้อมูลจากการประเมินผลที่มีแนวโน้มจะช่วยให้เกิดการปรับปรุง แก้ไข สื่อการเรียนการสอนทั้งหมดให้สามารถนำไปใช้ให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้ได้มากที่สุด

2.6 เกณฑ์การหาประสิทธิภาพ

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ เป็นการคาดหมายว่าผู้เรียนจะบรรลุจุดประสงค์ หรือมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจของผู้ประเมิน โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ผลเฉลี่ยของคะแนนจากการทำงาน และการร่วมประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 หรือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ประสิทธิภาพของกระบวนการ คือ การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional behavior) ของผู้เรียน ได้แก่ การประเมินกิจกรรมกลุ่มงานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่น ๆ ที่ผู้สอนกำหนดไว้ ซึ่งประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คือ การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal behavior) โดยการพิจารณาจากการสอนหลังเรียนและการสอบไล่ (อุษาวรรณ ปาลียะ. 2543: 13-14)

เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต (2528: 294–295) เสนอแนวทางในการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน โดยถือหลักแบบสมรรถฐาน โดยใช้สูตรคำนวณหาประสิทธิภาพ ดังนี้

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum X}{N}\right)}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum Y}{N}\right)}{B} \times 100$$

โดยที่ E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอน คือเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึกหัด และ/หรือ ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เรียนเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน และประกอบกิจกรรมหลังเรียน

$\sum X$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึกหัด และ/หรือการประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

$\sum Y$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทดสอบหลังเรียน และ/หรือการประกอบกิจกรรมหลังเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด และ/หรือกิจกรรมการเรียนรู้

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน และ/หรือกิจกรรมหลังเรียน

ถ้าผู้เรียนได้คะแนนไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จะต้องแก้ไขปรับปรุงชุดการสอนนั้นแล้วหาประสิทธิภาพใหม่อีกครั้ง ถ้ายังได้ผลต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ก็ต้องปรับปรุงแก้ไขอีก จนกว่าจะได้ผลตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

โดยสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยและพัฒนาจัดเป็นกระบวนการที่ทำให้การวิจัยทางการศึกษามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการวิจัยและพัฒนาเป็นกระบวนการที่เน้นในส่วนของพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาที่ใช้ในการจัดการศึกษา ซึ่งการวิจัยและพัฒนาได้จัดกระทำทั้งในรูปแบบการวิจัยพื้นฐานและการวิจัยประยุกต์ โดยในการนำเทคนิควิธีการศึกษาต่าง ๆ มาใช้นั้นจะสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพด้านการศึกษา อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้การจัดการศึกษาเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดี (จันทิรา จินะวงศ์. 2549: 12)

3. เอกสารทางด้านการจัดการเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.1 ความหมายของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer-assisted instruction; CAI) หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อช่วยในการขยายขอบเขตความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน และความสามารถในการสอนของครู (ทิศนา แคมมณี. 2554: 151) โดยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ได้เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างครูกับผู้เรียนในชั้นเรียนตามปกติ (กิตานันท์ มลิทอง. 2536: 187) อีกทั้งในกระบวนการเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นครูสามารถบรรจุเนื้อหาในเรื่องที่ครูต้องการสอนไว้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน สามารถโต้ตอบ (Interactive multimedia) และควบคุมอัตราความก้าวหน้าในการเรียนนั้น ๆ ได้ นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังช่วยบอกข้อบกพร่องของผู้เรียน ทำให้ครูสามารถนำข้อมูลนี้มาตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้ (อัญชฎา พัวไพบูลย์. 2545: 15)

3.2 รูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถจำแนกได้หลายรูปแบบด้วยกัน โดยนักการศึกษาและนักวิชาการได้จำแนกรูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็นรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้ (กิตานันท์ มลิทอง. 2536: 187-191; ทิศนา แคมมณี. 2554: 151-152; อลิสา เสนามนตรี. 2551: 25-27; อุษา จินเจนกิจ. 2544: 11)

3.2.1 การสอนหรือทบทวนบทเรียน (Tutorial instruction) เป็นโปรแกรมที่เสนอเนื้อหาความรู้เป็นเนื้อหาย่อย ๆ ให้แก่ผู้เรียนในรูปแบบของคำถาม ภาพ เสียง หรือทุกรูปแบบรวมกัน มีการตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบ โดยคำตอบนั้นจะได้รับการวิเคราะห์ให้เป็นข้อมูลป้อนกลับทันที แต่ถ้าผู้เรียนตอบคำถามนั้นผิดจะมีการให้เนื้อหาสำหรับบทเรียนใหม่จนกว่าผู้เรียนจะตอบถูกแล้วจึงให้ตัดสินใจว่าจะเรียนเนื้อหาในบทเรียนนั้นอีก หรือจะเรียนบทใหม่ต่อไป ผู้เรียนสามารถเลือกที่จะเรียนเนื้อหาส่วนใดเรียงลำดับในรูปแบบใดก็ได้ตามความต้องการ เพื่อการเรียนรู้ทางด้านกฎเกณฑ์หรือการแก้ปัญหาต่าง ๆ สำหรับเนื้อหาหนึ่ง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้ ควรคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1.1 การกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน โดยใช้ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว และสีที่ใช้จะช่วยสร้างความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียนและอยากติดตามบทเรียนต่อไป

3.2.1.2 การเสนอวัตถุประสงค์ของบทเรียน ควรให้ผู้เรียนได้ทราบถึงวัตถุประสงค์ก่อนเข้าสู่เนื้อหา บทเรียน เพื่อจะรู้ว่าเมื่อจบบทเรียนแล้วสิ่งที่ผู้เรียนควรจะทราบคืออะไร

3.2.1.3 การทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อบทเรียนใหม่ โปรแกรมการเรียนการสอนที่ดีควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนระลึก หรือทบทวนความรู้พื้นฐานในเวลาที่เหมาะสม และทำกิจกรรมที่เหมาะสม

3.2.1.4 การเสนอทบทเรียนควรประกอบด้วย การเสนอสิ่งเร้า และเสนอแนวทาง เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนง่ายขึ้น

3.2.1.5 มีการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงออกและจัดผลสะท้อนกลับที่เหมาะสม โดยทุกคำตอบของผู้เรียนควรจัดให้มีโปรแกรมซ่อมเสริมและแยกสาขาออกจากบทเรียน

3.2.1.6 การประเมินผล ควรมีการประเมินให้ผู้เรียนทราบว่าได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ โปรแกรมสำเร็จรูปควรเก็บ บันทึก สรุป และรายงานผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนแต่ละคน เพื่อครูจะได้ใช้ข้อมูลดังกล่าวมาตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน

3.2.2. การฝึกหัด (Drills and practice) เป็นโปรแกรมที่เสนอเฉพาะคำถามหรือปัญหาเท่านั้น ไม่มีการนำเสนอเนื้อหาความรู้ให้แก่ผู้เรียนก่อน สำหรับคำถามหรือปัญหานั้นได้คัดเลือกมาจากการสุ่มหรือออกแบบมาโดยเฉพาะ โดยการนำเสนอคำถามนั้นซ้ำแล้วซ้ำเล่าเพื่อให้ผู้เรียนตอบ การให้คำตอบที่ถูกต้องเพื่อการตรวจสอบยืนยันหรือแก้ไข และพร้อมให้คำถามหรือปัญหาต่อไปอีก จนกว่าผู้เรียนจะสามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหานั้นจนถึงระดับที่น่าพอใจ ดังนั้นการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการฝึกหัดนี้ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีความคิดรวบยอดและมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวและกฎเกณฑ์เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดีมาก่อน จึงจะสามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหานั้นได้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้ได้รับความนิยมมาก โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ทั้งนี้เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนอ่อนหรือเรียนไม่ทันคนอื่นสามารถมีโอกาสทำความเข้าใจบทเรียนที่สำคัญได้โดยครูผู้สอนไม่ต้องเสียเวลาในชั้นเรียน อธิบายเนื้อหาเดิมซ้ำอีก

3.2.3 สถานการณ์จำลอง (Simulation) เป็นโปรแกรมที่มีการจำลองความเป็นจริงเพื่อการฝึกทักษะ หรือปฏิบัติ ช่วยให้เกิดความชำนาญและเรียนรู้โดยไม่ต้องเสี่ยงภัย หรือเสียค่าใช้จ่ายมากนัก หรืออาจเป็นโปรแกรมสาธิตที่เป็นเพียงการแสดงให้นักเรียนได้ชมเท่านั้น รูปแบบของบทเรียนประกอบด้วย การเสนอข้อมูล การแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับทักษะ การฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มพูนความชำนาญและความคล่องแคล่ว หรือให้ผู้เรียนได้ตัดสินใจแก้ปัญหา (Problem solving) ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

3.2.4 เกมเพื่อการสอน (Instructional games) เป็นโปรแกรมที่ใช้เกมในการสอนเพื่อช่วยกระตุ้นผู้เรียน

3.2.5 การค้นพบ (Discovery) โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียน โดยผู้เรียนจะได้รับปัญหาและต้องค้นพบคำตอบที่ถูกต้องด้วยตนเอง

3.2.6 การแก้ปัญหา เป็นโปรแกรมที่ให้ผู้เรียนเขียนเองหรือมีผู้เขียนให้ เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้ฝึกคิดและตัดสินใจ

3.2.7 การทดสอบ (Tests) เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการทดสอบหรือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องหนึ่งสามารถสร้างวิธีสอนหลายแบบดังกล่าวรวมกันได้ (Combination) ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้สอนในการกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน รวมถึงลักษณะผู้เรียน องค์กรประกอบและกิจกรรมการเรียน

3.3 ลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการเรียนการสอนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อตอบสนองความแตกต่างระหว่างตัวบุคคลของผู้เรียนเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ทางการศึกษาเป็นรายบุคคล โดยจะมีการผสมผสานหลักการของบทเรียนโปรแกรม (Program instruction) และเครื่องช่วยสอน การใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อแทนสิ่งพิมพ์ทำให้บทเรียนมีความสมบูรณ์มากขึ้น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีลักษณะการเรียนที่เป็นขั้นตอน ดังนี้ (บุญเกื้อ ควรหาเวช. 2542: 69-71; อลิสา เสนามนตรี. 2551: 27-28)

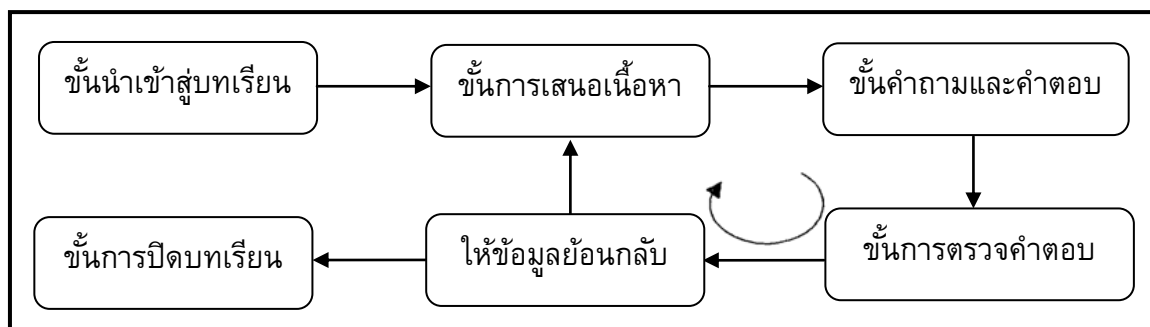
3.3.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยเริ่มจากการทักทายผู้เรียน บอกวิธีการและจุดประสงค์ของการเรียน ประกอบการเสนอรูปแบบที่น่าสนใจ อาจมีแบบทดสอบวัดความพร้อมของผู้เรียนก่อน หรือมีรายการสารบัญเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนและจัดลำดับเนื้อหาการเรียนก่อนหลังได้ด้วยตนเอง

3.3.2 ขั้นการเสนอเนื้อหา เมื่อผู้เรียนเลือกรื่องที่จะเรียนได้ตามความต้องการแล้ว คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเสนอเนื้อหาที่ออกมาในรูปของกรอบ (Frame) เพื่อช่วยกระตุ้นความสนใจ ซึ่งจะมีการเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก การชี้แนะช่วยเหลือผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น โดยผู้เรียนสามารถควบคุมความเร็วในการดำเนินการเรียนได้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความเข้าใจในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.3.3 ขั้นคำถามและคำตอบ จัดเป็นการวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ผู้เรียนได้เรียนผ่านมาแล้วโดยการทำแบบฝึกหัด ผู้สอนสามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนำเสนอแบบฝึกหัดที่น่าสนใจได้มากกว่าแบบทดสอบธรรมดา และผู้เรียนใช้วิธีการตอบคำถามผ่านทางแป้นพิมพ์หรือเมาส์ นอกจากนี้ยังสามารถจับเวลาในการตอบคำถามของผู้เรียนได้ด้วย ซึ่งถ้าหากผู้เรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ทันเวลาหรือตอบผิด คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะแสดงความช่วยเหลือได้

3.3.4 ขั้นการตรวจคำตอบ เมื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้รับคำตอบจากผู้เรียนแล้วก็จะตรวจคำตอบและแจ้งผลให้ผู้เรียนทราบในทันที โดยอาจแจ้งเป็นแบบข้อความ เสียง หรือรูปภาพ ซึ่งหากตอบถูกการได้รับเสียงปรบมือ คำชมเชยหรือภาพสวย ๆ จะเป็นการเสริมแรง (Reinforcement) หากตอบผิดจะให้การช่อมเสริมเนื้อหาแล้วให้คำถามนั้นใหม่เมื่อตอบถูกจึงจะให้เข้าสู่เนื้อหาต่อไปได้

3.3.5 ขั้นการปิดบทเรียน เมื่อเรียนจบบทเรียนแล้ว คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะทำการประเมินผลผู้เรียน โดยให้ทำแบบทดสอบ ซึ่งจุดเด่นของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ สามารถสุ่มข้อสอบออกมาจากคลังข้อสอบเพื่อนำเสนอแบบทดสอบชุดที่ต่างกันไปกับผู้เรียนแต่ละคนสุ่มได้ โดยหลังจากทำแบบทดสอบเสร็จแล้วนักเรียนจะได้รับทราบคะแนนของตนเองทันทีว่าผ่านตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ อีกทั้งสามารถบอกระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนเรื่องนั้น ๆ ได้อีกด้วย ดังภาพประกอบ 3



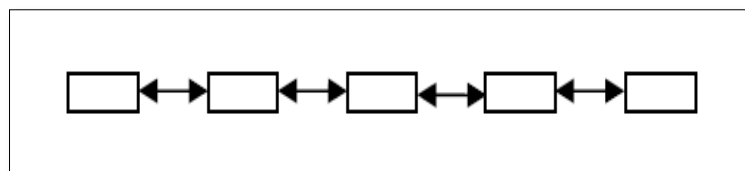
ภาพประกอบ 3 รูปแบบโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาใหม่

ที่มา: อัจฉรา มะธิพิไช. (2545: 19).

3.4 รูปแบบการนำเสนอ

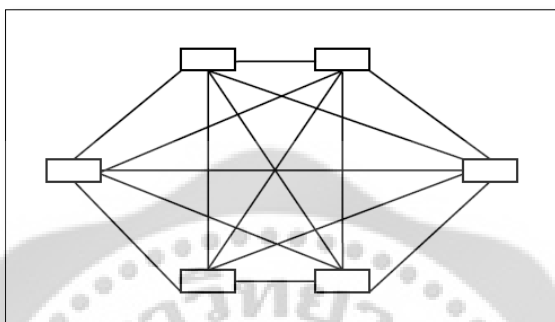
การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับใช้ในงานต่าง ๆ ต้องพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของงานนั้น ๆ ว่าต้องการเสนอข้อมูลในรูปแบบใด ต้องจัดภาพและเสียงให้กลมกลืน มีความสมบูรณ์ในส่วนของเนื้อหาและเทคนิคการนำเสนอ เพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้หรือนำไปใช้ในการเรียนการสอน การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้สื่อมีความน่าสนใจ ผู้ใช้ได้รับความรู้ ความสนุกสนาน รูปแบบการนำเสนอที่นิยมมีอยู่ 5 วิธี (สุรัชย์ ไชยนต์. 2549: 15-17) ดังนี้

3.4.1 รูปแบบเส้นตรง (Linear progression) มีลักษณะคล้ายกับหนังสือ โดยเริ่มจากหน้าแรกต่อกันไปเรื่อย ๆ ถ้าไม่เข้าใจก็สามารถเปิดย้อนกลับไปได้ ดังภาพประกอบ 4 การเสนอผลงานแบบนี้มักจะอยู่ในรูปของไฮเปอร์เท็กซ์ ซึ่งใช้ข้อความเป็นหลักในการดำเนินเรื่องด้วยวีดีโอหรือแอนิเมชัน สามารถทำงานได้โดยการใส่ไปในรูปเส้นตรง รวมทั้งสามารถใส่เสียงเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ เรียกว่าเป็น Electronic stories หรือไฮเปอร์มีเดีย ซึ่งเหมาะกับความต้องการของตลาดผู้บริโภคและสามารถทำงานได้ดีในทางธุรกิจในรูปแบบของการเสนอผลงานมัลติมีเดีย



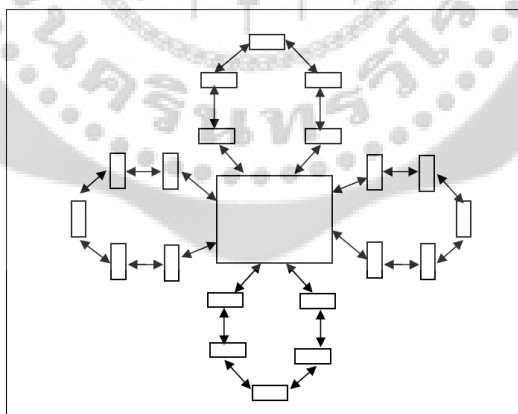
ภาพประกอบ 4 รูปแบบเส้นตรง

3.4.2 รูปแบบอิสระ (Freeform, hyper jumping) รูปแบบนี้ให้ความอิสระในการใช้งาน ทำให้ผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น เพราะระบบโครงสร้างภายในสามารถเชื่อมโยงจากเรื่องหนึ่งไปยังอีกเรื่องหนึ่งได้ ดังภาพประกอบ 5 ฉะนั้นผู้สร้างโปรแกรมจึงต้องมีความเชี่ยวชาญในการออกแบบข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง และวิดีโอเพื่อให้สัมพันธ์กัน การชี้้นำให้ผู้ใช้เข้าไปหาข้อมูลหรือศึกษาได้ง่าย สะดวก โดยจะพบว่าถ้าออกแบบไม่ดีอาจทำให้ผู้เรียนหลงทางไม่สามารถศึกษาได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางเอาไว้



ภาพประกอบ 5 รูปแบบอิสระ

3.4.3 รูปแบบวงกลม (Circular path) เป็นรูปแบบการนำเสนอแบบวงกลม แบบเส้นตรงชุดเล็ก ๆ หลายชุดมาเชื่อมต่อกันกลับคืนสู่เมนูใหญ่ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 รูปแบบวงกลม

3.4.4 รูปแบบฐานข้อมูล (Database) เสนอแบบฐานข้อมูล โดยการเพิ่มดัชนี (Index) เพื่อเพิ่มความสามารถในการค้นหา รูปแบบนี้สามารถให้รายละเอียดจากข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง ออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย ใช้ได้ทุกสถานการณ์ที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล โดยเพิ่มความสามารถของมัลติมีเดียเข้าไป

3.4.5 รูปแบบผสม (Compound document) เป็นรูปแบบการนำเสนอแบบผสมผสาน ทั้ง 4 รูปแบบที่อธิบายมาข้างต้น ผู้ผลิตต้องอาศัยความชำนาญในการสร้างและบรรจุข้อมูลด้วยสื่อต่าง ๆ ตลอดจนสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่ฐานข้อมูลให้ทำงานร่วมกับชาร์ตและสเปรดชีตได้อีกด้วย

3.5 ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สำหรับลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น สามารถสรุปประเด็นที่สำคัญได้ 4 ประการ (ธาริตา ทองนำ. 2550: 16) ดังนี้

3.5.1 ความเป็นสารสนเทศ หมายถึง เนื้อหาสาระมีการจัดระเบียบขององค์ความรู้ที่จะถ่ายทอดไปสู่ผู้เรียนอย่างเป็นระบบ โดยยึดหลักประสบการณ์การเรียนรู้ หรือวิธีการคิด การออกแบบ และการพัฒนาบทเรียนที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนให้เรียนรู้เนื้อหาอย่างเป็นระบบ ใช้หลักการและวิธีการของสารสนเทศ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนวิธีการศึกษาของผู้เรียนจากวิธีดั้งเดิมทั้งในด้านของปริมาณและวิธีประมวลความรู้

3.5.2 ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individualization) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีนั้นจะต้องมีลักษณะยืดหยุ่น เพื่อให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนของตน รวมทั้งสามารถเลือกรูปแบบของกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมตามความถนัดของตน

3.5.3 การมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน โดยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสโต้ตอบกับบทเรียนอย่างต่อเนื่องตลอดการเรียน ผลที่ได้รับก็คือจะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

3.5.4 การให้ผลป้อนกลับโดยทันที (Immediate feedback) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถให้ผลป้อนกลับหรือให้คำตอบทันทีจัดเป็นวิธีการเสริมแรงอย่างหนึ่ง การมีแบบทดสอบหรือแบบประเมินความเข้าใจให้แก่ผู้เรียนตามเนื้อหาสาระและจุดประสงค์ต่าง ๆ แล้วมีผลป้อนกลับทันทีนั้นจะเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนทราบและสามารถตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของตนต่อบทเรียนได้ ซึ่งความสามารถในการให้ผลป้อนกลับโดยทันทีจัดเป็นจุดเด่นหรือข้อได้เปรียบสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเมื่อเทียบกับสื่อชนิดอื่น ๆ

3.6 การทดลองใช้และการปรับปรุงแก้ไขการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การทดลองใช้และการปรับปรุงแก้ไขการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น มีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ

1. เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โดยแนวคิดในการทดลองใช้และการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ถูกต้อง เหมาะสมนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 แนวคิด ดังนี้

3.6.1 แนวคิดที่ 1 : แนวคิดของบอร์ก (เชษฐพงศ์ คลองโปร่ง. 2544: 29-30; อ้างอิงจาก Borg. 1979: 229) ได้อธิบายถึงการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขสื่อการเรียนการสอนทั่ว ๆ ไปไว้ทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.6.1.1 การทดสอบภาคสนามเบื้องต้นและการปรับปรุงแก้ไข (Preliminary field testing and revision) จะทดสอบจากโรงเรียน 1-3 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่างประมาณ 5-12 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของสื่อด้วยวิธีการสอบถามความคิดเห็น

3.6.1.2 การทดสอบภาคสนามครั้งสำคัญและการปรับปรุงแก้ไข (Main field testing and revision) จะทดสอบจากโรงเรียน 5-15 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่างประมาณ 30-100 คน มีจุดมุ่งหมายก็เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องและการตรวจสอบหาประสิทธิภาพของสื่อไปพร้อม ๆ กัน โดยอาศัยรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง หากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า สื่อที่พัฒนามีคุณภาพก็จะปรับปรุงในส่วนที่บกพร่อง เพื่อนำไปใช้ทดลองในขั้นที่ 3.6.1.3 ต่อไป แต่หากไม่มีประสิทธิภาพก็จะดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างใหม่อีก จนกว่าจะมีประสิทธิภาพ

3.6.1.3 การทดสอบภาคสนามเชิงปฏิบัติและการปรับปรุงแก้ไขครั้งสุดท้าย (Operational field testing and final revision) จะทดสอบจากโรงเรียน 10-30 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่างประมาณ 40-200 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของสื่อจากการทดลองใช้ในสถานการณ์จริง กล่าวคือ การทดลองใช้สื่อขั้นตอนนี้ผู้พัฒนาสื่อจะไม่เข้าไปเกี่ยวข้องกับสื่อ แต่จะอาศัยผู้ประสานงานดำเนินการแทน ข้อมูลที่ได้รวบรวมจะได้รับการวิเคราะห์ เพื่อหาข้อบกพร่องเป็นครั้งสุดท้ายก่อนที่จะนำไปใช้จริงให้เกิดประโยชน์ต่อไป

3.6.2 แนวคิดที่ 2 : แนวคิดของเมเยอร์ (เชษฐพงศ์ คลองโปร่ง. 2544: 30-31; อ้างอิงจาก Mayer. 1984: 305-344) ได้อธิบายถึงการทดลองใช้และการปรับปรุงแก้ไขชุดฝึกด้วยตนเองไว้ 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.6.2.1 การพิจารณาจากกลุ่มเพื่อน (Judgement by peers) โดยให้ศึกษาชุดฝึกที่ละชุด และหลังจากการศึกษาผู้พัฒนาชุดฝึกจะสอบถามความคิดเห็นทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับชุดฝึก หลังจากนั้นจึงร่วมกันพิจารณาหาข้อบกพร่องเป็นชุดไป และหลังจากนั้นผู้ศึกษาชุดฝึกตอบแบบสอบถามแบบประมาณค่า และแบบปลายเปิด เพื่อที่จะได้นำไปพิจารณาหาข้อบกพร่องต่อไปอีก

3.6.2.2 การทดลองกับกลุ่มเล็ก (Trial with small group) จากอาสาสมัครประมาณ 3-5 คน โดยมีการทดสอบก่อน-หลังเรียน มีการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างเรียน หลังจากศึกษาเสร็จผู้ศึกษาชุดฝึกจะร่วมกันอภิปรายชี้แจงถึงข้อบกพร่องของชุดฝึก เพื่อการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.6.2.3 การทดลองกับชั้นเรียนที่เป็นตัวแทน (Trial with representative class or classes) โดยจะดำเนินการคล้ายกับขั้นตอนที่ 3.6.2.2 คือ มีการทดสอบก่อน-หลังเรียน เนื่องจากการทดลองใช้สื่อในขั้นตอนนี้จะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนมาก จึงไม่สะดวกต่อการสัมภาษณ์หรือการอภิปรายแบบเดิม ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อน-หลังเรียนจะได้จากแบบสอบถาม และนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาข้อบกพร่องของสื่อ เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.6.3 แนวคิดที่ 3 : แนวคิดของเอสพิช และวิลเลียมส์ (เชษฐพงศ์ คลองโปร่ง. 2544: 31; อ้างอิงจาก Espich; & Williams. 1976: 75-79) ได้อธิบายถึงการทดลองใช้และการปรับปรุงแก้ไขสื่อการสอนและบทเรียนสำเร็จรูปไว้ 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.6.3.1 การทดสอบทีละคน (One to one testing) ซึ่งจะทดสอบจากตัวอย่างที่มีผลการเรียนระดับที่ต่ำกว่าปานกลางเล็กน้อย จำนวน 2-3 คน เพื่อให้ศึกษาสื่อที่พัฒนาขึ้น และหลังจากศึกษาผู้ที่พัฒนาสื่อจะทำการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่องของสื่อจากกลุ่มตัวอย่าง

3.6.3.2 การทดลองกับกลุ่มเล็ก (Small group testing) ในขั้นนี้จะให้ผู้ทดลองเป็นกลุ่มประมาณ 5-8 คน จะดำเนินการคล้ายกับขั้นตอนที่ 3.6.3.1 แต่จะให้กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบก่อน-หลังเรียนด้วย เพื่อนำผลไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อ โดยอาศัยเกณฑ์ 80/80 โดยที่

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมด เมื่อคิดเป็นร้อยละแล้ว ได้ 80 หรือสูงกว่า 80

80 ตัวหลัง หมายถึง ผู้เรียนร้อยละ 80 ของทั้งหมดสามารถทำข้อสอบได้ถูกต้อง

ถ้าหากผลการวิเคราะห์เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว ก็ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเฉพาะข้อที่บกพร่อง เพื่อนำไปทดลองใช้ในขั้นตอนที่ 3.6.3.3 ต่อไป และถ้าหากผลการวิเคราะห์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว ก็จะดำเนินการตามวิธีการเดิมกับกลุ่มตัวอย่างใหม่จนกว่าจะได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.6.3.3 การทดสอบภาคสนาม (Field testing) จะเป็นการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากรเป้าหมายจริง โดยที่ผู้พัฒนาสื่อจะไม่เข้าไปเกี่ยวข้องกับการทดลองด้วย แต่จะอาศัยครูผู้สอนดำเนินการแทนโดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 3.6.3.2

3.7 คุณค่าและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ครรชิต มัลลียงศ์ (2538: 8 -15); สุรัชย์ ไชยนต์ (2549: 7); สมบัติ ประทีปเกรียงไกร (2550: 12) ได้กล่าวถึงคุณค่าและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

3.7.1 เสริมให้ผู้เรียนได้เรียนตามเอกัตภาพ

3.7.2 มีการป้อนกลับ (Feed back) และทำให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตัวไม่เบื่อหน่าย เพราะมีสีสัน ภาพ เสียง และปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนทำให้เกิดการเรียนรู้

3.7.3 ผู้เรียนไม่สามารถแอบพลิกดูคำตอบได้ก่อน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จริง

3.7.4 ผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาหรือบทเรียนที่เคยเรียนในห้องเรียนได้

3.7.5 ผู้เรียนสามารถเรียนได้ดีกว่าและเร็วกว่าการสอนตามปกติ ประหยัดเวลา

3.7.6 สามารถประเมินผลความก้าวหน้าของผู้เรียนได้โดยอัตโนมัติ

3.7.7 ผู้เรียนได้เรียนแบบกระทำด้วยตนเอง

- 3.7.8 ฝึกให้ผู้เรียนคิดอย่างมีเหตุผล เพราะต้องคอยแก้ปัญหาอยู่ตลอดเวลา
- 3.7.9 ผู้เรียนสามารถเรียนตามลำพังด้วยตนเองได้ และควบคุมวิธีการเรียนเองได้
- 3.7.10 ทำให้เกิดความแม่นยำในวิชาที่เรียน
- 3.7.11 ยืดหยุ่นตารางเรียนได้ตามสถานที่ที่สะดวก ไม่ว่าจะเป็นโรงเรียน บ้าน หรือที่ทำงานช่วยให้ผู้เรียนคงไว้ซึ่งพฤติกรรมกรเรียนได้นาน
- 3.7.12 ทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน เพราะสามารถประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยตนเอง

3.8 ข้อจำกัดของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

- 3.8.1 อาจทำให้ผู้เรียนสับสนเนื้อหาได้ หากออกแบบบทเรียนไม่ดี
- 3.8.2 ผู้เรียนที่ขาดความรู้ ขาดทักษะเกี่ยวกับการสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง อาจรู้สึกสับสนในการเรียน เนื่องจากขาดคำแนะนำ
- 3.8.3 โปรแกรมขั้นสูงอาจยากแก่การใช้งาน จึงจำเป็นที่จะต้องมีสคริปต์ช่วยอธิบาย
- 3.8.4 เนื้อหาที่ใช้สำหรับสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีหลายลักษณะ ไม่เป็นเส้นตรง มีความซับซ้อน และมุ่งประสงค์ในด้านการสืบค้น จึงต้องใช้ระยะเวลาในการสร้าง

4. เอกสารเกี่ยวกับการสร้างสื่อมัลติมีเดีย

4.1 ความหมายของสื่อมัลติมีเดีย

มัลติมีเดีย (Multimedia) หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ควบคุมสื่อประเภทต่าง ๆ โดยใช้วิธีการนำเสนอเนื้อหา วิธีการเรียน และการประเมินผลที่สร้างขึ้นทั้งในรูปของข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง และวีดีโอ ผสมผสานเข้าด้วยกันอย่างมีระบบ และนอกจากนี้ยังมีการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับมัลติมีเดียด้วย (กิตานันท์ มลิทอง. 2539: 83-84; ครรชิต มาลัยวงศ์. 2540: 109; Green. 1993)

4.2 องค์ประกอบของระบบมัลติมีเดีย

มัลติมีเดียเป็นการรวมเอาความสามารถทางเทคโนโลยีหลายๆ ด้านรวมเข้าไว้ด้วยกัน และต้องอาศัยความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอ โดยองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการออกแบบ (พัลลภ พิริยะวงศ์. 2541: 11-12) มีดังนี้

4.2.1 ตัวอักษร (Text) ตัวอักษรถือว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการเขียนโปรแกรมมัลติมีเดีย โปรแกรมประยุกต์โดยมากมีตัวอักษรให้ผู้เขียนเลือกได้หลาย ๆ แบบ และสามารถที่จะเลือกสีของตัวอักษรได้ตามต้องการ นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดขนาดของตัวอักษรได้ตามความต้องการ การโต้ตอบกับผู้ใช้ก็ยังนิยมใช้ตัวอักษร รวมถึงการใช้ตัวอักษรในการเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์ได้ เช่น การคลิกไปที่ตัวอักษรเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การนำเสนอ เสียง ภาพกราฟิก หรือเล่นวีดิทัศน์ เป็นต้น นอกจากนี้ตัวอักษรยังสามารถนำมาจัดเป็นลักษณะของเมนู เพื่อให้ผู้ใช้เลือกข้อมูลที่จะศึกษาได้ โดยคลิกไปที่บริเวณกรอบสี่เหลี่ยมของมัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์

4.2.2 ภาพนิ่ง (Still images) ภาพนิ่งเป็นภาพกราฟิกที่ไม่มีการเคลื่อนไหว เช่น ภาพถ่าย หรือภาพวาด เป็นต้น ภาพนิ่งมีบทบาทสำคัญต่อมัลติมีเดียมาก ทั้งนี้เนื่องจากภาพจะให้ผลในเชิงของการเรียนรู้ด้วยการมองเห็น ดังนั้น ภาพนิ่งจึงมีบทบาทมากในการออกแบบมัลติมีเดียที่มีตัวอักษรและภาพนิ่งเป็น GUI (Graphical user interface) ภาพนิ่งสามารถผลิตได้หลายวิธี เช่น การวาด (Drawing) การสแกนภาพ (Scanning) เป็นต้น

4.2.3 เสียง (Sound) เสียงในมัลติมีเดียจะจัดเก็บอยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัล และสามารถเล่นซ้ำได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี การใช้เสียงในมัลติมีเดียเพื่อนำเสนอข้อมูล หรือสร้างสภาพแวดล้อมที่น่าสนใจยิ่งขึ้น เช่น เสียงน้ำไหล เสียงหัวใจเต้น เป็นต้น เสียงสามารถใช้เสริมตัวอักษร หรือนำเสนอวัสดุที่ปรากฏบนจอภาพได้เป็นอย่างดี เสียงที่ใช้ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์สามารถบันทึกเป็นข้อมูลแบบดิจิทัลจากไมโครโฟน แผ่นซีดี เสียง (CD-ROM audiodisc) เทปเสียง และวิทยุ เป็นต้น

4.2.4 ภาพเคลื่อนไหว (Animation) หมายถึง การเคลื่อนไหวของภาพกราฟิก อาทิ การเคลื่อนไหวของลูกสูบและวาล์วในระบบการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าใจระบบการทำงานของเครื่องยนต์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นภาพเคลื่อนไหวจึงมีขอบข่ายตั้งแต่การสร้างภาพด้วยกราฟิกอย่างง่าย พร้อมทั้งการเคลื่อนไหวกราฟิกนั้น จนถึงกราฟิกที่มีรายละเอียดแสดงการเคลื่อนไหว

4.2.5 การเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive links) หมายถึง การที่ผู้ใช้มัลติมีเดียสามารถเลือกข้อมูลได้ตามต้องการ โดยใช้ตัวอักษรหรือปุ่มสำหรับตัวอักษรที่สามารถเชื่อมโยงได้จะเป็นตัวอักษรที่มีสีแตกต่างจากอักษรตัวอื่น ๆ ส่วนปุ่มก็จะมีลักษณะคล้ายกับปุ่มเพื่อชมภาพยนตร์ หรือคลิกลงบนปุ่มเพื่อเข้าหาข้อมูลที่ต้องการ หรือเปลี่ยนหน้าต่างของข้อมูลต่อไป

4.2.6 วิดิทัศน์ (Video) การใช้มัลติมีเดียในอนาคตจะเกี่ยวข้องกับการนำภาพยนตร์ วิดิทัศน์ ซึ่งอยู่ในรูปของดิจิทัลรวมเข้าไปกับโปรแกรมประยุกต์ที่เขียนขึ้น โดยทั่วไปของวิดิทัศน์จะนำเสนอด้วยเวลาจริงที่จำนวน 30 ภาพต่อวินาที ในลักษณะนี้จะเรียกว่าวิดิทัศน์ดิจิทัล (Digital video) คุณภาพของวิดิทัศน์ดิจิทัลจะทัดเทียมกับคุณภาพที่เห็นจากจอโทรทัศน์ ดังนั้นทั้งวิดิทัศน์ดิจิทัลและเสียง จึงเป็นส่วนที่ผนวกเข้าไปสู่การนำเสนอและการเขียนโปรแกรมมัลติมีเดีย วิดิทัศน์สามารถนำเสนอได้ทันทีด้วยจอคอมพิวเตอร์ ในขณะที่เสียงสามารถเล่นออกไปยังลำโพงภายนอกได้โดยผ่านการ์ดเสียง (Sound card)

4.3 ประเภทของมัลติมีเดีย

ประเภทของมัลติมีเดียสามารถแบ่งโดยอาศัยลักษณะสำคัญของมัลติมีเดียที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ได้มีโอกาสโต้ตอบ (Interactive) กับสื่อหรือข่าวสารที่ได้รับอยู่ตามลักษณะการนำไปใช้งานไว้ (Linda. 1995: 6-8) ดังนี้

4.3.1 มัลติมีเดียการศึกษา (Educational multimedia) เป็นโปรแกรมมัลติมีเดียที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เริ่มได้รับความนิยมและนำมาใช้ในการฝึกอบรม (Computer

based training) เฉพาะงานก่อนที่นำมาใช้ในระบบชั้นเรียนอย่างจริงจัง เช่น โปรแกรมการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โปรแกรมการพัฒนาภาษา โปรแกรมทบทวนสำหรับเด็ก เป็นต้น ซึ่งแบ่งประเภทลักษณะการใช้งานแบบนี้ได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

4.3.1.1 Self training เป็นโปรแกรมการศึกษาที่สร้างขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และพัฒนาตัวเองในด้านทักษะต่าง ๆ มีการนำเสนอหลายรูปแบบ เช่น การฝึกหัดแบบสถานการณ์จำลอง เป็นต้น เน้นการเรียนการสอนรายบุคคล เป็นสื่อที่มีการสอนความรู้ การฝึกปฏิบัติ และการประเมินผลภายในโปรแกรมเดียวกัน ผู้ใช้สามารถศึกษาได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องมีครูสอน

4.3.1.2 Assisted instruction โปรแกรมการศึกษาที่สร้างขึ้น เพื่อช่วยในการให้ข้อมูลหรือใช้ประกอบการสอนเนื้อหาต่าง ๆ เช่น Tutorial เป็นต้น หรือใช้เป็นสื่อในการศึกษาเพิ่มเติม เป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน ในโปรแกรมอาจสร้างเป็นรูปแบบไฮเปอร์เท็กซ์ให้สามารถโยงเข้าสู่รายละเอียดที่นำเสนอไว้ช่วยในการค้นคว้าง่ายขึ้น

4.3.1.3 Edutainment เป็นโปรแกรมการศึกษาที่ประยุกต์ความบันเทิงเข้ากับความรู้มีรูปแบบในการนำเสนอแบบเกมหรือการเสนอความรู้ในลักษณะเกม สถานการณ์จำลอง (Game Simulation) หรือการนำเสนอเป็นเรื่องสั้น (Mini series) เป็นต้น

4.3.2 มัลติมีเดียเพื่อการฝึกอบรม (Training multimedia) เป็นโปรแกรมมัลติมีเดียที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการฝึกอบรม ช่วยพัฒนาประสิทธิภาพของบุคลากรในด้านทักษะการทำงาน เจตคติต่อการทำงานในหน่วยงาน

4.3.3 มัลติมีเดียเพื่อความบันเทิง (Entertainment multimedia) เป็นโปรแกรมมัลติมีเดียที่ผลิตขึ้นเพื่อความบันเทิง เช่น เกมส์ ภาพยนตร์ เพลง การ์ตูน เป็นต้น

4.3.4 มัลติมีเดียเพื่องานด้านข่าวสาร (Information access multimedia) เป็นโปรแกรมที่รวบรวมข้อมูลเฉพาะงานที่เก็บไว้ในรูปของ CD-ROM หรือมัลติมีเดียเพื่อช่วยรับส่งข่าวสาร (Conveying information) ใช้เพิ่มประสิทธิภาพการรับส่งข่าวสารการประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการ

4.3.5 มัลติมีเดียเพื่องานขายและการตลาด (Sales and marketing multimedia) เป็นโปรแกรมมัลติมีเดียที่รวบรวมข้อมูลการซื้อขาย แหล่งซื้อขายสินค้าต่าง ๆ

4.3.6 มัลติมีเดียเพื่อการค้นคว้า (Book adaptation multimedia) เป็นโปรแกรมมัลติมีเดียที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เช่น แผ่นผังภูมิประเทศของประเทศต่าง ๆ ทำให้การค้นคว้าเป็นไปอย่างสนุกสนาน มีรูปแบบเป็นฐานข้อมูลมัลติมีเดีย (Multimedia database) โดยผ่านโครงสร้างไฮเปอร์เท็กซ์

4.3.7 มัลติมีเดียเพื่อช่วยงานการวางแผน (Multimedia as a planning aid) เป็นกระบวนการสร้างและนำเสนองานแต่ละชนิดให้มีความเหมือนจริง (Virtual reality) มี 3 มิติ เช่น การออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรมและภูมิศาสตร์ หรือนำไปใช้ในด้านการศึกษา การทหาร การเดิน

ทาง โดยสร้างสถานการณ์จำลอง เพื่อให้เหมือนอยู่ในสถานการณ์จริง ซึ่งบางครั้งไม่สามารถจะไปอยู่ในสถานการณ์จริงได้

4.3.8 มัลติมีเดียเพื่อเป็นสถานีข่าวสาร (Information terminals) จะพบเห็นในงานบริหารข้อมูลข่าวสารในงานธุรกิจ จะติดตั้งอยู่ส่วนหน้าของหน่วยงาน เพื่อบริการลูกค้า โดยลูกค้าสามารถเข้าสู่ระบบบริการของหน่วยงานนั้นด้วยตนเอง สามารถใช้บริการต่าง ๆ ที่นำเสนอไว้โดยผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ สะดวกทั้งผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการ มีลักษณะเป็นป้ายหรือเป็นจออิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่ติดกำแพง (Multimedia wall system) เสนอภาพ เสียง ข้อความต่าง ๆ ที่น่าสนใจ

4.3.9 ระบบเครือข่ายมัลติมีเดีย (Networking with multimedia) มัลติมีเดียจะสร้างสรรค์ความสนุกสนานตื่นเต้นและน่าสนใจต่อผู้ทำงาน ทำให้ประสิทธิภาพของงานที่ออกมาดีขึ้นด้วย การรวบรวมงานไฮเปอร์เท็กซ์ร่วมกับงานมีเดียอื่น ๆ นี้ เรียกว่า "ไฮเปอร์มีเดีย" (Hypermedia) อันจะรวมทั้ง ไฮเปอร์เท็กซ์ เสียง วิดีโอ ภาพเคลื่อนไหว การใช้ไฮเปอร์มีเดียจะมีประโยชน์มากหากในหน่วยงานที่ใช้มีระบบโครงข่ายที่สามารถติดต่อสื่อสารทางเครื่องพีซี และดึงข้อมูลจากแหล่งเดียวกัน ความคล่องตัวจะเกิดขึ้นมากกว่าการเดินทางเอกสารโดยปกติ ตลอดจนสามารถทำการประชุมสัมมนาผ่านเครื่องพีซีที่เรียกว่า Video teleconferencing ซึ่งเป็นการอาศัยเทคโนโลยีทางภาพวิดีโอเข้ามาช่วย

จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นว่าศักยภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียมีความสามารถในการตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียนได้หลากหลายกลุ่มด้วยกัน โดยลักษณะเด่นของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ก็คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีโอกาสสร้างปฏิสัมพันธ์ หรือโต้ตอบระหว่างกันได้ ซึ่งในการเลือกใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทต่าง ๆ มาประกอบการเรียนการสอนนั้น ควรเลือกให้ตรงตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้เกิดคุณค่ามากที่สุด

4.4 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน สามารถสรุป (มนต์ชัย เทียนทอง. 2545: 155-161) ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การกำหนดหัวเรื่องและกำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไป (Specify title and define general objective) ควรคำนึงถึงลักษณะของเนื้อหาวิชาที่เหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนรายบุคคล จากผลการวิจัยปรากฏว่า ลักษณะเนื้อหาวิชาที่ใช้ได้ผลดีกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่ วิชาทางด้านทฤษฎีที่เน้นความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา ส่วนวิชาทางด้านปฏิบัติจะสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ยาก อีกทั้งยังใช้ได้ผลน้อยกว่าวิชาที่เน้นทางด้านพุทธิพิสัย จากนั้นกำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของหัวเรื่องซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเค้าโครง ขอบเขตและมโนคติของเนื้อหาที่จะนำเสนอเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วัตถุประสงค์ทั่วไปที่กำหนดขึ้นนี้จะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบบทเรียนในขั้นต่อ ๆ ไป

2. การวิเคราะห์ผู้เรียน (Audience analysis) การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำเป็นต้องวิเคราะห์ผู้เรียนเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ เช่น ระดับชั้น อายุ ความรู้พื้นฐาน ประสบการณ์เดิมระดับความรู้ความสามารถและความสนใจต่อการเรียน เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้เป็นแนวทางในการออกแบบบทเรียนให้สอดคล้องกับกลุ่มผู้เรียนอย่างแท้จริง

3. การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral analysis) เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องจากใช้เป็นแนวทางการจัดการของบทเรียนให้ดำเนินไปตามกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับประสบการณ์ของผู้เรียนโดยบ่งบอกถึงสิ่งที่บทเรียนคาดหวังจากผู้เรียนว่าจะสามารถแสดงพฤติกรรมใด ๆ ออกมาภายหลังสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้

4. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ขั้นตอนนี้ถือว่ามีความสำคัญและใช้เวลามาก โดยอาศัยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนในขั้นตอนที่ผ่านมาเป็นแนวทางในการรวบรวมเนื้อหาให้สอดคล้องกับความต้องการมากที่สุด และจำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเป็นผู้วิเคราะห์หรือให้เป็นผู้ตรวจสอบเนื้อหา ก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ (Design) ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การออกแบบคอร์สแวร์ (Courseware design) เริ่มต้นด้วยการกล่าวนำเพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียน บอกวัตถุประสงค์ ทำแบบทดสอบก่อนบทเรียน นำเสนอเนื้อหา และทำแบบทดสอบหลังบทเรียน เรียงตามลำดับจนครบกระบวนการเรียนรู้ ตามหลักการของ Robert Gagne ในขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบตัวบทเรียนหลังจากที่ผ่านการวิเคราะห์เนื้อหาแล้ว รวมถึงรูปแบบการนำเสนอบทเรียน การจัดกิจกรรมการเรียน การเลือกใช้สื่อ การใช้คำถามระหว่างเรียน การตัดสินใจคำตอบ การเสนอสิ่งเร้าและการให้ข้อมูลย้อนกลับ การเสริมแรง และส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. การออกแบบผังงานและบทดำเนินเรื่อง (Lesson flowchart and storyboard design) ผังงาน หมายถึง แผนภูมิที่แสดงความสัมพันธ์ของบทดำเนินเรื่อง ซึ่งเป็นการจัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาแต่ละส่วน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาบทเรียน โดยทั่วไปมักจะเขียนผังงานก่อนบทดำเนินเรื่อง แต่อาจจะเขียนพร้อม ๆ กันก็ได้ บทดำเนินเรื่อง หมายถึง เรื่องราวของบทเรียนประกอบด้วยเนื้อหาที่แบ่งออกเป็นเฟรมตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนประกอบด้วยข้อความ ภาพ คำถาม-คำตอบ รวมทั้งรายละเอียดอื่น ๆ ในกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับบทสคริปต์ของการถ่ายทำสไลด์หรือภาพยนตร์ การออกแบบบทดำเนินเรื่องจะยึดตัวบทเรียนเป็นหลัก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างบทเรียนในขั้นต่อไป การออกแบบบทดำเนินเรื่องจึงต้องมีความละเอียดและสมบูรณ์ เพื่อให้การสร้างบทเรียนง่ายขึ้นและเป็นระบบ อีกทั้งยังสะดวกต่อการแก้ไขบทเรียนในภายหลังอีกด้วย

3. การออกแบบหน้าจอภาพ (Screen design) หมายถึง การจัดพื้นที่ของจอภาพของคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัดส่วนในการนำเสนอเนื้อหา ภาพ ปุ่มควบคุมบทเรียน และส่วนอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการนำเสนอบทเรียน นอกจากจะเป็นการสร้างความสนใจในบทเรียนแล้ว การจัดหน้าจอก็จะช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยและคล่องตัว สามารถใช้บทเรียนได้โดยไม่มีอุปสรรค

ใด ๆ การออกแบบจอภาพมืองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่ ความสามารถในการแสดงภาพ สีของเครื่องคอมพิวเตอร์ ความละเอียดของภาพ ขนาดของจอ รูปแบบตัวอักษร ขนาดของตัวอักษร สีของตัวอักษร พื้นหลัง และวิธีการปฏิสัมพันธ์ ซึ่งผู้ที่สามารถออกแบบหน้าจอภาพได้ดี จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ทางด้านศิลปะและมีความเข้าใจต่อความสามารถในการแสดงผลภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์พอสมควร

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา (Development) ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การเตรียมการ (Preparation phase) ในขั้นตอนนี้จะต้องดำเนินการโดยนักคอมพิวเตอร์ที่มีความชำนาญด้านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือระบบนิพจน์บทเรียนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ผู้สอนที่มีประสบการณ์ด้านการสอนหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านก็ยังคงมีความจำเป็นที่ต้องคอยให้คำปรึกษาและแนะนำการพัฒนาบทเรียนอยู่ก่อนที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ต้องเตรียมวัสดุต่าง ๆ เช่น ภาพ ข้อความ และเสียง โดยจัดหาจากแหล่งต่าง ๆ หรือใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างขึ้นมา แล้วบันทึกไว้ก่อนเพื่อนำไปใช้พัฒนาบทเรียนในขั้นต่อไป

2. การสร้างบทเรียน (Develop the lesson) หลังจากเตรียมข้อความ ภาพ เสียง และเตรียมโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประกอบบทเรียนแล้ว ขั้นต่อไปคือการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามบทดำเนินเรื่องที่ละเฟรม ๆ จนครบทุกเฟรม โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือระบบนิพจน์บทเรียน หลังจากนั้นจะเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาแต่ละเฟรมเข้าด้วยกันตามผังงานที่ออกแบบไว้ในขั้นตอนแรก จัดรูปแบบการนำเสนอ เขียนโปรแกรมการจัดการบทเรียน และจัดหน้าจอภาพตามที่ออกแบบไว้ รวมทั้งการสร้างคำถามระหว่างบทเรียน แบบทดสอบ การประเมินผลคะแนน และการจัดการฐานข้อมูลขั้นต้น กล่าวได้ว่าสามารถใช้ระบบนิพจน์บทเรียนในการจัดการบทเรียนได้ทั้งหมด

3. การทำเอกสารประกอบบทเรียน (Documentation) เอกสารประกอบบทเรียน ได้แก่ คู่มือการใช้งาน การแนะนำ การติดตั้งและบำรุงรักษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อชี้แนะให้ผู้เรียนทราบถึงข้อแนะนำต่าง ๆ รวมถึงวิธีการติดตั้งบทเรียนเข้ากับคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังรวมถึงแผนการเรียนรู้ (Learning map) เพื่อแนะแนวทางการเรียน

ขั้นตอนที่ 4 การทดลองใช้ (Implementation) เมื่อได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสมบูรณ์แล้ว ขั้นต่อไปเป็นการนำบทเรียนนั้นไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญก่อน เมื่อได้รับผลการประเมินและแก้ไขปรับปรุงจนเป็นที่พอใจแล้วจึงนำไปใช้ วิธีที่ยืดหยุ่นเป็นแนวทางปฏิบัติทั่วไป คือ การนำไปใช้รายบุคคลกับผู้เรียนกลุ่มย่อยประมาณ 2-3 คนก่อน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของบทเรียนเกี่ยวกับคำสั่งที่ใช้ เนื้อหาบทเรียน คำถาม แบบทดสอบก่อนและหลังบทเรียนและส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำไปใช้ครั้งถัดกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้เรียนจริง อย่างน้อย 10 คนขึ้นไป เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนในขั้นต้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล (Evaluation) การประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีการหาประสิทธิภาพของบทเรียนโดยใช้สูตร

ที่มีนักการศึกษาคิดค้นขึ้น เป็นต้นว่า การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ทำได้จากแบบฝึกหัดระหว่างบทเรียน หรือคะแนนเฉลี่ยจากคำถามระหว่างบทเรียนกับคะแนนที่ผู้เรียนทำได้จากแบบทดสอบหลังเรียน ส่วนวิธีการประเมินผลที่ได้รับความนิยมในกลุ่มนักวิจัยคือ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนการสอนโดยวิธีปกติ

นอกจากนี้ ยังมีอีกหลายวิธีที่ใช้ประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ ซึ่งแต่ละวิธีจะให้ผลไม่แตกต่างกับการประเมินผลอีกวิธีหนึ่ง อาจจะทำภายหลังจากที่ได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ระยะหนึ่ง แล้วทำการประเมินว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ บทเรียนยากหรือง่ายเกินไป นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ดูถึงสภาพที่แท้จริงของบทเรียน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงบทเรียนต่อไป และหลังจากแก้ไขปรับปรุงบทเรียนให้มีคุณภาพเป็นที่น่าพอใจแล้ว ขั้นสุดท้ายเป็นการเตรียมบทเรียนสำหรับผู้เรียน ซึ่งเป็นการติดตั้งลงบนสื่อคอมพิวเตอร์เพื่อเผยแพร่ต่อไป

4.5 คุณค่าและประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

สำหรับคุณค่าและประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย นั้น ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ (กิดานันท์ มลิทอง. 2543: 253-254; ฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. 2547: 5-6) โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เพราะการเรียนคอมพิวเตอร์เป็นประสบการณ์ใหม่
2. การใช้สี ภาพลายเส้นที่ดูคล้ายการเคลื่อนไหว ตลอดจนเสียงดนตรี เป็นการเพิ่มความเหมือนจริง และสร้างความสนใจผู้เรียน ทำให้เกิดการอยากเรียนรู้ อยากทำแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมต่างๆ เป็นต้น
3. หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการบันทึกคะแนน และพฤติกรรมต่างๆ ของผู้เรียน เพื่อใช้ในการวางแผนบทเรียนในขั้นต่อไปได้
4. การเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ สามารถนำไปใช้ได้ในลักษณะของการศึกษารายบุคคล โดยสามารถกำหนดบทเรียนแก่ผู้เรียนแต่ละคน และแสดงผลความก้าวหน้าให้เห็นได้ทันที
5. ลักษณะของโปรแกรมบทเรียน ให้ความเป็นส่วนตัวแก่ผู้เรียน เป็นตัวช่วยให้ผู้เรียนที่เรียนช้า สามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง โดยไม่ต้องเร่งรีบ และไม่ต้องอายผู้อื่น หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อผู้เรียนตอบผิด
6. ช่วยขยายขีดความสามารถของผู้สอน คือ การควบคุมผู้เรียนได้อย่างใกล้ชิด เพราะสามารถบรรจุเนื้อหาข้อมูลได้ง่าย และสะดวกในการนำออกมาใช้
7. การนำเสนอเนื้อหาฉบับไว แทนที่ผู้เรียนจะเปิดหนังสือบทเรียนทีละหน้าก็อาจกดเพียงแป้นพิมพ์บนคอมพิวเตอร์ก็สามารถเลือกบทเรียนได้แล้ว

8. คอมพิวเตอร์สามารถเสนอรูปภาพเคลื่อนไหว ซึ่งมีประโยชน์มากต่อบทเรียนที่มีภาพสลัษัซบซ้อนหรือเหตุการณ์ที่ควรจจะเน้น

9. สามารถเก็บข้อมูลเนื้อหาได้มากกว่าหนังสือเรียนได้หลายเท่า เช่น ซีดีรอม (CD-ROM) 1 แผ่น สามารถเก็บข้อมูลได้ 680 ล้านตัวอักษร ส่วนหนังสือ 1 เล่มจำนวน 300 หน้า มีตัวหนังสือประมาณสามแสนถึงสี่แสนตัว ดังนั้นซีดีรอม (CD-ROM) 1 แผ่น จะเก็บหนังสือได้ประมาณ 200 เล่ม

10. ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนได้อย่างแท้จริง บทเรียนสามารถควบคุมและช่วยเหลือผู้เรียนได้มาก ในขณะที่หนังสือไม่สามารถทำได้

11. บทเรียนคอมพิวเตอร์สามารถบันทึกผลการเรียน ประเมินผลการเรียนซ้ำ ๆ ได้หลายครั้งโดยไม่จำกัด

12. สามารถนำติดตัวไปเรียนในสถานที่ต่าง ๆ ที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5. เอกสารทางด้านห้องเรียนเสมือนจริง

5.1 ความหมายของห้องเรียนเสมือนจริง

ห้องเรียนเสมือนจริง (Virtual classrooms) หมายถึง ห้องเรียนที่มีการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนให้เสมือนกับห้องเรียนที่มีการเรียนการสอนตามแบบปกติ (Traditional classroom) ทุกประการ แต่จะอาศัยกระบวนการเรียนการสอนแบบร่วมมือผ่านทางทรัพยากรออนไลน์หรือระบบอินเทอร์เน็ตแทน ซึ่งกระบวนการนี้จะมีทั้งที่เป็นการเรียนพร้อมกัน (Synchronous) และแบบเวลาต่าง (Asynchronous) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวผู้เรียนและผู้สอนว่าได้มีการนัดหมายเวลาเพื่อทำการปฏิสัมพันธ์ผ่านห้องเรียนเสมือนจริงหรือไม่ ห้องเรียนเสมือนจริงจึงจัดเป็นนวัตกรรมที่ช่วยให้การศึกษาในปัจจุบันสามารถข้ามผ่านข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่ เนื่องจากผู้เรียนสามารถเลือกได้ด้วยตนเองว่าจะเรียนเวลาใด และที่ไหน อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดภาระในเรื่องของการเดินทางและสนับสนุนแนวทางการเรียนรู้ตลอดชีวิตอีกด้วย (บุญเกื้อ คอรรหาเวช. 2542: 65; สุปรียาศิริพัฒน์กุลขจร. 2548: 37-39; สุรพล บุญลือ. 2550: 29-32; สุรศักดิ์ มณีขำ. 2550: 21-22; Hiltz. 1993: 71-78)

5.2 การเตรียมหลักสูตรสำหรับห้องเรียนเสมือนจริง

การเรียนการสอนหลักสูตรจะเป็นตัวกำหนดเนื้อหารายวิชา วัตถุประสงค์ รายละเอียดของเนื้อหาในรายวิชา และกิจกรรมการเรียนแก่ผู้เรียน ซึ่งหลักสูตรสำหรับห้องเรียนออนไลน์หรือห้องเรียนเสมือนควรจะมีการจัดเตรียมและชี้แจงสิ่งเหล่านี้ให้แก่ผู้เรียนได้ทราบ โดยผู้สร้างสื่อควรพิจารณาปัจจัยที่สำคัญเหล่านี้ในการออกแบบ (Fullmer-Umari. 2000: 95-98)

5.2.1 ขนาดห้องเรียน (Class size) ควรคำนึงถึงลักษณะการปฏิสัมพันธ์ที่จะเกิดขึ้นระหว่างครูกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับผู้เรียน เพราะจำนวนผู้เรียนปริมาณมากในห้องเรียนเสมือนอาจ

ทำลายกระบวนการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียน ดังนั้นปริมาณของผู้เรียนจึงควรเหมาะสมกับลักษณะการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันด้วย

5.2.2 เทคโนโลยี (Technology) ควรมีความเหมาะสม และสามารถใช้งานได้ง่าย เหมาะแก่ผู้เรียน สอดคล้องกับศักยภาพในการใช้สื่อหรือเครื่องมือของผู้เรียน อีกทั้งควรมีคำอธิบายวิธีการใช้งานหรือคู่มือการใช้งานสื่อ วิธีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต และเว็บไซต์ให้ผู้เรียนได้ทราบ เพราะหากใช้แต่เทคโนโลยีที่มากมายอย่างเดียว โดยไม่คำนึงถึงศักยภาพของผู้เรียนอาจทำให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ควรอธิบายถึงวัตถุประสงค์การใช้เครื่องมือเหล่านั้นเพื่อไม่ให้ผู้เรียนทำผิดวัตถุประสงค์และสามารถเลือกใช้งานได้ตรงกับความต้องการ เช่น ใช้เพื่อจำลองการทดลองเรื่อง เทคนิคการแยกสารเท่านั้น

5.2.3 การจัดลำดับห้องเรียนและความยาวของบทเรียน (Class sequence and course length) หลักสูตรต้องนำเสนอกำหนดการของการเรียนและมอบหมายงานให้ครอบคลุมเนื้อหา สอดคล้องกับบทเรียน และมอบหมายงานที่สนับสนุนวัตถุประสงค์ของการเรียน

5.2.4 การออกแบบวัตถุประสงค์รายวิชาที่ดี (Well-designed course objective) เป้าหมายของหลักสูตรออนไลน์ 2 อย่าง คือ ต้องการถ่ายทอดข่าวสาร ความรู้ และสร้างประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนของผู้สอนไปสู่ผู้เรียน ซึ่งผู้สอนต้องจัดเตรียมสิ่งเหล่านี้ให้พร้อม โดยการเลือกลักษณะของงานให้เหมาะสมกับวัย เหมาะชอบกับความสามารถของผู้เรียน และสอดคล้องกับลักษณะของห้องเรียนเสมือน อีกทั้งงานที่มอบหมายแต่ละงานนอกจากจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์แล้วควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถจดจำเนื้อหาได้ด้วย

5.2.5 กำหนดความยืดหยุ่นในรายวิชา (Degree of course flexibility) ด้วยลักษณะการเรียนของห้องเรียนเสมือนที่ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา สถานที่ และวิธีการเรียนของผู้เรียน จึงทำให้ได้รับความสนใจจากผู้เรียนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการเตรียมหลักสูตรออนไลน์ ผู้สอนต้องเตรียมความยืดหยุ่นในแต่ละรายวิชาให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและสอดคล้องกับตัวของผู้เรียน เช่น อาจจะยินยอมให้ผู้เรียนสามารถส่งรายงานผลการทดลองได้ช้ากว่ากำหนด โดยไม่มีการหักคะแนน เป็นต้น

5.2.6 การกำหนดน้ำหนักรายวิชา (Setting the tone) การเรียนนอกห้องเรียนแบบปกติ ลักษณะเสียงและความคิดเห็นของผู้สอนสามารถช่วยเน้นความสำคัญของเนื้อหาได้ ซึ่งคล้ายกับการที่ผู้สอนใช้โครงร่างของเนื้อหาในหลักสูตรจัดน้ำหนักรายวิชาในห้องเรียนเสมือน การเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีทั้งแบบที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ ซึ่งสามารถสร้างขึ้นมาได้โดยผู้สอนอาจนำไปใช้กับการเรียนแบบออนไลน์ และใช้กับการให้ช่วยเหลือแบบออฟไลน์ โดยควรคำนึงถึงความเอาใจใส่ของผู้เชี่ยวชาญที่ค่าปรึกษา การแสดงความคาดหวัง ความคาดหวังต่อผู้เรียน การกำกับการเรียน ซึ่งอาจแสดงได้โดยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามผู้เชี่ยวชาญ โดยสามารถเริ่มกระทำได้ด้วยการจัดทำโครงร่างประวัติย่อ ๆ ของผู้เชี่ยวชาญไว้ในหลักสูตรออนไลน์ เพื่อใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน

5.3 การออกแบบห้องเรียนเสมือนจริง

การออกแบบห้องเรียนเสมือนจริง (อุทัย ภิรมย์รัตน์. 2553: ออนไลน์) สามารถออกแบบให้มีลักษณะดังนี้

5.3.1 Learning is fun ได้นำเทคโนโลยีของ JAVA มาเสริมในการเรียนรู้แบบสนุกสนาน และไม่เครียด นักเรียนจะได้เล่นเกมทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และรายวิชาอื่น ๆ ที่จะสามารถออกแบบในลักษณะนี้ได้

5.3.2 Multimedia ผู้เรียนจะเรียนรู้บทเรียนจากภาพและเสียง สามารถควบคุมขั้นตอนของของการเรียนรู้ได้ด้วยปลายนิ้วสัมผัสของตนเอง

5.3.3 Asynchronous learning หมายถึง การเรียนที่ไม่จำเป็นต้องมีครูผู้สอนอยู่กับนักเรียนในเวลาและสถานที่เดียวกัน ครูจะจัดทำ/รวบรวม "บทเรียนออนไลน์" ซึ่งใช้เรียนที่ไหนก็ได้เวลาใดก็ได้ ตามแต่ผู้เรียนจะสะดวก บทเรียนมีให้เลือกมากมาย และเชื่อมโยงไปยังบทเรียนอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน

5.3.4 Electronic library เป็นห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ ผู้เรียนสามารถค้นหาสิ่งที่ต้องการจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั่วโลกได้ โดยใช้

5.3.4.1 Search engine นอกจากนี้ยังมีบริการให้ค้นหาหนังสือจากห้องสมุดของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ค้นหาคำศัพท์และอื่น ๆ จากเว็บไซต์ต่าง ๆ

5.3.4.2 Information on demand นักเรียนสามารถเรียกดูข้อมูลสารสนเทศตามที่ต้องการได้จากข้อมูลตามคำสั่ง ได้แก่ ข่าว และสารพันความรู้ต่าง ๆ

5.4 ลักษณะของห้องเรียนเสมือนจริง

ในปัจจุบันสามารถจำแนกลักษณะของการเรียนในห้องเรียนเสมือนได้ 2 ลักษณะด้วยกัน (อุทัย ภิรมย์รัตน์. 2540: 25) คือ

5.4.1 การจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนธรรมดา แต่ใช้การถ่ายทอดสดทั้งภาพและเสียงที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับบทเรียน โดยอาศัยระบบทางด้านการโทรคมนาคมและการสื่อสารผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อันเรียกว่า ออนไลน์ไปยังผู้เรียนที่อยู่นอกห้องเรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถรับฟังติดตามบทเรียน และตัวผู้สอน ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเองและยังโต้ตอบกับผู้สอนหรือผู้เรียนในชั้นเรียนก็ได้ ห้องเรียนแบบนี้ยังอาศัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่เป็นจริง เรียกว่า Physical education environment

5.4.2 การจัดห้องเรียนจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างภาพเสมือนจริง เรียกว่า Virtual reality โดยใช้สื่อที่เป็นตัวหนังสือ (Text based) หรือภาพกราฟิก (Graphical based) ส่งบทเรียนไปยังผู้เรียน โดยผ่านระบบโทรคมนาคมและเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ ห้องเรียนลักษณะนี้เรียกว่า Virtual education environment ซึ่งจัดเป็นห้องเรียนเสมือนจริงที่แท้จริง โดยในบางมหาวิทยาลัยก็ใช้ทรัพยากรนี้ร่วมกัน คือ มีทั้งแบบที่เป็นห้องเรียนจริง และห้องเรียนเสมือนจริง การเรียนการสอนจะผ่านทางเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงกันอยู่ทั่วโลก โดยในขณะนี้ได้มีผู้พยายาม

จัดตั้งมหาวิทยาลัยเสมือนจริงขึ้นแล้ว ซึ่งจะอาศัยวิธีการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ที่ให้บริการด้านการเรียนการสอนทางไกล แบบห้องเรียนเสมือนจริงต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และจัดบริเวณอาคาร สถานที่ ห้องเรียน ห้องสมุด ภาควิชาต่าง ๆ ศูนย์บริการ ตลอดจนคณาจารย์ ผู้เรียน กิจกรรม ทุกอย่าง เสมือนเป็นชุมชนวิชาการจริง ๆ แต่ข้อมูลเหล่านี้จะอยู่ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ของแต่ละแห่ง ผู้ประสงค์จะเข้าร่วมในการเปิดบริการก็ต้องจองเนื้อที่และเขียนโปรแกรมใส่ข้อมูลเอาไว้ เมื่อผู้เรียนติดต่อเข้ามาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็จะแสดงภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และสามารถโต้ตอบได้เสมือนหนึ่งเป็นมหาวิทยาลัยจริง ๆ

ในส่วนของ การแบ่งลักษณะการทำงานของห้องเรียนเสมือนจริงนั้น สามารถแบ่งได้ 2 ส่วน (ชัยรัตน์ ไชยพจน์พานิช. 2546: ออนไลน์) คือ

- 1) ส่วนจัดการเนื้อหา ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างบทเรียน และซอฟต์แวร์ที่ใช้แสดงบทเรียน
- 2) ส่วนบริหารจัดการด้านการเรียนการสอน ได้แก่ ซอฟต์แวร์บริหารจัดการรายวิชาที่รวบรวมเครื่องมือ อันได้ออกแบบไว้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานในการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์

5.5 รูปแบบของห้องเรียนเสมือนจริง

ทอมสัน (Thompson. 1996) ได้แบ่งห้องเรียนเสมือนออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

5.5.1 ห้องเรียนเสมือนจริงรูปแบบความร่วมมือ (Consortium) ระหว่างสถาบันอุดมศึกษาต่าง ๆ โดยห้องเรียนเสมือนจริงจะเป็นตัวกลางเชื่อมต่อระหว่างห้องเรียน และวิทยาลัยในภูมิภาคต่าง ๆ ที่ร่วมมือกันก่อตั้งเข้าด้วยกัน โดยจะมีการแบ่งใช้ทรัพยากรที่สถาบันการศึกษาแต่ละแห่งมีอยู่ และมีข้อตกลงร่วมกันที่จะรับรองผลการเรียนของสถาบันการศึกษาที่เป็นสมาชิก นักศึกษาที่เข้าเรียนในห้องเรียนเสมือนจริงรูปแบบนี้สามารถเลือกเรียนหลักสูตรของห้องเรียนใดก็ได้ที่เป็นสมาชิก และสามารถเทียบโอนรายวิชากันได้ ตัวอย่างเช่น ห้องเรียนเสมือนจริงแคลิฟอร์เนีย และห้องเรียนเสมือนจริงโคลด์ เป็นต้น

5.5.2 ห้องเรียนเสมือนจริงรูปแบบที่หน่วยงานที่มีอำนาจในการให้ปริญญาใหม่เป็นผู้จัดตั้งขึ้น โดยปกติจะทำงานร่วมกับห้องเรียนที่มีอยู่แล้ว ห้องเรียนรูปแบบนี้จะทำหน้าที่เป็นธนาคารหน่วยกิต (Credit bank) มีพื้นที่สำหรับเก็บสะสมหน่วยกิตของนักศึกษาที่เรียนจากสถาบันต่าง ๆ และนับเป็นหน่วยกิตของหลักสูตรปริญญาของห้องเรียนเสมือนจริง ตัวอย่างห้องเรียนเสมือนจริงในรูปแบบนี้ เช่น ห้องเรียนเสมือนจริงของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีแห่งชาติ (National technological university: NTU) และห้องเรียนเสมือนจริงแห่งมหาวิทยาลัยฟีนิกซ์ (The university of phoenix) เป็นต้น

จากรูปแบบของห้องเรียนเสมือนจริงทั้ง 2 แบบ จะพบได้ว่า ลักษณะของห้องเรียนเสมือนจริงอาจจะมีลักษณะที่เสมือนในทางกายภาพที่พบได้ในคอมพิวเตอร์ หรืออาจไม่มีลักษณะเสมือนห้องเรียนจริง ๆ เลยก็ได้ รูปแบบใดมีลักษณะเหมือนหรือไม่กับห้องเรียนตามปกตินั้นไม่ใช่

ประเด็นสำคัญ สิ่งที่สำคัญ คือ ห้องเรียนเสมือนจริงจะต้องมีผู้เรียน ผู้สอนหรือครู และต้องมีสังคมหรือกลุ่มเพื่อนที่เรียนด้วยกัน แต่จะเป็นการใช้ศักยภาพของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อทำให้เกิดสภาพหรือช่วยให้กิจกรรมการเรียนการสอนดำเนินไปได้ (สุรพล บุญลือ. 2550: 35)

5.6 จุดมุ่งหมายของห้องเรียนเสมือนจริง

จุดมุ่งหมายของห้องเรียนเสมือนจริง สามารถสรุปได้ (สุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร. 2548: 39-40; สุรพล บุญลือ. 2550: 35-36) ดังนี้

5.6.1 จุดมุ่งหมายทั่วไปของห้องเรียนเสมือนจริง คือ เพื่อการกระจายความรู้โดยใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดียและเครือข่ายสารสนเทศระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อเตรียมคนสำหรับโลกอิเล็กทรอนิกส์ในวันข้างหน้าและฝึก “การเชื่อมต่อทางปัญญา” ในโครงสร้างของสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

5.6.2 จุดมุ่งหมายเฉพาะของห้องเรียนเสมือนจริง ได้แก่

5.5.2.1 เพื่อสร้างห้องเรียน “ข้ามชาติ”

5.5.2.2 เพื่อออกแบบห้องเรียนสำหรับวันข้างหน้าที่ผสมผสานระหว่างการปฏิบัติและทฤษฎีโดยการสนับสนุนการเรียนตลอดชีวิต เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนจะต้องปรับความรู้ให้ทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้ตกอยู่ในความล้าหลัง การเพิ่มพูนความร่วมมือระหว่างผู้เรียนและผู้สอนการจัดกิจกรรมเชิงปฏิบัติการที่ผู้สอนจัดให้การค้นคว้าจากฐานข้อมูลโดยใช้การจำลองสถานการณ์ชีวิตจริงจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในวิชาชีพที่จะปฏิบัติในอนาคตนอกจากนั้น ยังขยายการเชื่อมต่อทางปัญญาโดยการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและความเชี่ยวชาญระหว่างโลกของวิชาการกับโลกของความเป็นจริงในตลาดแรงงาน

จุดมุ่งหมายของห้องเรียนเสมือนจริงไม่ได้ถูกสร้างมาเพื่อสร้างความเสมือนจริงให้กับการเรียนการสอน เป็นเพียงการสร้างสภาพ ที่ให้ผู้เรียนผู้สอนได้เข้ามาร่วมกันเรียนรู้ในลักษณะการเรียนที่ผู้เรียนผู้สอนไม่ได้อยู่ในที่เดียวกันเป็นการเรียนการสอนทางไกลไม่ว่าจะเป็นในประเทศเดียวกันหรือต่างประเทศ ในเวลาเดียวกันหรือต่างเวลากันก็ได้ผู้เรียนจะได้ใช้ห้องเรียนเสมือนจริงในลักษณะของการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนด้วยกันหรือผู้เรียนกับผู้สอน (สุรพล บุญลือ. 2550: 36)

5.7 ความแตกต่างระหว่างห้องเรียนเสมือนกับห้องเรียนปกติ

สำหรับความแตกต่างระหว่างห้องเรียนเสมือนกับห้องเรียนปกติมีหลายประการด้วยกัน (รวัชชัย อติเทพสถิต. 2546: 65) ดังตาราง 1

ตาราง 1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างห้องเสมือนจริงกับห้องเรียนปกติ

ห้องเรียนปกติ	ห้องเรียนเสมือน
การพูดและการฟัง : จะเป็นการใช้เวลาที่ละคน และส่วนใหญ่ผู้สอนจะเป็นผู้พูดมากกว่าผู้เรียน	การพิมพ์และการอ่าน : ทุกคนจะเป็นผู้ลงมือกระทำเอง กระทำได้พร้อม ๆ กันและทุกคนร่วมมือกัน
ผู้เรียนจะต้องเรียนในอัตราที่ก้าวไปพร้อม ๆ กัน ทั้งห้อง	เป็นการเรียนตามอัตราการเรียนรู้ของแต่ละคน
สถานที่เรียน : มีการกำหนดสถานที่เรียนอย่างชัดเจน	สถานที่เรียน : เรียนที่ใดก็ได้
เวลาเรียน : มีการกำหนดตารางเวลาอย่างชัดเจน	เวลาเรียน : เวลาใดก็ได้
เป็นกระบวนการทางสังคมที่ทุกคนต้องมาเรียนเวลาเดียวกัน	ใช้กระบวนการทางสังคม ผนวกกับการแลกเปลี่ยนทางสังคมแบบจริงจังและยืดหยุ่นตามภารกิจของแต่ละคนได้
กิจกรรมการเรียนส่วนใหญ่ถูกกำหนดให้เป็นกิจกรรมรายบุคคล	กิจกรรมการเรียนส่วนใหญ่ กำหนดให้กระทำเป็นกลุ่มร่วมมือกัน
กิจกรรมการจดบันทึก : ผู้เรียนต้องจดบันทึก	กิจกรรมการจดบันทึก : ถูกบันทึกโดยอัตโนมัติลงในใบแสดงกิจกรรมผลการเรียนและตรวจสอบย้อนหลังได้
คอมพิวเตอร์ไม่ได้ถูกจัดสำหรับผู้เรียนแต่ละคนในชั้นเรียน	ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ถูกล้อมรวมเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมเสมือนจริงในการเรียน

ที่มา: รวัชชัย อติเทพสถิต. (2546: 62–66).

5.8 ประเด็นทางการศึกษาเกี่ยวกับห้องเรียนเสมือนจริง

สุรพล บุญลือ (2550: 37-38) ได้กล่าวถึงประเด็นทางการศึกษาที่เกี่ยวกับห้องเรียนเสมือนจริง ไว้ดังนี้คือ

5.8.1 ด้านการเรียนการสอน (Teaching and learning concerns)

5.8.1.1 เนื้อหาและจุดมุ่งหมาย (Content and objectives) ของการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับการเรียนแบบห้องเรียนเสมือนนั้นเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนมีโอกาสแก้ปัญหาพร้อมกันทำงานร่วมกัน ซึ่งปัจจัยสำคัญจะอยู่ที่ผู้สอนจะต้องนำเนื้อหาออกมาออกแบบการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับธรรมชาติของการเรียนผ่านระบบคอมพิวเตอร์

5.8.1.2 กระบวนการปฏิสัมพันธ์และความสามารถในการปฏิสัมพันธ์ (Interactivity and interaction processes) ของการเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริงจะมีพื้นฐานความเชื่อว่า การเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันจะทำให้เกิดการเรียนรู้ ดังนั้น ในห้องเรียนเสมือนจริงจึงควรจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน

5.8.1.3 กลยุทธ์และยุทธศาสตร์การเรียนรู้ (Learning strategies and tactics) หมายถึง การออกแบบการเรียนการสอนเพื่อนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ การกำหนดขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับธรรมชาติและจิตวิทยาการเรียนรู้ของมนุษย์นับเป็นเงื่อนไขสำคัญ

5.8.1.4 การควบคุมผู้เรียนและระบบการควบคุมความสนใจ (Learner control and system control) ของการเรียนผ่านระบบห้องเรียนเสมือนจำเป็นต้องมีการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอย่างต่อเนื่อง เพราะห้องเรียนเสมือน มีลักษณะที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีวินัยในการควบคุมตนเองยิ่งไปกว่านั้น ผู้ออกแบบการเรียนการสอน จะต้องมีการออกแบบระบบ เพื่อการดึงความสนใจของผู้เรียนให้มีความต่อเนื่อง

5.8.1.5 ผลการเรียนรู้และการประเมินผล (Outcomes and their evaluation) ของผู้เรียนจำเป็นต้องมีการประเมินอย่างเป็นระบบ ส่วนวิธีการประเมินเป็นการประเมินจากร่องรอยการเรียนรู้ที่ปรากฏจากชิ้นงานที่ผู้เรียนกระทำผ่านระบบห้องเรียนเสมือนจริง

5.8.2 ด้านการปฏิบัติการ (Implementation concerns) ในห้องเรียนเสมือนจริง พบว่า จะต้องตระหนักในศักยภาพของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงศักยภาพของตนเองอย่างเต็มศักยภาพและทำให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเองร่วมกับเพื่อน ๆ

5.8.3 ด้านผู้สอนและการสอน (Instructors and teaching)

5.8.3.1 ผู้บริหาร (Administrators) จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจธรรมชาติของห้องเรียนเสมือนจริงว่ามีลักษณะของการเรียนการสอนที่แตกต่างไปจากห้องเรียนปกติ

5.8.3.2 บุคลากรสนับสนุน (Support staff) ที่ทำหน้าที่ดำเนินงานในห้องเรียนเสมือนจริงต้องอาศัยบุคลากรที่มีความสามารถหลายด้าน อาทิ เจ้าหน้าที่ระบบคอมพิวเตอร์ เจ้าหน้าที่ช่วยในการผลิตสื่อ และเจ้าหน้าที่บริการโต้ตอบกับผู้เรียน เป็นต้น

ประเด็นของห้องเรียนเสมือนจริงอยู่ที่กระบวนการปฏิสัมพันธ์และความสามารถในการปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้สอน

5.9 การออกแบบเว็บเพจเพื่อการเรียนการสอน

การออกแบบเว็บเพจในแต่ละหน้า ผู้ออกแบบควรทำโครงร่างเว็บไซต์ไว้ก่อนเพื่อให้ทราบเว็บไซต์นั้นควรประกอบด้วยเว็บเพจอะไรบ้าง จำนวนกี่หน้า ดังนั้นจึงควรเริ่มด้วยการวางแผนแบบง่าย ๆ ไม่ยุ่งยาก ไม่ซับซ้อน โดยมีแนวทางในการออกแบบ (กิดานันท์ มลิทอง. 2543: 68-72) ดังนี้

5.9.1 รูปแบบเว็บเพจ

5.9.1.1 รูปแบบแนวนอน ปกติแล้วในการผลิตสิ่งพิมพ์จะมีการจัดหน้ากระดาษทั้งในแนวตั้งหรือแนวนอนแล้วแต่ลักษณะหนังสือ แต่ถ้าเป็นการจัดบนจอภาพแล้วการวางหน้าแนวนอนเป็นสิ่งที่เหมาะสมและสมเหตุสมผลมากกว่า ทั้งนี้จอมอนิเตอร์มีส่วนกว้างมากกว่าส่วนสูง

5.9.1.2 การสำรวจขนาดเดียว (One-size surfing) ควรให้หน้าโฮมเพจมีทุกอย่างสมบูรณ์และมีขนาดพอดีเท่ากับเนื้อที่นั้น เพื่อที่จะให้ผู้อ่านสามารถดูทุกอย่างได้ภายในหน้าเดียวโดยไม่ต้องเบื่อนายในการใช้แถบเลื่อนในการเลื่อนดูและสำหรับหน้าอื่น ๆ ก็ควรมีความคงตัวและถ้าอยู่ในเนื้อที่ขนาด 640 x 640 จุดภาพได้จะเป็นการดีมาก แต่บางครั้งหลาย ๆ หน้าอาจจะมีสารสนเทศมากเกินไปจึงต้องใช้แถบเลื่อนบ้างหากจำเป็น

5.9.2 ขนาดของเว็บเพจ

จำกัดขนาดแฟ้มของแต่ละหน้า โดยการขีดจำกัดเป็นกิโลไบต์สำหรับ “น้ำหนัก” ของแต่ละหน้า ซึ่งหมายถึงจำนวนรวมกิโลไบต์ของภาพกราฟิกทั้งหมดในหน้าโดยรวมพื้นหลังด้วย

5.9.3 การจัดหน้า

5.9.3.1 กำหนดความยาวของหน้าให้สั้น

5.9.3.2 กำหนดจำนวนของข้อความที่จะบรรจุในแต่ละหน้า โดยมีระหว่าง 200-500 คำในแต่ละหน้าและไม่ต้องมีเลขหน้ากำกับ

5.9.3.3 ใส่สารสนเทศที่สำคัญที่สุดในส่วนบนของหน้า คือ ส่วนบนสุดของหน้าจอภาพ ทุกคนที่เข้ามาในเว็บไซต์จะมองเห็นส่วนบนของจอภาพเป็นลำดับแรก

5.9.3.4 ใช้ความได้เปรียบของตาราง ตารางจำเป็นสำหรับหน้าที่ซับซ้อนหรือเมื่อต้องการใช้คอลัมน์ ตารางจะใช้ได้เป็นอย่างดีเมื่อใช้จัดระเบียบหน้า เช่น การแบ่งแยกกราฟิกหรือการแบ่งข้อความออกเป็นคอลัมน์ เป็นต้น

5.9.4 พื้นหลัง

ความยาก-ง่ายในการอ่าน พื้นหลังที่มีลวดลายมากจะทำให้เว็บเพจมีความยากลำบากในการอ่านเป็นอย่างยิ่ง การใช้สีร้อนที่มีความแตกต่างสูงจะทำให้ไม่สบายตาในการอ่านเช่นกันดังนั้นจึงไม่ควรใช้พื้นหลังที่มีลวดลายเกินความจำเป็นและควรใช้สีเขียวเป็นพื้นหลังจะทำให้เว็บเพจน่าอ่านมากกว่าและควรมีการทดสอบการอ่านด้วยตนเองและผู้อื่นด้วย

5.9.5 ศิลปะการใช้ตัวพิมพ์

5.9.5.1 ความจำกัดของการใช้ตัวพิมพ์ ผู้ออกแบบจะถูกจำกัดในเรื่องของศิลปะการใช้ตัวพิมพ์บนเว็บมากกว่าในสื่อสิ่งพิมพ์ การพิมพ์ในเว็บจะไม่สามารถควบคุมช่วงบรรทัด (Leading) ซึ่งเป็นเนื้อหาหรือช่องไฟระหว่างตัวอักษร (Tracking) ได้

5.9.5.2 ใช้ลักษณะกราฟิกแทนตัวอักษรธรรมดาให้น้อยที่สุด ถึงแม้จะสามารถใช้ลักษณะกราฟิกแทนด้วยอักษรธรรมดาได้ก็ตาม แต่ไม่ควรใช้มากเกินไปกว่า 2-3 บรรทัด

5.9.6 การนำทาง

5.9.6.1 รูปแบบการนำทางสามารถเป็นไปได้หลายรูปแบบ เช่น แถบเครื่องมือ ข้อความเชื่อมโยง กราฟิกเคลื่อนไหว ฯลฯ เราสามารถใช้ภาพถ่าย ภาพลายเส้นหรือภาพกราฟิกต่างๆ เพื่อเป็นเครื่องนำทางแก่ผู้อ่าน หรืออาจใช้แผนที่ภาพ (Image map) ซึ่งเป็นภาพพร้อมจุดเชื่อมโยงเพื่อเชื่อมโยง ไปสู่เว็บเพจอื่น ๆ ก็ได้เช่นกัน

5.9.6.2 ตำแหน่ง ระบบการนำทางชั้นแรกสู่ส่วนหลักของเว็บไซต์ควรเก็บรวบรวมกันอยู่ในส่วนรวมที่เหมาะสม เช่น ส่วนบนของหน้า ส่วนล่างหรือส่วนข้าง ถ้ามีการใช้หน้ายาวโดยต้องใช้แถบเลื่อนจะเป็นการดีมากที่จะใส่เครื่องมือนำทางทั้งในส่วนบนและส่วนล่างของหน้า โดยที่อาจจะทำให้แตกต่างกันโดยใช้ภาพกราฟิกและข้อความ หรือการใช้ข้อใดอย่างหนึ่งที่เหมือนกันทั้งในส่วนบนและส่วนล่างของหน้าก็ได้

5.10 ข้อพิจารณาในการพัฒนาห้องเรียนเสมือน

ในการพัฒนาห้องเรียนเสมือนนั้นมีสิ่งจำเป็นหลายอย่างที่ควรคำนึงถึงและควรทำความเข้าใจ เพื่อให้การพัฒนาห้องเรียนเสมือนเป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งจะทำให้บรรลุผลของการสร้างและการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ข้อคิดและข้อเสนอแนะในการพัฒนาห้องเรียนเสมือนไว้ดังนี้

พอร์ทเทอร์ (Porter, 2000: 84-87) ได้แนะนำข้อควรพิจารณาในการพัฒนาห้องเรียนเสมือนไว้ดังต่อไปนี้

5.10.1 การออกแบบบทเรียนให้เหมาะกับเนื้อหาวิชา โดยเริ่มตั้งแต่การแบ่งหัวข้อต่าง ๆ ของเนื้อหาตามลำดับ การเตรียมคณะครูในการแนะนำกิจกรรม การมอบหมายงานหรือรายละเอียดต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ กำหนดการเรียน การส่งงาน เกณฑ์การให้คะแนนและน้ำหนักคะแนนตลอดจนแนะนำโครงสร้างในการออกแบบ

5.10.2 การจัดขนาดกลุ่มของห้องเรียนเสมือนให้เหมาะสมกับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับคณะครูผู้รับผิดชอบ การแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่เล็กเกินไปอาจทำให้มีการอภิปรายหรือการแสดงความคิดเห็นในเนื้อหาน้อยเกินไป ส่วนการแบ่งกลุ่มที่ใหญ่เกินไปก็อาจทำให้ผู้เรียนและผู้สอนมีภาระในการจัดการข้อมูลが多เกินไป ทั้งนี้การจัดขนาดกลุ่มควรสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน

5.10.3 การกำหนดระดับของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของวิชานั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนกับผู้สอนควรมีปฏิสัมพันธ์ตลอดเวลาทันทีทันใด ทุกสัปดาห์หรือเป็นระยะ ๆ ตามความเหมาะสม ซึ่งกิจกรรมการมีปฏิสัมพันธ์นี้เปรียบเสมือนกุญแจสำคัญของห้องเรียนเสมือนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

5.10.4 การเลือกใช้เทคโนโลยี ควรเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับกิจกรรม ทั้งในด้านการออกแบบและชุดโปรแกรม เครื่องมือที่ใช้ การออกแบบบทเรียนให้น่าสนใจโดยการใช้ภาพกราฟิกข้อความที่สวยงามซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน อาจทำให้ผู้เรียนเสียเวลาในการดาวน์โหลดข้อมูลโดยไม่จำเป็นก็ได้ หรือการเลือกโปรแกรมที่ผู้เรียนใช้ เช่น ผู้เรียนใช้ Word 97 สามารถอ่านเอกสาร Word 95 ได้ แต่ถ้าผู้เรียนใช้ Word 95 จะไม่สามารถอ่านเอกสาร Word 97 ได้ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้เทคโนโลยีควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนนั้น ๆ เป็นสำคัญการพัฒนาห้องเรียนเสมือนที่ดีควรทำความเข้าใจถึงคุณลักษณะ 2 ประการของบทเรียนรายวิชาผ่านอินเทอร์เน็ต (Khan. 1997: 6) ได้แก่

1. คุณลักษณะหลัก (Key features) เป็นคุณลักษณะพื้นฐานของบทเรียนผ่านอินเทอร์เน็ตทุกบทเรียน ตัวอย่างเช่น การสนับสนุนให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน ผู้สอนหรือผู้เรียนคนอื่น ๆ การนำเสนอบทเรียนในลักษณะสื่อหลายมิติ (Multimedia) การนำเสนอบทเรียนระบบเปิด (Open system) กล่าวคือ อนุญาตให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่เว็บเพจอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ รวมทั้งผู้เรียนควรจะสามารถควบคุมการเรียนของตนเองได้

2. คุณลักษณะเพิ่มเติม (Additional features) เป็นคุณลักษณะประกอบเพิ่มเติมซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพและความยากง่ายของการออกแบบเพื่อนำมาใช้งานและการนำมาใช้ประกอบคุณลักษณะหลักของบทเรียนผ่านอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างเช่น ความง่ายในการใช้งานของโปรแกรมที่มีระบบป้องกันการลักลอบข้อมูล รวมทั้งระบบให้ความช่วยเหลือบนเครือข่ายมีความสะดวกในการแก้ไขปรับปรุงบทเรียน เป็นต้น

5.11 คุณค่าของห้องเรียนเสมือน

การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือน (ฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. 2547: 72-73) จัดเป็นนวัตกรรมการศึกษาอย่างหนึ่งที่สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ทั่วโลกให้ความสนใจ การเรียนการสอนวิธีนี้ได้อาศัยพัฒนาการของการสื่อสารและเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นหลัก ดังนั้นการเรียนการสอนจึงมีลักษณะของการศึกษาทางไกลที่ส่งไปถึงผู้เรียนซึ่งมีประโยชน์ต่อการศึกษาดังต่อไปนี้

5.11.1 เป็นการเรียนที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลา สถานที่และความแตกต่างระหว่างบุคคลมากนัก การเรียนวิธีนี้จึงเป็นโอกาสให้คนส่วนใหญ่มีสิทธิได้รับการศึกษาอย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกัน

5.11.2 ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาและค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างกว้างขวางตามความถนัดและความสนใจ

5.11.3 ผู้เรียนมีโอกาสได้รับข้อมูลข่าวสารและแนวความคิดในเรื่องต่าง ๆ อย่างหลากหลายมากกว่าการเรียนการสอนในห้องเรียนปกติ

5.11.4 ผู้เรียนมีโอกาสได้ร่วมแสดงความคิดเห็นในเรื่องต่าง ๆ

5.11.5 ผู้เรียนไม่ต้องเดินทางมาเรียนทำให้ประหยัดเงิน เวลา และความเสี่ยงจากการเดินทาง

5.11.6 เป็นรูปแบบการเรียนที่สนับสนุนทางการปฏิรูปการศึกษาในเรื่องการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติในเรื่องของการนำเทคโนโลยีมาใช้พัฒนาการศึกษา

5.11.7 ทำให้เกิดการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ได้อย่างมีคุณภาพและเต็มตามประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและสร้างความเชื่อมั่นในการลงทุนในการนำเทคโนโลยีมาใช้พัฒนาการศึกษา

5.11.8 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พบผู้เชี่ยวชาญ

5.11.9 เป็นการสร้างค่านิยมทางการศึกษาใหม่ให้กับสังคมและฝึกทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองให้กับผู้เรียน

5.12 ข้อจำกัดของห้องเรียนเสมือน

ข้อจำกัดของการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือน (ฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. 2547: 73; Perrin. 1994: 142) มีหลายประการดังต่อไปนี้

5.12.1 อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ในการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนมักมีราคาแพง ดังนั้น การเรียนการสอนด้วยวิธีนี้จึงมีข้อจำกัดในกลุ่มนักเรียนและโรงเรียน หรือสถาบันการศึกษาที่มีฐานะดี

5.12.2 มีความล่าช้าในการรอข้อมูลย้อนกลับ การเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนมักจะเป็นการเรียนต่างเวลา (Asynchronous learning) ตามความพร้อมของผู้เรียนและผู้สอน ดังนั้น ผู้เรียนจึงไม่สามารถได้รับคำตอบโดยทันทีเมื่อต้องการซักถามผู้สอน ซึ่งแตกต่างจากการเรียนการสอนในห้องเรียนแบบปกติที่สามารถโต้ตอบกันได้โดยทันที

5.12.3 ผู้เรียนต้องมีทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์เป็นอย่างดี

5.12.4 ปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนไม่มีความเป็นธรรมชาติและมีน้อยกว่าที่ควร

5.12.5 ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรับผิดชอบในการเรียนด้วยตนเอง ทำให้การเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร

6. เอกสารเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือน

ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual lab or cyber lab or online lab) หมายถึง ห้องปฏิบัติการทดลองที่มีสภาพแวดล้อมที่จำเป็น และมีคุณภาพเหมือนกับห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลองจริงทุกประการ แต่จะไม่มีอาคาร สถานที่ และไม่มี การพบหน้ากัน (Face to face contact) (วนิดา ฉัตรวิราคม. 2554: 165-169)

ซึ่งจากความหมายของคำว่า “เสมือนจริง (Virtual)” นั้น หมายถึง การสมมติ ทำให้การจัดการเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องมีสถานที่ตั้งของสถานศึกษาเหมือนการจัดการศึกษาทั่วไป แต่ต้องประกอบอื่น ๆ ที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างคงอยู่

6.1 จุดมุ่งหมายของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ในกรณีที่มีการเรียนการสอนมีความจำเป็นต้องฝึกทักษะกระบวนการต่าง ๆ พบว่า การเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริงก็สามารถทำได้ด้วยการสร้างห้องปฏิบัติการเสมือนจริงขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายของห้องปฏิบัติการ ดังนี้

6.1.1 จุดมุ่งหมายทั่วไปของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนมีจุดมุ่งหมายทั่วไปในการกระจายความรู้โดยใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดีย และเครือข่ายสารสนเทศ ระหว่างนักเรียน นิสิต นักศึกษาในห้องปฏิบัติการกับผู้สอน เพื่อเตรียมคนสำหรับโลกอิเล็กทรอนิกส์ในวันข้างหน้า และฝึก “การเชื่อมต่อทางปัญญา” ด้วยโครงร่างของสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

6.1.2 จุดมุ่งหมายเฉพาะของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ได้แก่

6.1.2.1 เพื่อสร้างห้องปฏิบัติการ “ข้ามชาติ”

6.1.2.2 เพื่อออกแบบห้องเรียนสำหรับวันข้างหน้าที่ผสมผสานระหว่าง การปฏิบัติและทฤษฎีโดยมีจุดหมายย่อย 3 ข้อ ดังนี้

1) การสนับสนุนการเรียนตลอดชีวิต เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันมีความก้าวหน้ารวดเร็วมาก ประชาชนจะต้องปรับความรู้ให้ทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้ตกอยู่ในความล้าหลัง

2) การเพิ่มพูนความร่วมมือระหว่างนักศึกษาและคณาจารย์การจัดกิจกรรมเชิงปฏิบัติการที่คณาจารย์จัดให้ การค้นคว้าจากฐานข้อมูลโดยใช้การจำลองสถานการณ์ชีวิตจริง อันจะช่วยให้ให้นักศึกษาเข้าใจในวิชาชีพที่จะปฏิบัติในอนาคต นอกจากนั้นยังขยายการเชื่อมต่อทางปัญญาโดยการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และความเชี่ยวชาญระหว่างโลกของวิชาการกับโลกของความเป็นจริงในตลาดแรงงาน

3) การสอนมัลติมีเดียโดยใช้มัลติมีเดีย หมายถึง การสอนสิ่งที่หลากหลาย โดยการใช้สื่อที่หลากหลายเช่นเดียวกัน

6.2 หลักการของห้องปฏิบัติการเสมือนจริง ห้องเรียนเสมือนจริงยึดหลักการ 4 ประการ ดังนี้

6.2.1 การให้การศึกษาที่ทันเวลาการใช้งาน (Just in time education) ห้องเรียนเสมือนจริงมีความคล่องตัวและเชื่อมโยงกับแหล่งข้อมูลและแหล่งวิชาการต่าง ๆ ใต้ทั่วโลกจึงเป็นแหล่งความรู้ที่ทันสมัยตลอดเวลา สามารถตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนได้ในทันที

6.2.2 การเรียนเป็นการแลกเปลี่ยน (Learning is exchange) ในห้องเรียนเสมือนจริงจะไม่มีระบบที่มีผู้รู้ทุกเรื่องคนเดียวแล้วสอนคนอื่น ๆ แต่จะเป็นลักษณะที่ทุกคนเสมอกัน แลกเปลี่ยนความรู้กัน

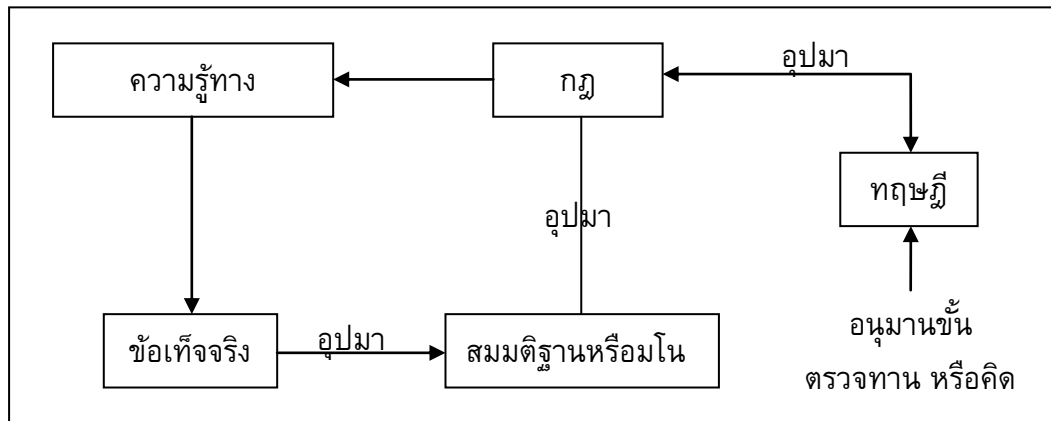
6.2.3 การเรียน คือ การแลกเปลี่ยนความรู้และข้อมูลข่าวสาร ไม่ใช่การรับเพียงอย่างเดียว หลักการนี้เป็นลักษณะของห้องเรียนเปิดที่ผู้สอน ผู้เรียน และผู้สนใจสามารถพบปะแลกเปลี่ยนความรู้กันได้

6.2.4 มีการจัดสภาพแวดล้อมโดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (Environment according to user profile) สภาพแวดล้อมทางการเรียนจะเปลี่ยนรูปไปตามลักษณะของผู้เรียน ตั้งแต่เริ่มล็อกอินเข้าเรียน ผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดขอบข่ายความสนใจว่าจะเรียนอะไร และในระหว่างเรียนนั้นผู้เรียนจะเป็นผู้ปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมการเรียนเอง โดยเป็นผู้เลือกเนื้อหาที่จะเรียน เลือกปรึกษาคนที่ตนเองต้องการ ซึ่งอาจเป็นผู้สอน บุคลากร หรือเพื่อนผู้เรียนเอง ขณะที่ลงทะเบียนเรียน ผู้เรียนจะให้ชื่อ ที่อยู่ ในอีเมล คุณวุฒิในการทำงาน ขอบข่ายความสนใจ และประสบการณ์ในการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลนี้จะเป็นกุญแจในการติดต่อกับผู้ที่มีความสนใจและคุณลักษณะคล้ายกัน ลักษณะของการจัดห้องเรียนเสมือนจริงเป็นการเน้นที่กระบวนการในการเรียนการสอนโดยใช้ห้องเรียนเสมือนจริงเป็นเสมือนช่องทาง หรือเป็นเสมือนห้องเรียนจริงที่ผู้เรียนและผู้สอนมาพบกันในห้องเรียน ดังนั้น การจัดห้องเรียนเสมือนจริงจึงเป็นการจัดเพื่อสร้างสภาพการเรียนแบบเสมือนจริงขึ้น

7. เอกสารทางด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

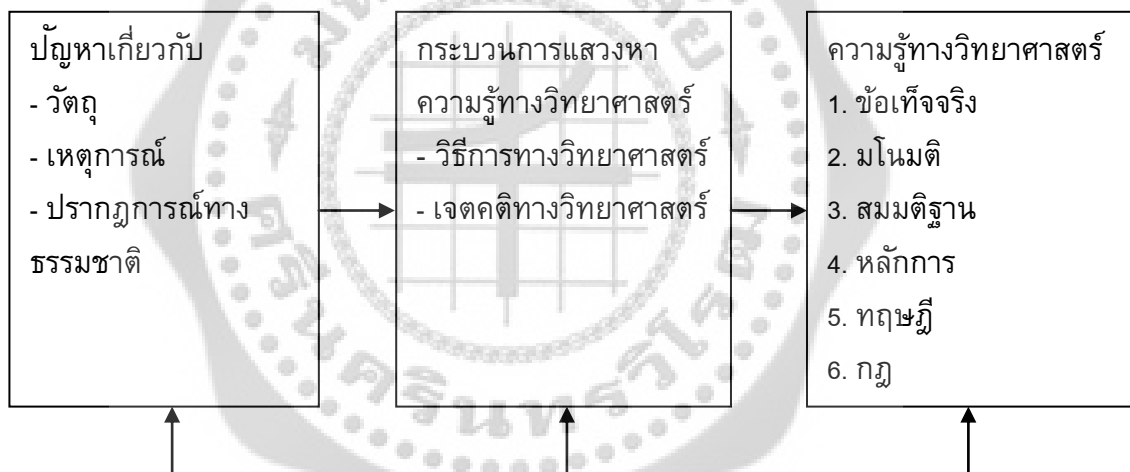
7.1 ความหมายของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า Scientia ซึ่งหมายถึงความรู้ สำหรับปัจจุบันได้ให้ความหมายที่แท้จริงของวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง กระบวนการที่มุ่งศึกษาในส่วนที่เป็นตัวของความรู้ (Body of knowledge) อันได้แก่ ข้อเท็จจริง (Fact) มโนคติ (Concept) ทฤษฎี (Principle) กฎ (Theory of scientific inquiry) และส่วนของกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of scientific inquiry) ดังภาพประกอบ 7 โดยความรู้ที่ได้จะมาจากทดสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น และสามารถตรวจสอบได้อย่างเป็นระบบ จนเชื่อถือได้จนถูกรวบรวมเป็นหมวดหมู่ ดังภาพประกอบ 8 (ตรียพล โฉมไสว. 2552: 15; สมจิต สวธนไพบุลย์. 2535: 94-101; ทววมหาวิทยาลัย. 2525: 5)



ภาพประกอบ 7 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์

ที่มา: สมจิต สวรรณไพบูลย์. (2535: 101).



ภาพประกอบ 8 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ที่มา: สมจิต สวรรณไพบูลย์. (2535: 101).

สำหรับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของไทยนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กำหนดความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้ (มุสดี ตามไท. 2531: 55 – 57; กรมวิชาการ. 2546)

1. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะขอบเขตและวงจำกัดของวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อม
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
7. เพื่อให้เป็นคนที่มีความรู้วิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

7.2 กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดและกระทำอย่างมีระบบที่นำมาใช้ในการแสวงหาความรู้ที่นี้อาจแตกต่างกันบ้าง แต่ก็มีลักษณะร่วมกันทำให้สามารถจัดเป็นขั้นตอนได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้ (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542: 10)

1. ขันตั้งปัญหา
2. ขันตั้งสมมติฐาน
3. การรวบรวมข้อมูล โดยการสังเกตหรือการทดลอง
4. ขันสรุปผลการสังเกตหรือการทดลอง

ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น นอกจากจะใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆ เพื่อการศึกษาค้นคว้าให้ได้ผลดีนั้น ขึ้นอยู่กับการคิด การกระทำที่เป็นอุปนิสัยของผู้ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการแสวงหาความรู้ เรียกว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) หมายถึง ลักษณะหรือท่าทีหรือพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกมา ซึ่งมักจะขึ้นอยู่ กับความรู้ ประสบการณ์ หรือความรู้สึกร่วมตัวของแต่ละบุคคล อันประกอบด้วยคุณลักษณะต่างๆ (วรรณทิพา รอดแรงคำ; และ พิมพันธ์ เตชะคุปต์. 2551: 6-7) ดังนี้

1. ความมีเหตุผล
2. ความอยากรู้อยากเห็น
3. มีใจกว้าง
4. ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง
5. ความเพียรพยายาม
6. ความมีระเบียบ รอบคอบก่อนตัดสินใจ

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้สร้างกิจกรรมเพื่อเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้รู้จักใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

7.3 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (Academic achievement) หมายถึง ผลสำเร็จที่เกิดจากลักษณะ และความสามารถทางการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของบุคคล โดยความสำเร็จที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดจากองค์ประกอบทั้งทางด้านสติปัญญา และไม่ใช้สติปัญญา ซึ่งมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง อันวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ศุภพงศ์ คล้ายคลึง. 2548: 27; ประกิจ รัตนสุวรรณ. 2525: 200; วิชชุตา อ้วนศรีเมือง. 2554: 38)

โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะมีองค์ประกอบ 3 ด้านด้วยกัน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

7.4 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

บลูม (จินตวีร์ โยสีดา. 2554: 39; อ้างอิงจาก Bloom. 1976: 201) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของความรู้ในเชิงพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิดไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ความรู้ – ความจำ หมายถึง การระลึก ท่องจำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว โดยตรงในขั้นนี้รวมถึงการระลึกถึงข้อมูล ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ไปจนถึงทฤษฎี กฎเกณฑ์จากตำรา ดังนั้น ความรู้ความจำจึงจัดได้ว่าเป็นพฤติกรรมขั้นต่ำสุด

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถจะจับใจความสำคัญของเนื้อหาที่ได้เรียน หรืออาจแปลความจากตัวเลข การสรุป การย่อความต่าง ๆ ดังนั้น การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าเป็นขั้นที่สูงกว่าการท่องจำแบบปกติ

3. การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถที่จะนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ดังนั้น ขั้นนี้จึงรวมถึงความสามารถในการนำกฎ มโนทัศน์ หลักสำคัญ วิธีการนำไปใช้ การเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจเนื้อหาอย่างละเอียดเสียก่อนจึงจะสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ จึงจัดอันดับให้สูงกว่าด้านความเข้าใจ

4. การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถที่จะแยกแยะเนื้อหาวิชาลงไปเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ เพื่อที่จะได้มองเห็นหรือเข้าใจความเกี่ยวโยงต่าง ๆ ในขั้นนี้จึงรวมถึงการแยกแยะหาส่วนประกอบย่อย ๆ หาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อย ๆ เหล่านั้น ตลอดจนหลักสำคัญต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าสูงกว่าการนำเอาไปใช้และต้องเข้าใจทั้งเนื้อหาและโครงสร้างของบทเรียน

5. การสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถที่จะนำเอาส่วนย่อย ๆ มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่ การสังเคราะห์จึงเกี่ยวกับการวางแผน การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การแก้ปัญหาที่ยาก ๆ การเรียนรู้ระดับนี้เป็นการเน้นพฤติกรรมที่สร้างสรรค์ในอันที่จะสร้างแนวคิด หรือแบบแผนใหม่ ๆ ขึ้นมา ดังนั้น การสังเคราะห์จึงสูงกว่าการวิเคราะห์อีกขั้นหนึ่ง

6. การประเมินค่า หมายถึง ความสามารถที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าต่าง ๆ ไม่ว่าจะคำพูด นวนิยาย บทกวี รายงานการวิจัย ซึ่งการตัดสินใจดังกล่าวจะต้องวางแผนอยู่บนเกณฑ์

ที่แน่นอน เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะเป็นสิ่งที่ผู้เรียนคิดขึ้นเอง หรือนำมาจากที่อื่นก็ได้ ดังนั้น การเรียนรู้ในขั้นนี้ถือว่าเป็นการเรียนรู้ขั้นสูงสุด

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สนใจวัดความรู้ในเชิงพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิด 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ – ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิด 5 ตัวเลือก

7.5 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการแบ่งประเภทของแบบทดสอบปรนัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นั้น โดยปกติมักจะแบ่งออกเป็น 4 ประเภทด้วยกัน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2545: 114-115) คือ

1. แบบถูก-ผิด (True-false)

แบบทดสอบปรนัยประเภทถูก-ผิด เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้ตอบระบุหรือชี้ว่าข้อความที่กำหนดให้ นั้น “ถูกหรือผิด” ซึ่งแบบทดสอบลักษณะนี้จะไม่ค่อยเป็นที่นิยม เนื่องจากผู้ตอบมีทางเลือกได้เพียง 2 ทาง และมีโอกาสในการเดาคำตอบถูกถึง 50% นอกจากนี้แบบทดสอบลักษณะดังกล่าวยังยากแก่การปรับปรุงให้มีคุณภาพสูงขึ้น และมีคำถามในการวัดสมรรถภาพของสมองได้ไม่ลึกซึ้งตามที่หลักสูตรต้องการ

2. แบบจับคู่ (Matching)

แบบทดสอบปรนัยประเภทจับคู่ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดข้อความไว้สองตอน โดยให้แต่ละตอนมีความสัมพันธ์กัน แล้วให้ผู้ตอบจับคู่ข้อความที่สัมพันธ์กัน ซึ่งแบบทดสอบลักษณะนี้ ยังนับว่าพอใช้ได้ เนื่องจากมีตัวเลือกหลายตัว เดาถูกได้ยาก แต่หากจะนำมาวัดให้เกิดผลดี ควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

1.) ตัวคำถามกับคำตอบที่เข้าคู่กันนั้นกระจัดรัดพอหรือไม่ คือเมื่อนำมาต่อกันแล้วอ่านได้ชัดเจนเหมาะสม

2.) เรื่องราวที่ยกมาถามควรเป็นเรื่องเดียวกัน ไม่ควรเอาเรื่องอื่นมาปน

3.) ในแต่ละชุดควรมีคำถามประมาณ 5-8 ข้อ เพราะถ้ามากเกินไปผู้ตอบอาจสับสนได้

4.) ควรมีตัวที่จะใช้เป็นคู่คำตอบมากกว่าตัวคำถาม 2-3 ข้อ

5.) ถ้าต้องการให้ผู้ตอบใช้คำตอบซ้ำข้อกันได้ ควรบอกรายละเอียดไว้ให้ชัดเจน

3. แบบเติมคำหรือข้อความให้สมบูรณ์ (Completion type)

แบบทดสอบลักษณะนี้จะเว้นข้อความที่สำคัญของประโยคนั้นไว้ แล้วให้ผู้ตอบหาข้อความมาเติมให้สมบูรณ์ แต่มีข้อควรระวัง ดังต่อไปนี้

1.) คำตอบ 1 คำตอบ ควรเติมได้เพียงแห่งเดียว

2.) คำถามที่จะให้เติมควรอยู่ตอนท้ายประโยค

3.) เว้นที่ว่างให้ยาวพอสมควรกับความยาวของคำตอบ

4.) หลบเลี่ยงคำที่แนะนำคำตอบ

4. แบบเลือกตอบ (Multiple choices)

แบบทดสอบปรนัยประเภทเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามแล้วมีคำตอบให้เลือก 4-5 ตัว โดยมักจะให้เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว ส่วนที่เหลืออีก 3-4 ตัวจะเป็นตัวลวง แบบทดสอบลักษณะนี้ถือเป็นแบบทดสอบที่เหมาะสมที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากออกข้อสอบวัดได้ครอบคลุมหลักสูตร และนอกจากนี้ยังสามารถนำคำถามมาคำนวณหาค่าความเที่ยงตรง และค่าความยากง่ายทั้งรายข้อและฉบับเพื่อหาทางปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อีกด้วย

7.6 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้มีคุณภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาขั้นตอนและกระบวนการต่างๆ ในการสร้างแบบทดสอบให้เข้าใจ (เพลินพิศ ธรรมรัตน์. 2542: 91) โดยขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ ครูหรือผู้สร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรดำเนินการสร้างตามขั้นตอน (พิชิต ฤทธิ์จัญญ. 2545: 97) ดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตร พร้อมทั้งสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด โดยตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบ ซึ่งจะระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดไว้อย่างชัดเจน

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เพราะจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลของการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และใช้สำหรับการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีการสร้าง โดยศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตร และจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งผู้ออกข้อสอบจำเป็นจะต้องพิจารณาและตัดสินใจในการเลือกชนิดของข้อสอบที่จะใช้วัดว่าควรเป็นแบบใด โดยควรเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และความเหมาะสมของวัย หลังจากนั้นจึงศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจถึงหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

4. เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลักและวิธีการตามสิ่งที่ได้เรียนรู้มา

5. ตรวจสอบข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบที่ได้สร้างไว้แล้วมีความถูกต้องตามหลักวิชาการ มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกข้อสอบจึงจำเป็นต้องทบทวนและตรวจทานข้อสอบอีกครั้ง

6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง หลังจากตรวจทานข้อสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้จัดพิมพ์ข้อสอบทั้งหมด จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลอง โดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีการตอบคำถามในแบบทดสอบ (Direction) พร้อมทั้งจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7. ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ จะเป็นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง กระทำได้โดยการนำแบบทดสอบที่ได้ไปทดลองกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการทดสอบจริง แล้วนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ

8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง ผลจากการวิเคราะห์ข้อสอบ หากพบว่าข้อสอบข้อใดขาดคุณภาพ หรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้ง หรือทำการปรับปรุงแก้ไขข้อสอบข้อนั้นให้มีคุณภาพดีขึ้น แล้วจึงจะดำเนินการจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับจริง เพื่อนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อประเมินผลความสำเร็จที่เกิดจากลักษณะและความสามารถทางการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของบุคคล อันสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ซึ่งสามารถดำเนินการวัดได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

8. เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

8.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้ ประสานวงศ์ บุรณะพิมพ์ (2528: 37) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาความรู้ การคิด การค้นคว้าวิจัยและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2537: 14) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกการสังเกต การวัด การตีความหมายข้อมูล การลงข้อสรุป และการทดลอง

วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2551: 6) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญในการใช้ความคิด ทั้งคิดขั้นพื้นฐานและคิดขั้นสูงในการแสวงหาความรู้ และการแก้ปัญหา แบ่งออกเป็น 13 ทักษะ คือ การสังเกต การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท การวัด การใช้ตัวเลข การสื่อความหมาย การพยากรณ์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

จิรพรรณ ทะเขียว (2543: 9) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการปฏิบัติและฝึกฝนอย่างมีระบบจนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

สรศักดิ์ แพรดำ (2544: 22) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การลงความคิดเห็น จากข้อมูล การจำแนกประเภท การวัด การใช้ตัวเลข การสื่อความหมาย การพยากรณ์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ได้อย่าง คล่องแคล่วถูกต้องและแม่นยำ เพื่อการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหาอันเกิดจากการปฏิบัติและ ผิดพลาดความนึกคิดอย่างเป็นระบบ

จากความหมายข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ การคิด การค้นคว้าวิจัยและแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่ได้รับการปฏิบัติและฝึกฝนอย่างมีระบบจนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญ

8.2 ประเภทของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จัดเป็นทักษะทางด้านสติปัญญา (Intellectual skill) หรือเป็นทักษะทางการคิดที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่เกี่ยวข้องทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ ในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่ง ออกเป็น 13 ทักษะ โดยจัดให้ทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และ ทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง หรือขั้นผสม หรือขั้นบูรณาการ (วรรณทิพา รอดแรงคำ; และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2551: 3-6) ดังนั้น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 13 ทักษะ ได้แก่

8.2.1 การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือ หลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ เพื่อ ค้นคว้าข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการ สังเกตประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการ เปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ประกอบด้วย การตั้งชื่อ และการบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างบรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณและบรรยายการ เปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

8.2.2 การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูลที่ ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมเข้ามาช่วย ความสามารถที่ แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ คือ การอธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูล โดยใช้ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมเข้ามาช่วย

8.2.3 การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ และเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือนความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้แล้ว ได้แก่ การแบ่ง

พวกของสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ นอกจากนั้นยังสามารถเรียงลำดับสิ่งของด้วย เกณฑ์ของตัวเองพร้อมกับบอกได้ว่า ผู้อื่นแบ่งพวกของสิ่งนั้นโดยใช้อะไรเป็นเกณฑ์

8.2.4 การวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือนั้นทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด แสดงวิธีใช้เครื่องมืออย่างถูกต้องพร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือ รวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

8.2.5 การใช้ตัวเลข (Using number) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือการหาค่าเฉลี่ย ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง การคำนวณ และการหาค่าเฉลี่ยได้อย่างถูกต้อง

8.2.6 การสื่อความหมาย (Communicating) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อช่วยให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น ซึ่งอาจจะเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ ไดอะแกรม กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย เป็นต้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้แล้ว ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้น โดยต้องรู้จักเลือกรูปแบบที่ใช้ในการเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม บอกเหตุผลในการเสนอข้อมูล ในการเลือกแบบเสนอข้อมูลนั้น การเสนอข้อมูลอาจกระทำได้หลายแบบ โดยเฉพาะการเสนอข้อมูลในรูปแบบของตาราง

8.2.7 การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยสรุป

8.2.8 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา (Using space/time relationships)
สเปซของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่อยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปซของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การบ่งชี้รูป 2 มิติ และ 3 มิติได้ สามารถวาดภาพ 2 มิติจากวัตถุหรือภาพ 3 มิติได้

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การบอกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุโดยใช้ตัวเองหรือวัตถุอื่นเป็นเกณฑ์ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาด หรือ ปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

8.2.9 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่การตั้งสมมติฐานหนึ่ง ๆ สำหรับตัวแปร หมายถึง สิ่งที่แปรเปลี่ยนค่าได้ เช่น อายุ ความสูง ประเภทของรถ อุณหภูมิ ระดับการศึกษา เป็นต้น

ตัวแปรต้น หมายถึง สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่ต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม หมายถึง สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่แปรเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะแปรตามไปด้วย

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ หมายถึง สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

8.2.10 การตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง ซึ่งเป็นคำตอบที่จะต้องรอการพิสูจน์ สมมติฐานได้มาโดยอาศัยการสังเกตความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้ายังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการกฎหรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐาน คือ คำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อสนับสนุนสมมติฐานหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

8.2.11 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining variables operationally) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้ โดยใช้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลองและบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

8.2.12 การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลอง มี 3 ชั้น คือ

การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจริง

การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริงและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

8.2.13 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and making conclusion) การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ ด้วย และการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการลงข้อสรุป คือ การบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้

8.3 การประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

หน่วยทดสอบและประเมินผลสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เสนอแนะแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ (ภพ เลหาไพบูลย์. 2537: 14-29) ดังนี้

8.3.1 กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะต้องแจกแจงให้ชัดเจน โดยครูต้องศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วมาแจกแจงให้เป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีทั้งภาคสถานการณ์ ภาคพฤติกรรมที่คาดหวัง และเกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ

8.3.2 การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นที่ขาดเสียมิได้ในบทหนึ่ง ๆ ควรจะกำหนดว่าทักษะใด เนื้อหาใดเป็นสิ่งที่ขาดมิได้ ทักษะและเนื้อหานั้นก็ควรจะปรากฏในข้อสอบ

8.3.3 การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมทักษะ ซึ่งมีความมุ่งหมายอยู่ที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าไร อย่างละกี่ข้อ จะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังจะต้องทราบต่อไปอีกว่า ข้อสอบวัดพฤติกรรมทักษะใดมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด

8.3.4 การเลือกแนวทางการออกข้อสอบควรจะถือหลักว่าจะใช้การสอนแบบใดจึงจะวัดพฤติกรรมนั้นได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมที่สุด ตลอดทั้งเหมาะสมกับวัยของเด็ก ประหยัดเวลา และง่ายต่อการปฏิบัติด้วย

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมหรือชั้นสูง หรือชั้นบูรณาการ อันประกอบไปด้วย ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ซึ่งสามารถดำเนินการวัดได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการนั่นเอง

9. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์

9.1 ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

เชดส์กัตต์ โฆวาสิษฐ์ (2520: 38) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์เป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมหรือแนวโน้มที่จะตอบสนองสิ่งเร้านั้น ๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

ประภาเพ็ญ สุวรรณ (2526: 3) กล่าวว่า เจตคติเป็นความคิดเห็น ซึ่งมีอารมณ์เป็นส่วนประกอบที่พร้อมจะมีปฏิกิริยาเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งต่อสถานการณ์ภายนอก

บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ (2530: 10) กล่าวว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกและความเชื่อมั่นของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ทั้งด้านดีและด้านไม่ดีเกี่ยวกับคุณประโยชน์ ความสำคัญ เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิทยาศาสตร์ โดยอาจจะแบ่งออกเป็นทั้งในด้านดี หรือด้านลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับความรู้สึกส่วนบุคคล

9.2 การวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

สำหรับแนวทางในการวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542: 118-127) มีดังนี้

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับอารมณ์ ความรู้สึกที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งการวัดผลเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริง (Typical performance) มิใช่เป็นการวัดความสามารถสูงสุดที่มีอยู่ (Maximum performance) อันเป็นจุดเน้นตามปกติของการวัดความรู้ความสามารถทั้งหลาย ลักษณะคำตอบของการวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะเป็นแบบแผนของพฤติกรรมซึ่งบ่งชี้ว่าบุคคลมีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไร (คือ สนับสนุน วางเฉย) หรือแสดงออกในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย ฯลฯ) ลักษณะโดยภาพรวมของเครื่องมือประเภทนี้ จึงอยู่ในรูปของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales)

ในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องกำหนดขอบเขตของส่วนที่เป็น “เป้าหมาย” ของ “เจตคติต่อ...” นั้นเสียก่อน ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้สร้างเครื่องมือที่จะได้กำหนดนอกจากการกำหนด “เป้าหมาย” ให้ชัดเจนแล้ว ผู้สร้างเครื่องมือควรต้องกำหนดโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติอีกด้วย ซึ่งในส่วนของโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคตินี้กล่าวได้ว่ามีรายละเอียดแตกต่างกันไป แล้วแต่จะใช้กรอบความคิดใดเป็นแหล่งอ้างอิง ในที่นี้จะนำกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเสนอไว้เป็นตัวอย่าง ดังนี้

1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
5. ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
6. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
7. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากกรอบความคิดดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเป็นการจัดเรียงพฤติกรรมด้านจิตพิสัยไว้ 2 ลักษณะ คือ

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิดซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมข้อ 1-4
2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออกซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยอีก 2 ระดับ คือ
 - 2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนประกอบด้วย พฤติกรรมข้อ 5-7

2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ ได้แก่ พฤติกรรมข้อ 8 และ ข้อ 9 ผู้สร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ สามารถนำกรอบความคิดข้างต้นไปเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือตามรูปแบบต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม โดยปรับประเด็น “ต่อวิทยาศาสตร์” ให้เข้ากับความจำเพาะเจาะจงของสาระทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเป้าหมายของการวัดผลในแต่ละกรณี สำหรับเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบฉบับทั่วไปเป็นเครื่องมือตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า เครื่องมือแบบนี้ที่นิยมใช้กันอยู่ โดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือ 1) วิธีของเทอร์สโตน (Thurstone) 2) วิธีของลิเคิร์ต (Likert) และ 3) วิธีของออสกูต (Osgood)

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาและประเมินความคิดเห็นที่ผู้เรียนมีต่อสื่อการเรียนการสอนที่ได้จัดทำขึ้น ซึ่งในการวัดเจตคติครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนเสมือนจริงในวงการศึกษาไทย พบว่า ในประเทศไทยมีสื่อการสอนในรูปแบบของห้องเรียนเสมือนจริงน้อยมาก ทั้งที่การศึกษาไทยรู้จักและทราบถึงประโยชน์ของสื่อการสอนชนิดนี้มานาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นควรว่า การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อเป็นการจำลองสถานการณ์การเรียนการสอนของห้องเรียนรูปแบบปกติให้มาอยู่ในรูปของสื่อห้องเรียนเสมือนสำหรับการฝึกปฏิบัติ เพื่อก่อให้เกิดการเรียนรู้และเสริมสร้างความชำนาญ ลดข้อผิดพลาดให้แก่ผู้เรียนก่อนการลงมือปฏิบัติจริง อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการช่วยลดอุปสรรคในการเรียนไม่ว่าจะเป็นในด้านของการขาดแคลนทางด้านอุปกรณ์ บุคลากรผู้ชำนาญการ รวมถึงยังเป็นการช่วยประหยัดเวลา ทรัพยากร และยังเป็นทางเลือกเลี้ยงสถานการณ์เสี่ยงภัยที่อาจเกิดจากการลงมือปฏิบัติจริงได้อีกด้วย ซึ่งตัวอย่างผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนเสมือนจริงทั้งในประเทศและต่างประเทศ มีดังต่อไปนี้

งานวิจัยในประเทศ

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับห้องเรียนเสมือนจริงในการศึกษาไทยนั้นพบได้น้อยมาก ผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาทั้งในรูปแบบของมหาวิทยาลัยเสมือนและห้องเรียนเสมือน อันได้แก่

วิริยะ วงศ์เลาหกุล (2543: บทคัดย่อ) มหาวิทยาลัยเสมือนจริงเป็นมหาวิทยาลัยที่ตั้งอยู่บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งทุกคนสามารถเรียนจากที่ไหน เวลาใดก็ได้ ขณะนี้กำลังเป็นที่นิยมจัดตั้งในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกประเทศไทยในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของสังคมโลกมีความจำเป็นที่จะต้องจัดตั้งมหาวิทยาลัยเสมือนจริงเช่นเดียวกันเพื่อเตรียมคนเข้าสู่สังคมสารสนเทศให้ก้าวทันสังคมโลก และเพื่อตอบสนองนโยบายการศึกษาตลอดชีวิต การศึกษาสำหรับทุกคน และการศึกษาที่ทันเวลาการใช้งาน การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองระบบมหาวิทยาลัย

เสมือนจริงรูปแบบหนึ่งที่สุดคล้องกับการศึกษาระดับอุดมศึกษาของไทย โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและวิเคราะห์ระบบของมหาวิทยาลัยปกติและมหาวิทยาลัยเปิดในประเทศไทย กับมหาวิทยาลัยเสมือนจริงในต่างประเทศ แล้วนำผลการวิเคราะห์มาสังเคราะห์เป็นระบบของมหาวิทยาลัยเสมือนจริง ซึ่งประกอบด้วยบริบท 6 ประการ ปัจจัยนำเข้า 7 ปัจจัย กระบวนการดำเนินงาน 6 ระบบย่อย ผลผลิต 3 ประเภท และข้อมูลย้อนกลับ 1 ระบบย่อย โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิด้านบริหารการศึกษาในระดับอุดมศึกษา ด้านคอมพิวเตอร์และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และด้านเทคโนโลยีการศึกษาและการศึกษาทางไกล จำนวน 19 ท่าน ประเมินแบบจำลองระบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริง โดยใช้แบบสอบถามซึ่งเป็นคำถามแบบประเมินค่า 5 ระดับ ผลการประเมินพบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้ทรงคุณวุฒิเห็นว่า แบบจำลองระบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริงนี้มีองค์ประกอบที่ครอบคลุมเพียงพอ ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบมีความเหมาะสมและสอดคล้องกันทั้งระบบใหญ่และระบบย่อย และเห็นว่าแบบจำลองระบบนี้มีความเหมาะสมกับสังคมสารสนเทศ อันสอดคล้องกันสภาวะสังคมไทย และมีความเป็นไปได้ในการนำไปดำเนินการจริง

กฤษณพล จันทร์พรหม (2548: บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษารูปแบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริงที่เหมาะสมสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย การวิจัยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสารตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์/สังเคราะห์ องค์ประกอบและโครงสร้างของมหาวิทยาลัยเสมือนจริง ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 19 คน เกี่ยวกับรูปแบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริง โดยใช้เทคนิคการวิจัยแบบเดลฟาย จำนวน 3 รอบ ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริงในการนำไปปฏิบัติในสถาบันอุดมศึกษาโดยสอบถามความคิดเห็นของผู้บริหารของสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย จำนวน 43 คน การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติการวิจัยใช้โปรแกรม SPSS 9.0 (Statistical package for social science version 9.0) ผลการวิจัยทำให้ได้รูปแบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริงที่เหมาะสมสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย และสามารถนำไปปฏิบัติได้ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 7 ด้าน ดังนี้

1. รูปแบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริงควรเป็นการจัดการศึกษาเพื่อปวงชน ตอบสนองการศึกษาตลอดชีวิต ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ ใช้สื่อและเทคโนโลยีทุกรูปแบบอย่างเหมาะสมกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2. การจัดตั้งมหาวิทยาลัยเสมือนจริง ควรดำเนินการได้โดย

1) จัดตั้งในรูปแบบการให้บริการและใช้ทรัพยากรการศึกษาร่วมกัน (Collaboration) และสถาบันการศึกษาต่าง ๆ บริหารกันเองแบบเอกเทศ (Clearing house)

2) จัดตั้งเพิ่มในมหาวิทยาลัยปกติ

3. การบริหารวิชาการควรจัดให้มีการพัฒนาฐานข้อมูลเนื้อหา (Content database Development) การนำเสนอเนื้อหา (Content delivery) การเรียนการสอนใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบไม่สัมพันธ์เวลา (Asynchronous learning) แบบสัมพันธ์เวลา (Synchronous learning) และแบบร่วมมือ (Collaborative learning) ตอบสนองการศึกษาทั้งแบบในระบบ นอกกระบบและตามอัธยาศัย

4. การบริหารทั่วไปควรใช้ระบบการให้บริการแบบเบ็ดเสร็จ (One stop service) และระบบการเข้าถึงแบบเบ็ดเสร็จ (One stop access) ใช้ระบบการจัดการการเรียนรู้ (Learning management systems) ระบบสนับสนุนผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (Stakeholder support) และระบบประกันคุณภาพ (Quality assurance)

5. การบริหารงบประมาณควรให้อิสระในการบริหารงบประมาณสำหรับหน่วยงานด้านบริหารและด้านวิชาการ งบประมาณที่ใช้เป็นงบลงทุนและงบดำเนินการ โดยเฉพาะในการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและเครือข่ายการลงทุนร่วมกันระหว่างสถาบัน

6. การบริหารบุคลากรควรประกอบด้วยคณะผู้บริหาร ผู้เชี่ยวชาญ คณาจารย์ ผู้เอื้ออำนวย ความสะดวก ที่งานสนับสนุนที่มีทักษะทางภาษาต่างประเทศและทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

7. การจัดแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ควรประกอบด้วยศูนย์หนังสือออนไลน์ (Online bookstore) ห้องสมุดเสมือนจริง (Virtual library) เว็บลิงค์เอกสารอ้างอิง (Document URL web link) และการประยุกต์ใช้เว็บเทคโนโลยี (Web technology application)

สรุปผลการวิจัยได้ว่า การวิจัยนี้ทำให้ได้รูปแบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริงที่เหมาะสมสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย

สรุปศักดิ์ มณีขำ (2551: บทคัดย่อ) การวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน สาระที่ 4: ประวัติศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนจากการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนจากการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือนกับนักเรียนที่เรียนจากการสอนปกติ 4) ศึกษาเจตคติในการเรียนของนักเรียนที่มีต่อการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 110 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสอบถามวัดเจตคติที่มีต่อการเรียนทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน แบบประเมินคุณภาพทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน แผนการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ t – test

ผลการวิจัยพบว่า

1. ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือนที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมากด้านเทคโนโลยีการศึกษาอยู่ในระดับดี และมีประสิทธิภาพ 91.40/91.83 เป็นไปตามเกณฑ์ 90/90 ที่กำหนดไว้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนกับทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนกับทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือนสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน

สุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร (2548: บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหา รูปแบบที่เหมาะสมของห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ เพื่อพัฒนา และหาประสิทธิภาพรูปแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ เรื่อง การผลิตรายการโทรทัศน์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในรูปแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติกับการเรียนแบบบรรยายประกอบการสาธิตร่วมกับการฝึกปฏิบัติ โดยการทดลองแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ตอนที่ 1 การค้นหารูปแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ เรื่อง การผลิตรายการโทรทัศน์ ใช้แบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 22 คน ตอนที่ 2 การทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ 90/90 กระทำกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตรายการโทรทัศน์ ภาคการศึกษา 2/2546 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายจำนวน 29 คน ตอนที่ 3 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้จากการเรียนชุดบทเรียนห้องเรียนเสมือนจริงที่สร้างขึ้น การวัดเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดบทเรียนรูปแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการผลิตรายการโทรทัศน์ ภาคการศึกษาที่ 1/2547 ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายจำนวน 44 คน ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ t - test

ผลการวิจัยพบว่า

1) รูปแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ วิชา การผลิตรายการโทรทัศน์ ประกอบด้วยบริบท 6 ประการ ปัจจัยนำเข้า 5 ปัจจัย กระบวนการดำเนินงาน 6 ระบบย่อย ผลผลิต 1 ประเภท และข้อมูลย้อนกลับ 1 ระบบย่อย

2) ชุดบทเรียนรูปแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ เรื่อง การผลิตรายการโทรทัศน์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 92.18/91.38

3) ชุดบทเรียนที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ร่วมกับการฝึกปฏิบัติกับการเรียนแบบบรรยายประกอบการสาธิตร่วมกับการฝึกปฏิบัติพบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

4) นักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อการเรียนด้วยชุดบทเรียนที่สร้างขึ้น

งานวิจัยต่างประเทศ

ฮาดดัดต์ และคนอื่น ๆ (Haddad; et al. 2004: 1293-1298) ได้ทดลองใช้ซอฟต์แวร์ที่มีการจำลองพฤติกรรมการยืดเหนียวและการเพิ่มประสิทธิภาพของสภาวะการแยกสารด้วยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยในการทดลองนี้ได้้นำโปรแกรมที่เป็นฟรีแวร์มาใช้ประกอบการสอนในห้องปฏิบัติการ ซึ่งโปรแกรมที่ใช้จะจำลองกระบวนการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี โดยจำลองคอลัมน์ที่ใช้แยกสารออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งทั้ง 2 คอลัมน์นี้จะมีพฤติกรรมในการยืดเหนียวสารและมีประสิทธิภาพในการแยกที่แตกต่างกัน ทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาพฤติกรรมการแยกสารที่แตกต่างกันได้ ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งจะใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนสามารถศึกษาพฤติกรรมการยืดเหนียวของสารภายในคอลัมน์และวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของสภาวะในการแยกได้อย่างหลากหลาย โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลา อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำนายพฤติกรรมการยืดเหนียวของสารภายในคอลัมน์เชื่อมโยงกับทฤษฎีได้ ดังนั้น โปรแกรมดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอน

โคลแมน และเฟดอสกี (Coleman; & Fedosky. 2006: 1567-1568) ได้ทดลองนำหลักการของเทคนิค gel permeation chromatography (GPC) ในรายวิชาเคมีพื้นฐานและชีวเคมีสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ผ่านทางโปรแกรม Macromedia Flash โดยในขั้นตอนการวิจัยจะแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2-3 คนต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง พร้อมคู่มือการใช้ โดยในการเรียนแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้แต่ละกลุ่มศึกษาหลักการของเทคนิค gel permeation chromatography ผ่านทางโปรแกรม Macromedia Flash ซึ่งจะแบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ส่วน คือ บทนำ การทดลองจริง การทดลองเสมือน และแบบจำลองไมโครสโคป ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนสามารถใช้โปรแกรมดังกล่าวเรียนรู้กระบวนการแยกสารตัวอย่างด้วยเทคนิค GPC ได้ด้วยตนเองหรือเป็นกลุ่มเล็ก ๆ อีกทั้งยังสามารถเห็นภาพการแยกสารในลักษณะที่เป็นนามธรรม ส่งผลให้การทดลองมีประสิทธิภาพ

เตทลี และอาร์ยาส (Tatli; & Ayas. 2010: 938-942) ได้ศึกษาการนำห้องปฏิบัติการเสมือนมาใช้ในการเรียนวิชาเคมี โดยโปรแกรมห้องปฏิบัติการเสมือนนี้ได้สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับฝึกหัดนักเรียนตามรูปแบบของทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม ผลการวิจัย พบว่า ในระบบการศึกษาแบบปัจจุบันนั้นยังไม่สามารถนำวิธีการสอนด้วยห้องปฏิบัติการเสมือนมารวมเข้าในบทเรียนได้ ดังนั้นห้องปฏิบัติการเสมือนจึงเป็นเพียงทางเลือกสำหรับการเรียนการสอนแบบประยุกต์เท่านั้น

อัสเซอร์ และแบเรตต์ (Usher; & Barrette-Ng. 2012: 555-556) ได้ทดลองใช้ Applet web-based เพื่อจำลองเครื่องมือสำหรับเรียนรู้กระบวนการแยกโปรตีนบริสุทธิ์แบบ Overexpress จากเซลล์ *Escherichia coli* lysate ด้วยเทคนิคไอออนเอ็กซ์เชนจ์โครมาโทกราฟี โดยนำโปรแกรม Applet java web ที่มีการจำลองกระบวนการทางชีวเคมีที่มีความแรงของไอออนิกและค่าพีเอชที่แตกต่างกันว่ามีผลกระทบต่อกระบวนการแยกโปรตีนด้วยเทคนิคไอออนเอ็กซ์เชนจ์โครมาโทกราฟีอย่างไร

ซึ่งโปรแกรมนี้จะแสดงกระบวนการแยกตัวของโปรตีนในคอลัมน์ กราฟแสดงการแยกของโปรตีน (จุดกลืนแสงที่ 280 นาโนเมตร) และค่าพีเอชที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ โดยในกระบวนการวิจัยผู้เรียนสามารถเลือกรูปแบบการแยกแบบเบื้องต้น หรือสามารถเลือกปรับเปลี่ยนระดับได้ตามปริมาณของเกลือ พีเอช หรือการแลกเปลี่ยนแอนไอออนและแคทไอออน สภาวะที่แตกต่างกันนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสังเกตเห็นกระบวนการแยกในรูปแบบต่าง ๆ กันผ่านการแสดงผลทางคอลัมน์และแถบแสดงผลของการแยกโปรตีน ซึ่งคอลัมน์เปลี่ยนสีเพื่อบ่งชี้ความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้น หลังจากกระบวนการแยกเกิดขึ้นผู้เรียนสามารถเลือกตรงบริเวณยอดพีค แล้วสั่ง "Run SDS-PAGE" เพื่อดูว่าโปรตีนที่ได้จากการแยกเป็นโปรตีนบริสุทธิ์หรือมีส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วยหรือไม่ ซึ่งในการใช้โปรแกรมนี้ผู้เรียนสามารถตั้งค่าการจำลองพารามิเตอร์ได้ตามความต้องการ

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนสามารถใช้โปรแกรมเพื่อจำลองการแยกส่วนผสมของโปรตีนโดยใช้ค่าเริ่มต้นหรือเลือกปรับเปลี่ยนระดับได้ตามปริมาณของเกลือ พีเอชและการแลกเปลี่ยนแอนไอออนและแคทไอออน ซึ่งในการเปลี่ยนพารามิเตอร์จะมีผลต่อวิธีการแยกโปรตีน เป้าหมายกับประสิทธิภาพของคอลัมน์ผ่านการจำลองสถานการณ์เสมือนแสดงให้เห็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายในที่มักจะมองไม่เห็นในการทดสอบจริง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร คือ นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ที่สุ่มจากประชากรโดยมีกลุ่มเป็นหน่วยการสุ่มอย่างง่ายได้ 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารระดับปริญญาตรี โดยประกอบไปด้วย 3 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ

การทดลองที่ 2 การแยกควัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ

การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กลำดับสำหรับแยกสารผสม

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้การวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด 13 ชั่วโมง ดังนี้ การทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมง การจัดการเรียนรู้ 3 การทดลอง ๆ ละ 3 ชั่วโมง และการทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ระดับปริญญาตรี

ครั้งที่	การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
1	การทดสอบก่อนเรียน - ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	1 1
2	การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ	3
3	การทดลองที่ 2 การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ	3
4	การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับแยกสารผสม	3
5	การทดสอบหลังเรียน - ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	1 1
	รวม	13

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
2. แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
5. แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ขั้นตอนในการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

1.1 ศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ซึ่งมีคำอธิบายรายวิชา ดังนี้ การทดลองที่สอดคล้องกับรายวิชา คม 351

เคมีวิเคราะห์ 2 (CH 351; Analytical chemistry II) ได้แก่ การแยกสารโดยวิธีการสกัด การวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ และแบบเยื่อบาง การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนไอออน แก๊ส และของเหลวสมรรถนะสูง จากคำอธิบายดังกล่าวได้กำหนดให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่อง เทคนิคการแยกสารตลอดจนการแยกสาร

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง เทคนิคการแยกสาร จากหนังสือเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อกำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่จะใช้ประกอบการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เทคนิคการแยกสาร หมายถึง กระบวนการแยกสารผสมให้กลายเป็นสารบริสุทธิ์ โดยอาศัยคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด ซึ่งในการทดลองเสมือนเรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้กำหนดหน่วยการเรียนรู้ไว้ 3 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ

การทดลองที่ 2 การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ

การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับแยกสารผสม

1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดเตรียมปัจจัยต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการเรียน การสอนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งจากข้อมูลผู้วิจัย พบว่า ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนจริง ได้แก่ ขนาดของห้องเรียน เทคโนโลยี การจัดลำดับและความยาวของบทเรียน การออกแบบวัตถุประสงค์รายวิชา การกำหนดความยืดหยุ่นในรายวิชา และการกำหนดน้ำหนักเนื้อหารายวิชา

1.4 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับค่านิยมทางพฤติกรรมของเจเนอเรชันวาย (Generation Y) เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบรูปลักษณะของโปรแกรม ซึ่งจากข้อมูลผู้วิจัยพบว่า นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 จัดอยู่ในกลุ่มเจเนอเรชันวายที่เกิดและเติบโตมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต ผูกพันกับการ์ตูนและวิดีโอเกม ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมให้มีรูปลักษณะเป็นการ์ตูนแอนิเมชัน

2. ขั้พัฒนาบทเรียน

กำหนดรูปแบบการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ตามขั้นตอนดังนี้

2.1 กำหนดกรอบของเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับการแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ และการสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับแยกสารผสม

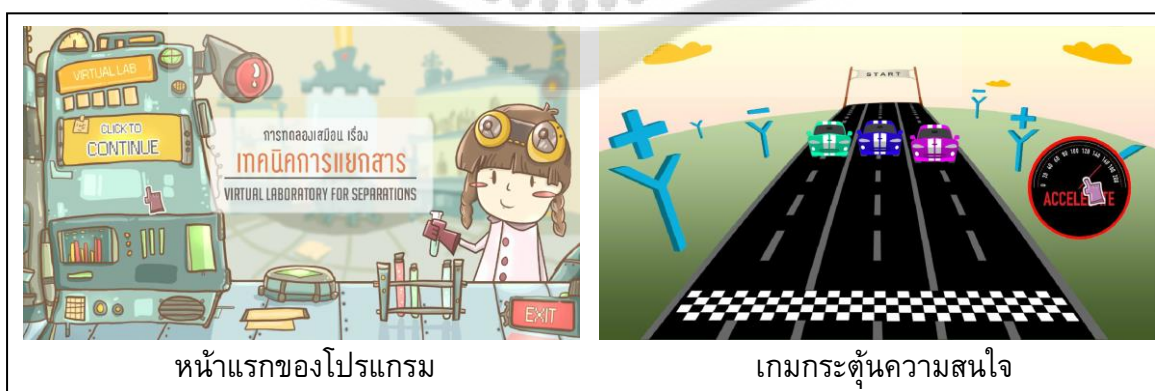
2.2 นำรายละเอียดของเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ตามคำอธิบายรายวิชา คม 390 มาดำเนินการสร้างเป็นกรอบแสดงเรื่องราว (Storyboard) เพื่อจำลองสิ่งที่จะปรากฏบนหน้า จอคอมพิวเตอร์มาไว้ในกรอบแสดงเรื่องราว โดยรูปแบบของโปรแกรมนั้นได้ออกแบบตามคำนิยม ทางพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ผู้วิจัยได้ ดำเนินการออกแบบ ประกอบด้วย เกม หลักการ/ทฤษฎีของเทคนิคการแยกสาร ภาพเคลื่อนไหว แสดงการทดลองเสมือน วิดีทัศน์แสดงการทดลองจริง และแบบฝึกหัดหลังการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

2.3 นำเสนอรอบแสดงเรื่องราวที่ได้เรียบเรียงเนื้อหาและองค์ประกอบต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อดำเนินการตรวจสอบ พิจารณา ความถูกต้องและความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ

2.4 นำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุง แก้ไขจุดบกพร่อง

2.5 นำกรอบแสดงเรื่องราวที่ผ่านการปรับปรุง แก้ไขเรียบร้อยแล้วมาสร้างเป็นการ ทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ระดับปริญญาตรี โดยใช้โปรแกรม Adobe flash professional CS6 และวีดิทัศน์แสดงการทดลองจริง เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ให้สอดคล้องกับคำ อธิบายรายวิชา

โดยรูปแบบของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้จะมี รูปแบบเป็นมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ ดังภาพประกอบ 9 ซึ่งมีรูปแบบการนำเสนอเป็นแบบอิสระ (Freeform or hyper jumping) คือ ผู้เรียนจะมีอิสระในการใช้งาน เพราะระบบโครงสร้างภายใน สามารถเชื่อมโยงจากเรื่องหนึ่งไปยังอีกเรื่องหนึ่งได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งการ ทดลองเสมือนที่สร้างขึ้นนี้จะบันทึกลงบนแผ่นซีดีรอม (CD-ROM) เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวก ให้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่ที่มีคอมพิวเตอร์



หน้าแรกของโปรแกรม

เกมกระตุ้นความสนใจ

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร



ภาพประกอบ 9 (ต่อ)

วิธีการหาคุณภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การประเมินคุณภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยผู้เชี่ยวชาญ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 การประเมินความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาในรายวิชาเคมีวิเคราะห์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 1 ท่าน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีมาตรฐานค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง กำหนดหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

น้ำหนักคะแนนเป็น	+1	เมื่อมีความเห็นว่า	สอดคล้อง
น้ำหนักคะแนนเป็น	0	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ
น้ำหนักคะแนนเป็น	-1	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง

การประเมินในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-objective congruence : IOC)

ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของบททดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 - 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.2 การประเมินด้านความเหมาะสมของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีวิเคราะห์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 1 ท่าน เพื่อดำเนินการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยพิจารณาจากองค์ประกอบของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่

- หลักการและทฤษฎี
- รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือน
- วัตถุประสงค์แสดงกระบวนการทดลอง
- การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทดลองเสมือนกับผู้เรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินคุณภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนได้มีการกำหนดความหมาย ดังนี้

ระดับ	5	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
ระดับ	4	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
ระดับ	3	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับ	2	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้
ระดับ	1	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับปรับปรุง

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ของผู้เชี่ยวชาญตามช่วงคะแนนดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.21 - 5.00	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.41 - 4.20	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี
คะแนนเฉลี่ย	2.61 - 3.40	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.81 - 2.60	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 - 1.80	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับปรับปรุง

จากการนำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ พบว่า ผลการประเมินด้านความเหมาะสมของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.00 - 5.00 แสดงว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี - ดีมาก (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.3 ซึ่งจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า การทดสอบเสมือนมีข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขข้อบกพร่อง
<p>ด้านเทคโนโลยีการศึกษา</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสาธิตวิธีการใช้งานควรออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่าสนใจจะศึกษาหรือไม่ 2. เมนูภาษาอังกฤษถือเป็นข้อดีของการสร้างบทเรียน แต่อาจทำให้ผู้ใช้รู้สึกไม่คุ้นเคย 3. กราฟิกของวีดิทัศน์ไม่สอดคล้องกับบทเรียน 4. วีดิทัศน์ควรมีข้อความบอกขั้นตอนการทดลองเป็นระยะ เพื่อป้องกันความสับสนเมื่อทำการสอนเป็นเวลานาน 5. การบรรจุไฟล์ลงแผ่นซีดีรอมควรจัดให้เป็นระเบียบ และตั้งชื่อให้สื่อถึงการใช้งาน เช่น AutoPlay Play เป็นต้น 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ดำเนินการสร้างปุ่ม Skip เพิ่มขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้งานกดข้ามเนื้อหาตรงส่วนนี้ได้ 2. นำคำศัพท์ทั่วไปซึ่งคุ้นเคยกันดีมาใช้ในการสร้างเมนู เช่น Principle/Theory เป็นต้น 3. ปรับกราฟิกของวีดิทัศน์ให้สอดคล้องกับกราฟิกของบทเรียน 4. เพิ่มข้อความในวีดิทัศน์ เพื่อบอกขั้นตอนการทดลองเป็นระยะ ๆ 5. สร้างโฟลเดอร์แนะนำวิธีการใช้งานโปรแกรมเพิ่มขึ้น และตั้งชื่อไฟล์สำหรับเปิดใช้งานว่า Play for window และ Play for MacOS
<p>ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การทดลองที่ 1 ควรมีการระบุขนาดของการจุด (Spot) สารตัวอย่าง เช่น กว้างไม่เกิน 1 เซนติเมตร เป็นต้น 2. การทดลองที่ 2 ควรมีการบอกให้นิสิตทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งที่ภูมิภาคเคลื่อนที่หยุดการเคลื่อนที่ตามแนวการเคลื่อนที่จริง แทนการกำหนดระยะทางการเคลื่อนที่ตั้งแต่ต้น 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ดำเนินการเพิ่มข้อความระบุขนาดของการจุดสารตัวอย่าง 2. ดำเนินการบอกให้นิสิตระบุตำแหน่งการเคลื่อนที่จริง
<ol style="list-style-type: none"> 3. การทดลองที่ 3 ควรจะทำแอนิเมชันแสดงแถบการแยกที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ให้นิสิตดูเสริม พร้อมทั้งมีคำอธิบายเพิ่มเติม 	<ol style="list-style-type: none"> 3. เพิ่มแอนิเมชันแสดงแถบการแยกที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และมีคำอธิบายเพิ่มเติม

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขข้อบกพร่อง
<p>ด้านเคมีวิเคราะห์</p> <p>1. การทดลองที่ 2 ใน ส่วน ของ การทดลอง เสมือนให้ระวางระดับของภูมิภาคเคลื่อนที่ อย่าให้ท่วมตำแหน่งที่ทำการจุด (Spot) สารลงไป และควรระบุจุดหรือตำแหน่งต่าง ๆ ที่แยกได้เป็นสารชนิดใด</p> <p>2. การทดลองที่ 3 ควรใช้คำว่า “อิเล็กโทรโฟรีซิส แทนคำว่า “แคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส” เพราะท่อที่ใช้มีขนาดใหญ่ ไม่ใช่ท่อขนาดเล็ก หลักการที่ใช้จึงแตกต่างกัน</p>	<p>1. ดำเนินการแก้ไขให้ระดับของภูมิภาคเคลื่อนที่ต่ำกว่าตำแหน่งที่ทำการจุดสารลงไป แต่ไม่ได้ทำการระบุจุดหรือตำแหน่งต่าง ๆ ที่แยกได้เป็นสารชนิดใด เพราะการทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นมีจุดประสงค์เพื่อให้นิสิตได้ศึกษาก่อนลงมือทำการทดลองจริง จึงไม่สามารถระบุผลการทดลองลงไปได้</p> <p>2. ไม่ได้ดำเนินการแก้ไข เพราะการทดลองที่พัฒนาขึ้นนั้นเกิดขึ้นในท่อขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลางระดับมิลลิเมตร)</p>

เมื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงนำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง ก่อนนำไปหาประสิทธิภาพ

2. การหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

โดยนำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ได้ไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและไม่เคยเรียนเรื่องดังกล่าวมาก่อน ตามแนวคิดของเมเยอร์ (เชษฐพงศ์ คลองโปร่ง, 2544: 30-31; อ้างอิงจาก Mayer, 1984: 305-344) ดังนี้

2.1 ทดลองรายบุคคลกับนิสิต จำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความรู้ความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องในด้านของการใช้ภาษา การสะกดคำ ขนาด สี ตัวอักษร การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน และการควบคุมบทเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนิสิตระหว่างเรียน พบว่า ลำดับหัวข้อที่ผู้เรียนแต่ละคนเลือกศึกษานั้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความรู้เดิม และความสนใจ นอกจากนี้ผู้เรียนยังใช้เวลาในการศึกษาค่อนข้างนาน ทำให้ไม่สามารถเรียนรู้ได้ทันตามเวลาที่กำหนด การทำงานของโปรแกรมบางส่วนมีข้อบกพร่อง เช่นปุ่ม Play และ Back บางส่วนใช้การไม่ได้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุง แก้ไข ครั้งที่ 1 จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้ต่อไป

2.2 ทดลองกลุ่มเล็กกับนิสิต จำนวน 10 คน โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น เพื่อหาแนวโน้มประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้คะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และแบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เป็นเครื่องมือวัด ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีแนวโน้มประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 82.89/79.33 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับปรุง แก้ไข ครั้งที่ 2 จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้ต่อไป

กำหนดให้

E_1 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

E_2 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3 ทดลองภาคสนามกับนิสิต จำนวน 30 คน โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือให้เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 โดยถ้าเป็นไปตามเกณฑ์ให้ถือว่าเป็นการทดลองเสมือนที่สมบูรณ์ แต่ถ้าค่า E_1/E_2 น้อยกว่า 80/80 ให้ถือว่าเป็นการทดลองเสมือนที่ไม่สมบูรณ์ ต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

จากการนำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ไปทดลองภาคสนามกับนิสิต จำนวน 30 คน พบว่า นิสิตมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.26 จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน และมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.44 จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน จึงสามารถสรุปได้ว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ที่กำหนดไว้ แสดงว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ที่ต้องการวัดด้วยแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 25 ข้อ ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของผู้เรียนทางด้านพุทธิพิสัย ตามแนวคิดของบลูม (bloom's taxonomy) ทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ และด้านการวิเคราะห์

2. นำเสนอแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

3. นำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การประเมินความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีวิเคราะห์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 1 ท่าน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีมาตรฐานค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง ซึ่งการประเมินในครั้งนี้ จุดประสงค์เพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับความสอดคล้องของข้อคำถาม กำหนดหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้นำหนักคะแนนเป็น	+1	เมื่อมีความเห็นว่า	สอดคล้อง
ให้นำหนักคะแนนเป็น	0	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ
ให้นำหนักคะแนนเป็น	-1	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง

โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถามของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ให้มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 – 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้มีข้อเสนอแนะ ดังนี้ คำถามบางข้อมีความกำกวม ไม่ชัดเจน และเกณฑ์การให้คะแนนบางข้อไม่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุง แก้ไขภาษาที่ใช้ตั้งคำถาม และเกณฑ์การให้คะแนนใหม่

2. นำแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นนิสิตที่ผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาแล้ว จำนวน 30 คน แล้วนำผลการทดสอบที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดเป็นรายชื่อ

3. ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ระหว่าง 0.63 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) ประกอบด้วย การทดลองที่ 1 จำนวน 5 ข้อ การทดลองที่ 2 จำนวน 5 ข้อ และการทดลองที่ 3 จำนวน 5 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 15 ข้อ

4. นำแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ผ่านการคัดเลือกมาดำเนินการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่า แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.80 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่า แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป (ดูตัวอย่างแบบทดสอบ ในภาคผนวก ง)

ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผล รายวิชาวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมี วิเคราะห์ 2 เพื่อดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ครอบคลุมและตรงตาม จุดประสงค์การเรียนรู้ โดยนำวิธีการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Table of specification) มาสร้าง แบบวัดผลการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 4 ด้าน คือ

- 1.) ด้านความรู้
- 2.) ด้านความเข้าใจ
- 3.) ด้านการนำไปใช้
- 4.) ด้านการวิเคราะห์

3. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้แบบทดสอบชนิดแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อจะมี ตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ ดังนี้ ข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด ตอบมากกว่า 1 ข้อ หรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน

4. นำเสนอแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิค การแยกสาร ที่ดำเนินการสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

5. นำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การประเมินความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีวิเคราะห์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้าน วิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 1 ท่าน โดย เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการ ทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีมาตรฐานประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่

สอดคล้อง ซึ่งการประเมินในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ กำหนดหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้น้ำหนักคะแนนเป็น	+1	เมื่อมีความเห็นว่า	สอดคล้อง
ให้น้ำหนักคะแนนเป็น	0	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ
ให้น้ำหนักคะแนนเป็น	-1	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง

โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อความตัวเลือก และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ให้มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 – 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้มีข้อเสนอแนะ ดังนี้ คำถามและตัวเลือกบางข้อมีความกำกวม ไม่ชัดเจน และเกณฑ์การให้คะแนนบางข้อไม่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุง แก้ไขภาษาที่ใช้ตั้งคำถาม เปลี่ยนตัวเลือกใหม่ และแก้ไขเกณฑ์การให้คะแนนใหม่

2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นนิสิตที่ผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาแล้ว จำนวน 30 คน เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดเป็นรายข้อ

3. ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.30 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) ประกอบด้วย การทดลองที่ 1 จำนวน 10 ข้อ การทดลองที่ 2 จำนวน 10 ข้อ และการทดลองที่ 3 จำนวน 10 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 30 ข้อ

4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 30 ข้อ มาดำเนินการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.83 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป (ดูตัวอย่างแบบทดสอบในภาคผนวก ง)

ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ และทักษะกระบวนการที่พึงประสงค์ของรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมี

วิเคราะห์ 2 เพื่อดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการให้ครอบคลุมและตรงตามเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่

- 1.) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
- 2.) ทักษะการทดลอง
- 3.) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

จากนั้นจึงดำเนินการออกข้อคำถามให้ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการทั้ง 3 ทักษะ โดยใช้แบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 25 ข้อ

4. นำเสนอแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการที่ดำเนินการสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

5. นำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การประเมินความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีวิเคราะห์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 1 ท่าน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ที่มีมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง ซึ่งการประเมินในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ กำหนดหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้นำหนักคะแนนเป็น	+1	เมื่อมีความเห็นว่า	สอดคล้อง
ให้นำหนักคะแนนเป็น	0	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ
ให้นำหนักคะแนนเป็น	-1	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง

โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับข้อคำถาม และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการ ให้มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 – 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้มีข้อเสนอแนะ ดังนี้ คำถามบางข้อมีความกำกวม ไม่ชัดเจน และ

เกณฑ์การให้คะแนนบางข้อไม่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุง แก้ไขภาษาที่ใช้ตั้งคำถาม และแก้ไขเกณฑ์การให้คะแนนใหม่

2. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นนิสิตที่ผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาแล้วจำนวน 30 คน เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดเป็นรายข้อ

3. ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ระหว่าง 0.48 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) ประกอบด้วย การทดลองที่ 1 จำนวน 5 ข้อ การทดลองที่ 2 จำนวน 6 ข้อ และการทดลองที่ 3 จำนวน 4 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 15 ข้อ

4. นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 15 ข้อ มาดำเนินการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.52 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่า แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป (ดูตัวอย่างแบบทดสอบในภาคผนวก ง)

ขั้นตอนการสร้างแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยวิเคราะห์คุณลักษณะ พฤติกรรมให้ครอบคลุมและตรงตามจุดประสงค์ของหลักสูตร

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

3. ดำเนินการสร้างแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารทั้งหมดจำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ

กำหนดค่าน้ำหนักของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ตามระดับคะแนน ดังนี้

ระดับ	5	คะแนน	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ระดับ	4	คะแนน	หมายถึง	เห็นด้วย
ระดับ	3	คะแนน	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
ระดับ	2	คะแนน	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
ระดับ	1	คะแนน	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งแปลความหมายของค่าเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.21 - 5.00	หมายความว่า	มีเจตคติอยู่ในระดับดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.41 - 4.20	หมายความว่า	มีเจตคติอยู่ในระดับดี
คะแนนเฉลี่ย	2.61 - 3.40	หมายความว่า	มีเจตคติอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.81 - 2.60	หมายความว่า	มีเจตคติอยู่ในระดับพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 - 1.80	หมายความว่า	มีเจตคติอยู่ในระดับปรับปรุง

4. นำเสนอแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน ที่ดำเนินการสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วต่อประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

5. นำข้อเสนอแนะที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

วิธีการหาคุณภาพของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การประเมินคุณภาพแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยผู้เชี่ยวชาญ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 การประเมินความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีวิเคราะห์จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษาจำนวน 1 ท่าน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง ซึ่งการประเมินในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะ พฤติกรรมให้ครอบคลุมและตรงตามจุดประสงค์ของหลักสูตร กำหนดหลักการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ให้น้ำหนักคะแนนเป็น	+1	เมื่อมีความเห็นว่า	สอดคล้อง
ให้น้ำหนักคะแนนเป็น	0	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ
ให้น้ำหนักคะแนนเป็น	-1	เมื่อมีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง

โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องให้มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 – 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.2 การประเมินด้านความเหมาะสมของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีวิเคราะห์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 1 ท่าน เพื่อดำเนินการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินคุณภาพของแบบทดสอบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนได้มีการกำหนดความหมาย ดังนี้

ระดับ 5	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
ระดับ 4	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
ระดับ 3	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับ 2	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้
ระดับ 1	คะแนน	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับปรับปรุง

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินคุณภาพการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ของผู้เชี่ยวชาญตามช่วงคะแนนดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.21 - 5.00	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.41 - 4.20	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี
คะแนนเฉลี่ย	2.61 - 3.40	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.81 - 2.60	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 - 1.80	ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับปรับปรุง

จากการนำแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือนที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ พบว่า ผลการประเมินด้านความเหมาะสมของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.33 - 5.00 แสดงว่า แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

3. นำแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 15 ข้อ ไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน เพื่อนำแบบวัดเจตคติที่ได้ไปหาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.92

จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่า แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป (ดูตัวอย่างแบบทดสอบในภาคผนวก ง)

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80 ซึ่งเป็นการหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน

เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยทำการทดลองกับนิสิตระดับปริญญาตรีภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน โดยใช้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารเป็นเครื่องมือวัด โดยที่

E_1 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

E_2 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

2. การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 3 5 และ 6 มีรูปแบบการวิจัยแบบที่มีกลุ่มควบคุมและมีการทดสอบก่อน-หลัง (Randomized control group pretest-posttest design) ดังตารางที่ 3 ตาราง 3 แสดงการวิจัยแบบ Randomized control group pretest-posttest design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
RE	T_1	X	T_2
RC	T_1	$\sim X$	T_2

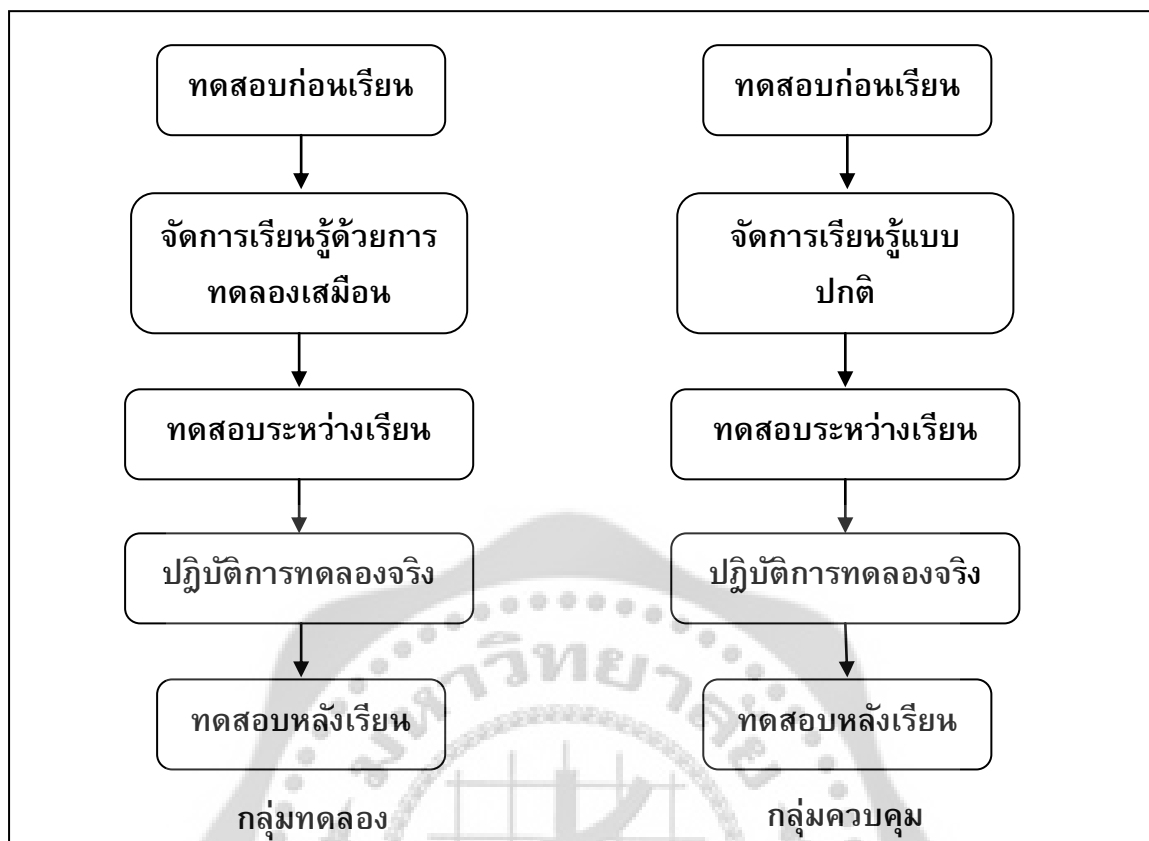
เมื่อ	E แทน	กลุ่มทดลอง (Experiment group)
	C แทน	กลุ่มควบคุม (Control group)
	R แทน	การกำหนดตัวอย่างแบบสุ่ม
	X แทน	การเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
	$\sim X$ แทน	การเรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ
	T_1 แทน	การทดสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
	T_2 แทน	การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3. การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดีมาก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ดำเนินการติดต่อภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัยและการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่าง สำหรับใช้ในการเก็บข้อมูล
2. ดำเนินการสุ่มนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน
3. ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 1 ชั่วโมง และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง
4. ชี้แจงรายละเอียดและดำเนินการสอน โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อันประกอบด้วย การทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง ซึ่งจะใช้เวลาในการสอนทั้งหมดจำนวน 9 ชั่วโมง ชั่วโมงละ 60 นาที ภายใน 3 สัปดาห์ นอกจากนี้หลังเรียนจบจะมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อประเมินความรู้ในแต่ละหน่วยการทดลอง
5. ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากที่ได้ดำเนินการได้เรียนรู้ครบทั้ง 3 หน่วยการทดลอง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน จำนวน 1 ชั่วโมง แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง
6. หลังจากเรียนรู้ครบทั้ง 3 การทดลอง จึงดำเนินการประเมินเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
7. นำคะแนนและข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อน-หลังเรียน จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มาดำเนินการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป



ภาพประกอบ 10 แสดงกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของ การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านความเหมาะสมของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
3. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน
4. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัด

เจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

5. วิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

6. วิเคราะห์คะแนนก่อนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนิสิตทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test for independent samples

7. วิเคราะห์คะแนนก่อนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือนเรื่อง เทคนิคการแยกสาร และคะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนิสิตกลุ่มทดลอง โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test for dependent samples

8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

8.1 สถิติพื้นฐาน

8.1.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนที่ได้จากการทดสอบนิสิตทั้งหมดที่ทำการวิจัยในด้านต่าง ๆ (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2553: 105-106) จากสูตร

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

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

8.1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของคะแนนจากการทดสอบนิสิตทั้งหมดที่ทำกรวิจัย (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2553: 106) จากสูตร

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

เมื่อ	$S.D.$	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	N	แทน	จำนวนนิสิตทั้งหมด

$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

8.2 สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

8.2.1 การวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบระหว่างเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง จากสูตร

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

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของการพิจารณาคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

8.2.2 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Difficulty index; p) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination index; r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item analysis) (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2545: 141) จากสูตร

$$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	P_H	แทน	จำนวนนิสิตที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	P_L	แทน	จำนวนนิสิตที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	n	แทน	จำนวนนิสิตที่ตอบถูกในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

8.2.3 การวิเคราะห์หาดัชนีค่าความยากหรือดัชนีค่าความง่าย (Difficulty index or easiness; P_E) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination index; D) ของแบบทดสอบระหว่างเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item analysis) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 199-201) จากสูตร

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

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

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความยากหรือดัชนีค่าความง่าย
	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{max}	แทน	คะแนนที่นิสิตทำได้สูงสุด
	X_{min}	แทน	คะแนนที่นิสิตทำได้ต่ำสุด

8.2.4 การวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 157) จากสูตร

$$r_{tt} = \left(\frac{K}{K-1} \right) \left(1 - \frac{\sum pq}{S_p^2} \right)$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	K	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	S_p^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ
	p	แทน	สัดส่วนของคนที่ทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนที่ทำผิดในแต่ละข้อ ($q = 1 - p$)

8.2.5 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 76) จากสูตร

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

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
	K	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนรวมทั้งฉบับ

8.3 สถิติที่ใช้ตรวจสอบสมมติฐาน

8.3.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานของข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มเดียวกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยใช้สถิติ t - test for Dependent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 87) คำนวณจากสูตร

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าการแจกแจงที่
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดลองเสมือน
	$(\sum D)^2$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้อย่างการทดลองเสมือนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนคู่ของคะแนนหลังเรียนกับคะแนนก่อนเรียนของนิสิตในกลุ่มตัวอย่าง

8.3.2 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบกลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่ม คือ นิสิตกลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มควบคุม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยใช้สถิติ t - test for independent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 86-87, 108-109) คำนวณจากสูตร

ถ้า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

ถ้า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right]}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบที
	σ^2	แทน	ความแปรปรวนของประชากร
	\bar{X}_1	แทน	คะแนนเฉลี่ยของนิสิตกลุ่มที่ 1
	\bar{X}_2	แทน	คะแนนเฉลี่ยของนิสิตกลุ่มที่ 2
	S_1^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนของนิสิตกลุ่มที่ 1
	S_2^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนของนิสิตกลุ่มที่ 2
	n_1	แทน	จำนวนนิสิตในกลุ่มที่ 1
	n_2	แทน	จำนวนนิสิตในกลุ่มที่ 2
	n	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

8.3.3 สถิติที่ใช้คำนวณหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร คำนวณจากสูตร E_1/E_2 ดังนี้ (เสาวนีย์ 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	ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
	E_2	แทน	ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
	$\sum X_1$	แทน	คะแนนรวมจากแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
	$\sum X_2$	แทน	คะแนนรวมจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
	N	แทน	จำนวนของนิสิตทั้งหมด
	A	แทน	คะแนนเต็มรวมของแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
	B	แทน	คะแนนเต็มรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอข้อมูลออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ที่มีประสิทธิภาพ

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ที่มีประสิทธิภาพ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นนิสิตที่ไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาก่อน จำนวน 43 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 เพื่อหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ตามสมมติฐาน ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 มีผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลรายบุคคลกับนิสิต จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นนิสิตที่อยู่ในกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน กลุ่มละ 1 คน เพื่อหาข้อบกพร่องต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนิสิต พบว่า

- นิสิตไม่ทราบว่าเนื้อหาในส่วนของ การทดลองเสมือนสามารถคลิกลากอุปกรณ์และสารเคมีจากชั้นวางได้มาใช้ได้ โดยนิสิตส่วนใหญ่จะใช้วิธีการคลิกแทน

- นิสิตรู้สึกว่าจะต้องใช้เวลาในการเรียนรู้นานเกินไป

- แบบฝึกหัดหลังการเรียนรู้ควรมีเฉลย

- นิสิตได้เสนอแนะให้มีการเลือกกระหว่างการทดลองเสมือนกับวีดิทัศน์เพียงอย่างเดียวหนึ่ง แต่ชอบวีดิทัศน์มากกว่า

ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทและกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อดำเนินการปรับปรุง แก้ไข ดังนี้

- แนะนำให้นิสิตดูแอนิเมชันแนะนำวิธีการใช้โปรแกรมก่อนศึกษาเนื้อหาในส่วนอื่น ๆ
- เพิ่มความเร็วของวีดิทัศน์แสดงการทดลองจริง เพื่อลดระยะเวลาในการศึกษา
- เฉลยแบบฝึกหัดในแต่ละการทดลอง
- คงส่วนของการทดลองเสมือนและวีดิทัศน์ไว้ เนื่องจากจุดประสงค์ของการสร้างทั้งสองส่วนนี้ก็เพื่อให้ นิสิตสามารถเลือกได้ว่าจะศึกษาเนื้อหาส่วนใด และในส่วนของ การทดลองเสมือน จะช่วยให้ นิสิตเกิดทักษะในการปฏิบัติจากการได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งการปฏิบัติในที่นี้ก็คือ การคลิกเมาส์

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มเล็กกับ นิสิต จำนวน 10 คน เพื่อหาข้อบกพร่องต่าง ๆ และหาแนวโน้มประสิทธิภาพของเครื่องมือให้เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80

จากการสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมการเรียนของ นิสิต พบว่า

- เกิดความผิดพลาดในการเฉลยคำตอบของแบบฝึกหัดหลังการเรียน เรื่อง การแยกแรงวัตถุในใบไม้ค้ำหน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ
- นิสิตรู้สึกว่ารูปร่างของอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี มีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถทราบได้ว่าสิ่งนั้นคืออะไร

ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทและกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อดำเนินการปรับปรุง แก้ไข ดังนี้

- แก้ไขการเขียนโค้ด ให้สามารถรวมคะแนนได้อย่างถูกต้อง
- เพิ่มข้อความระบุชื่อของอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือแต่ละชนิด โดยข้อความจะ

แสดงขึ้นเมื่อนิสิตนำเมาส์ไปวางตรงตำแหน่งดังกล่าว

เมื่อผู้วิจัยได้ทดลองใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร กับ นิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็น นิสิตที่ไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาก่อน จำนวน 10 คน เพื่อหาแนวโน้มประสิทธิภาพของเครื่องมือให้เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 ได้ผลดังแสดงในตาราง 4 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาแนวโน้มประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร กับ นิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน

รายการ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	ร้อยละ
คะแนนทดสอบระหว่างเรียน (E_1)	38	31.50	2.68	82.89
คะแนนทดสอบหลังเรียน (E_2)	30	23.80	2.30	79.33

จากตาราง 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน (E_1) ของนิสิตมีค่าเท่ากับ 31.50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.89 และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2) ของนิสิตมีค่าเท่ากับ 23.80 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.33 ดังนั้น ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 82.89/79.33 ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงดำเนินการหาวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็นแต่ละการทดลอง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5

ตาราง 5 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าร้อยละจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน (E_1) และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2) ของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน

รายการ	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3	รวม
คะแนนเต็ม (n_1)	17	10	11	38.00
\bar{X}_1	14.20	8.00	9.30	-
S.D. ₁	1.48	1.15	1.64	-
ร้อยละ (E_1)	83.53	80.00	83.55	82.89
คะแนนเต็ม (n_2)	10	10	10	30.00
\bar{X}_2	8.10	8.00	7.70	-
S.D. ₂	0.88	0.94	1.41	-
ร้อยละ (E_2)	81.00	80.00	77.00	79.33

จากตาราง 5 พบว่า ในการทดลองที่ 1 นิสิตมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 8.10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.00 และการทดลองที่ 2 นิสิตมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 8.00 คิดเป็นร้อยละ 80.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ที่กำหนดไว้ แต่ในการทดลองที่ 3 นิสิตมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 7.70 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.00 ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับปรุง แก้ไขในส่วนนี้ ก่อนนำไปทดลองใช้ต่อไป

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามกับนิสิต จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือให้เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 ได้ผลดังแสดงในตาราง 5 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร กับนิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

รายการ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	ร้อยละ
คะแนนทดสอบระหว่างเรียน (E_1)	38	30.50	5.95	80.26
คะแนนทดสอบหลังเรียน (E_2)	30	24.13	1.43	80.44

จากตาราง 6 พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน (E_1) ของนิสิตมีค่าเท่ากับ 30.50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.26 และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2) ของนิสิตมีค่าเท่ากับ 24.13 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.44 ดังนั้น ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต

ผลการสัมภาษณ์นิสิต พบว่า

- นิสิตรู้สึกตื่นเต้นกับรูปลักษณะของโปรแกรม รู้สึกว่าโปรแกรมมีความน่าสนใจ สีสนที่ใช้ดึงดูดความสนใจ

- นิสิตรู้สึกชอบบุคลิกของตัวการ์ตูนที่ใช้เป็นผู้ดำเนินเรื่อง

- นิสิตรู้สึกว่าโปรแกรมใช้งานง่าย และสามารถเลือกได้ว่าจะเรียนรู้จากการทดลองเสมือนหรือจากวิดีโอทัศนทัศน์ส่วนใดส่วนหนึ่งก็ได้ตามความสนใจ หรือจะเลือกศึกษาทั้ง 2 ส่วนก็ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถส่วนบุคคล

- นิสิตยังรู้สึกมั่นใจมากขึ้น เพราะเมื่อนิสิตสับสนหรือไม่เข้าใจตรงส่วนไหนสามารถกลับไปศึกษาซ้ำได้

- นิสิตบางคนรู้สึกว่าควรจะเลือกนำเสนอเพียงการทดลองเสมือนหรือวิดีโอทัศนทัศน์เพียงอย่างเดียวหนึ่ง เพราะทั้ง 2 ส่วน มีเนื้อหาเหมือนกัน

- นิสิตรู้สึกว่าต้องใช้เวลาในการศึกษาวิดีโอทัศนทัศน์นานเกินไป ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการตัดต่อให้วิดีโอทัศนทัศน์กระชับมากขึ้น

ผลการสังเกตพฤติกรรมของนิสิต พบว่า

- ในช่วงแรกนิสิตรู้สึกตื่นเต้นเมื่อเห็นรูปลักษณะของโปรแกรม

- เมื่อเริ่มทดลองใช้โปรแกรมนิสิตตื่นเต้น สนุกสนานกับเกมที่ใช้เพื่อกระตุ้นความสนใจเป็นอย่างมาก พร้อมทั้งพยายามเล่นจนชนะ

- เมื่อนิสิตเข้าสู่บทเรียนนิสิตส่วนใหญ่เลือกที่จะศึกษาวัตถุประสงค์ของการทดลอง หลักการ/ทฤษฎี การทดลองเสมือน วีดิทัศน์ และทำแบบฝึกหัดเป็นอันดับสุดท้าย ซึ่งจากการทำแบบฝึกหัดจะสังเกตเห็นว่านิสิตส่วนใหญ่ได้คะแนนเต็ม แต่ในส่วนที่ได้คะแนนน้อยก็มีการย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาใหม่ เพื่อกลับมาทำแบบฝึกหัดซ้ำอีกครั้ง

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ให้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้นำการทดลองเสมือนไปใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งจากการศึกษาสามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และสามารถแปรผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานได้ ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 2 นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test for dependent samples ตามสูตรของซุตรี วงศ์รัตน์ (2553: 87) ได้ผลดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

การทดสอบ	n	\bar{X}	S.D.	t	sig
หลังเรียน	22	24.14	2.29	-20.89*	.000
ก่อนเรียน	22	9.55	3.17		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 7 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนิสิต มีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.55 และ 3.17 ตามลำดับ จากนั้น เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แล้วจึงวัดคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนิสิต พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 24.14 และ 2.29 ตามลำดับ สถิติทดสอบ t - test มีค่าเท่ากับ -20.89 และมีเลขนัยสำคัญที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นิสิตมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต

ผลการสัมภาษณ์นิสิต พบว่า

- การเรียนรู้จากภาพเคลื่อนไหวประกอบเสียงช่วยให้ผู้เรียนจำได้นานขึ้น
- การจดจำภาพเคลื่อนไหวที่นิสิตสังการได้ด้วยตนเองสามารถช่วยให้นิสิตสามารถลำดับกระบวนการทดลองได้อย่างถูกต้อง

ผลการสังเกตพฤติกรรมของนิสิต พบว่า

- นิสิตตั้งใจทำแบบทดสอบ และสามารถทำแบบทดสอบเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด

สมมติฐานข้อที่ 3 นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมาศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test for dependent samples ตามสูตรของซูกรี วงศ์รัตน์ (2553: 87) ได้ผลดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

การทดสอบ	n	\bar{X}	S.D.	t	sig
หลังเรียน	22	47.05	7.58	-22.18*	.000
ก่อนเรียน	22	14.73	5.19		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 8 พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนของนิสิต มีคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 14.73 และ 5.19 ตามลำดับ จากนั้น เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร แล้วจึงวัดคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนของนิสิต พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 47.05 และ 7.58 ตามลำดับ สถิติทดสอบ t - test มีค่าเท่ากับ -22.18 และมีเลขนัยสำคัญที่ระดับ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่า นิสิตมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต

ผลการสัมภาษณ์นิสิต พบว่า

- นิสิตเกิดการเรียนรู้จากการศึกษาข้อมูลด้วยตนเอง การควบคุมบทเรียนได้ด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น โดยสอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะเกิดได้จากการลงมือปฏิบัติ ซึ่งการลงมือปฏิบัติที่ว่านี้เกิดจากการคลิกเมาท์แทนเท่านั้นเอง

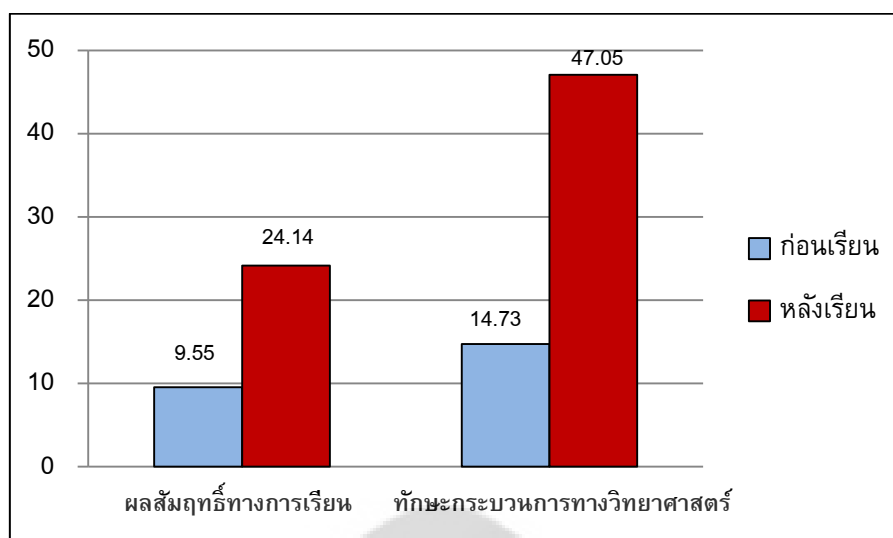
- การทดลองเสมือนช่วยให้นิสิตสามารถทบทวนซ้ำ ฝึกปฏิบัติซ้ำก็ครั้งก็ได้ตามความต้องการและศักยภาพของตน

ผลสังเกตพฤติกรรมของนิสิต พบว่า

- นิสิตรู้สึกมีความมั่นใจที่จะเลือกใช้อุปกรณ์ สารเคมี และกล้าที่จะลงมือทำการทดลองได้โดยไม่ต้องรอถามเพื่อน ๆ หรืออาจารย์

- การเรียนรู้จากการทดลองก่อนทำการทดลองจริงยังช่วยให้การทดลองเสร็จเร็วขึ้น ประหยัดเวลา และสารเคมี ลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการทดลองได้

จากการศึกษาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนิสิตก่อนและหลังการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้ง 2 ด้าน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนิสิต

สมมติฐานข้อที่ 4 นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน มีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดี

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนิสิตที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มาแปลความหมายของค่าเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับ ได้ผลดังแสดงในตาราง 9 ตาราง 9 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนิสิตที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
1. การทดลองเสมือนช่วยเตรียมความพร้อมก่อนทำการทดลองจริง	4.32	0.48	ดีมาก
2. การทดลองเสมือนสามารถทำให้เข้าใจหลักการ/ทฤษฎีเกี่ยวกับการทดลองได้ด้วยตนเอง	4.14	0.64	ดี
3. การทดลองเสมือนทำให้สามารถย้อนกลับไปศึกษาในประเด็นที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ	4.23	0.69	ดีมาก
4. การทดลองเสมือนช่วยนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวันได้	3.95	0.58	ดี
5. การทดลองเสมือนมีภาพเคลื่อนไหวช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแยกสารด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้มากขึ้น	4.50	0.51	ดีมาก

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
6. การทดลองเสมือนทำให้มีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	4.27	0.55	ดีมาก
7. การเรียนด้วยการทดลองเสมือนทำให้มีความรู้สึกไม่เครียด เพราะสามารถทบทวนความรู้ได้ด้วยตนเอง	4.36	0.58	ดีมาก
8. การทดลองเสมือนช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่างเป็นระบบ	4.41	0.50	ดีมาก
9. การทดลองเสมือนใช้งานง่าย สะดวกต่อการเรียนรู้	4.55	0.51	ดีมาก
10. การทดลองเสมือนมีความเหมาะสมกับวัยของนิสิต	4.32	0.57	ดีมาก
11. การทดลองเสมือนทำให้สามารถเชื่อมโยงเนื้อหา/ทฤษฎีเข้ากับการทดลองได้	4.36	0.49	ดีมาก
12. การทดลองเสมือนทำให้นิสิตสามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่บุคคลอื่นได้	4.18	0.58	ดี
13. การทดลองเสมือนมีเกมและแบบทดสอบให้ทำในระหว่างเรียนทำให้เกิดแรงจูงใจระหว่างเรียน	4.32	0.71	ดีมาก
14. การเรียนด้วยการทดลองเสมือนมีความสนุกสนาน	4.55	0.60	ดีมาก
15. นำการทดลองเสมือนมาปรับให้เข้ากับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนิสิตได้	4.36	0.49	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.32	0.56	ดีมาก

จากตาราง 9 พบว่า คะแนนเฉลี่ยเจตคติของนิสิตที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีค่าเท่ากับ 4.32 แสดงว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน มีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต

ผลการสัมภาษณ์นิสิต พบว่า

- นิสิตมีเจตคติที่ดีต่อการทดลองเสมือน และต้องการให้มีการสร้างการทดลองเสมือนให้ครบทุกบทปฏิบัติการ

- นิสิตต้องการให้มีการเผยแพร่การทดลองเสมือนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่ออำนวยความสะดวกในการศึกษา ทบทวน และฝึกฝนนอกเหนือจากชั่วโมงเรียน เพื่อเป็นการสนับสนุนให้นิสิตได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และการที่นิสิตได้ฝึกฝนปฏิบัติการทดลองจากการทดลองเสมือนจะ

เป็นการช่วยเตรียมความพร้อมให้แก่นิสิตก่อนลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องแม่นยำขึ้น

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ให้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยได้นำการทดลองเสมือนไปใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สุ่มจากประชากรโดยมีกลุ่มเป็นหน่วยการสุ่มอย่างง่ายได้ 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งจากการศึกษาสามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และสามารถแปรผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานได้ ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 5 นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และ นิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน (กลุ่มทดลอง) และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ (กลุ่มควบคุม) มาศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test for independent samples ตามสูตรของชูศรี วงศ์รัตน์ (2553: 86-87, 108-109) ได้ผลดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{X}	S.D.	t	sig
กลุ่มทดลอง	22	14.59	3.28	-1.01*	.319
กลุ่มควบคุม	24	13.50	3.99		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 10 พบว่า นิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน มีค่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงเพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนเรียนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 14.59 และ 3.28 ตามลำดับ ส่วนนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ มีค่าคะแนนหลังเรียนสูงเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.50 และ 3.99 ตามลำดับ สถิติทดสอบ t - test มีค่าเท่ากับ -1.01 และมีเลขนัยสำคัญที่ระดับ .319 ซึ่งมากกว่า .05 แสดงว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ไม่แตกต่าง ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต

ผลการสัมภาษณ์นิสิต และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต พบว่า

- นิสิตทั้ง 2 กลุ่ม ตั้งใจทำแบบทดสอบ และทำแบบทดสอบเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด
- นิสิตกลุ่มทดลองมีการวาดภาพเพื่อช่วยในการคิดวิเคราะห์ ส่วนนิสิตกลุ่มควบคุมจะไม่มี การวาดภาพเพื่อช่วยในการคิดวิเคราะห์แต่อย่างใด

- การทดลองเสมือนช่วยให้ผู้เรียนมีการจดจำและแปลงข้อมูลให้อยู่ในลักษณะของรูปภาพ ทำให้สามารถจดจำข้อมูลได้อย่างเป็นระบบและสามารถนำการเรียนรู้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ได้

สมมติฐานข้อที่ 6 นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และ นิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้น บูรณาการระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนและนิสิตที่เรียนรู้ แบบปกติมาศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test for independent samples ตามสูตรของซูตริ วังศรีรัตน์ (2553: 86-87, 108-109) ได้ผลดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 11 แสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้น บูรณาการระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน และนิสิต ที่เรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	\bar{X}	S.D.	t	sig
กลุ่มทดลอง	22	32.32	6.83	-.127*	.902
กลุ่มควบคุม	24	32.04	8.20		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 11 พบว่า ผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน มีผลต่าง ของคะแนนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 32.32 และ 6.83 ตามลำดับ ส่วนนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 32.04 และ 8.20 ตามลำดับ สถิติทดสอบ t - test มีค่าเท่ากับ -.127 และมีเลขนัยสำคัญที่ระดับ . 902 ซึ่ง

มากกว่า .05 แสดงว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ไม่แตกต่าง ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 6 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต

ผลการสัมภาษณ์นิสิต และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต พบว่า

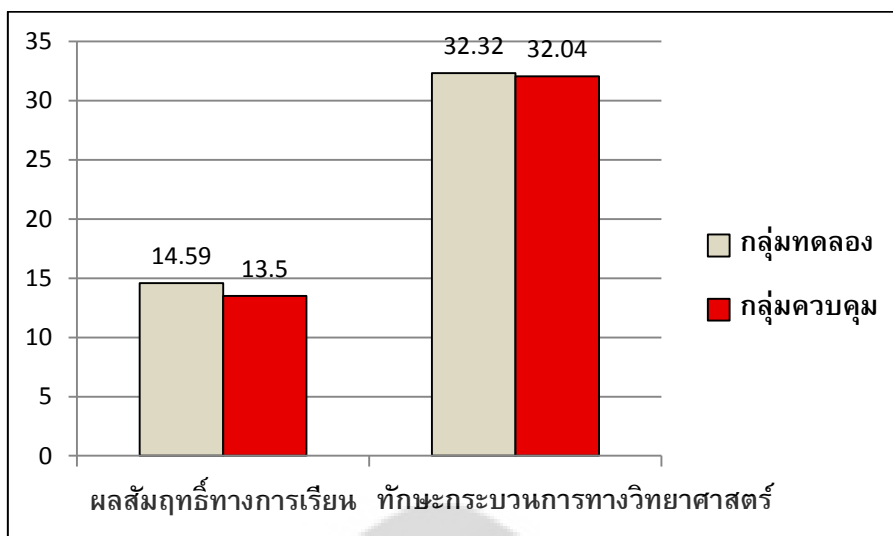
- นิสิตกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนสามารถปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วกว่านิสิตกลุ่มควบคุม สามารถปฏิบัติการทดลองได้อย่างทันที โดยไม่ต้องรอสอบถามอาจารย์หรือรอเพื่อน ๆ

- นิสิตกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนสามารถตัดสินใจเลือกใช้สารเคมี และอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ทำให้การทดลองมีความถูกต้องแม่นยำ ประหยัด และลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทดลอง

- นิสิตกลุ่มควบคุมใช้เวลาในการทดลองนานกว่ากลุ่มทดลอง

- นิสิตกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติจะมีความลังเลที่จะเลือกใช้อุปกรณ์และสารเคมี ต้องอาศัยการสอบถามจากเพื่อน ๆ หรืออาจารย์ในบางขั้นตอน และพบความผิดพลาดที่เกิดจากการทดลองขึ้นบางส่วน เช่น ในการแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ จะพบนิสิตที่ทำแผ่นโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางเสีย เป็นต้น

จากการศึกษาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง และนิสิตกลุ่มควบคุม พบว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนของทั้ง 2 ด้าน ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของ นิสิตกลุ่มทดลอง และ นิสิตกลุ่มควบคุม

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 โดยมีรูปแบบการเรียนรู้ผ่านสื่อประเภทการทดลองเสมือน (Virtual laboratory) ที่ผู้เรียนสามารถควบคุมเนื้อหาที่ต้องการศึกษาได้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถสรุปผล อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. พัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ที่มีประสิทธิภาพ
2. ศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
3. เปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80
2. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดี
5. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
6. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนวิชาเคมีวิเคราะห์ ทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาหลักการ ทฤษฎี และวิธีการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และช่วยลดความผิดพลาดในการทดลอง สามารถพัฒนาผู้เรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ รวมทั้งทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการทดลองเสมือน อีกทั้งยังเป็นการช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดทักษะเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตอีกด้วย

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากร คือ นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 68 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ที่สุ่มจากประชากรโดยมีกลุ่มเป็นหน่วยการสุ่มอย่างง่ายได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ตัวแปรตาม คือ 1. ประสิทธิภาพทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

2. การเปรียบเทียบประสิทธิผลทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับเครื่องมือที่ผู้วิจัยได้ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
2. แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

สาร

4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ
5. แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้มีวิธีดำเนินการวิจัย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 พัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ที่มีประสิทธิภาพ

1. ศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในรายวิชา คม 390 ปฏิบัติการเคมี วิเคราะห์ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการแยกสาร เพื่อใช้กำหนดเนื้อหาวัตถุประสงค์ และรูปแบบของสื่อการเรียนรู้สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดเตรียมปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลำดับเนื้อหาของบทเรียน ความยาวของบทเรียน ความยืดหยุ่น เป็นต้น

3. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับค่านิยมทางพฤติกรรมของกลุ่มประชากรที่สนใจศึกษา โดยจากงานวิจัยของธรรมรัตน์ อยู่พรต (วารสารบริหารธุรกิจ. 2556: 45) พบว่า เด็กที่เกิดช่วงปี พ.ศ. 2523 – 2540 จัดเป็นเด็กในในเจนเนอเรชั่นวาย (Generation Y) อันเป็นยุคที่เทคโนโลยีและอินเทอร์เน็ตเจริญรุดหน้า ทำให้เด็กกลุ่มนี้สามารถเข้าถึงคอมพิวเตอร์ตั้งแต่สมัยประถม ส่งผลให้เด็กกลุ่มนี้เติบโตมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์ ผูกพันกับโลกของวิดีโอเกมและการ์ตูน ดังนั้น การออกแบบสื่อการเรียนรู้จึงมุ่งเน้นเพื่อตอบสนองพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยตรง

4. นำผลการศึกษาหลักสูตรและพฤติกรรมของประชากรที่สนใจศึกษามาดำเนินการสร้างและพัฒนากการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 โดยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ชุดนี้ผ่านการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบต่าง ๆ จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า ความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.00 – 5.00 แสดงว่าการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ อยู่ในระดับดี – ดีมาก และมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-objective congruence : IOC) ระหว่าง 0.67 – 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

5. หาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ไม่เคยผ่านการเรียนวิชาเคมีวิเคราะห์มาก่อน จำนวน 43 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sample) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ตามลำดับ ดังนี้

5.1 ทดลองรายบุคคลกับนิสิต จำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความรู้ความสามารถเก่งปานกลาง และอ่อน โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องในด้านของการใช้ภาษา การสะกดคำ ขนาด สี ตัวอักษร การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน และการควบคุมบทเรียน โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์ และสังเกตพฤติกรรมของนิสิต เพื่อนำข้อเสนอแนะและข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1 ก่อนนำไปทดลองใช้ต่อไป

5.2 ทดลองกลุ่มเล็กกับนิสิต จำนวน 10 คน โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น เพื่อหาแนวโน้มประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยใช้คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้เป็นเครื่องมือวัด ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีแนวโน้มประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 82.89/79.33 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับปรุง แก้ไข ครั้งที่ 2 จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้ต่อไป

5.3 ทดลองภาคสนามกับนิสิต จำนวน 30 คน โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือให้เป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 โดยใช้คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้เป็นเครื่องมือวัด โดยที่

E_1 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

E_2 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

ซึ่งเกณฑ์การหาประสิทธิภาพนี้จะเป็นการประเมินว่าผู้เรียนจะบรรลุจุดประสงค์ หรือมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจหรือไม่ โดยอุษาวรรณ ปาลียะ (2543: 13-14) ได้กำหนดให้ ประสิทธิภาพต่อกระบวนการ คือ การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional behavior) ของผู้เรียน และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คือ การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal behavior)

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

สำหรับในการศึกษาประสิทธิผลของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารนี้ ผู้วิจัยได้นำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 80/80 ไปใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นนิสิตกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียน 3 ด้าน

ได้แก่ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และด้านเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก กับนิสิตกลุ่มทดลอง

1.2 นำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ไปใช้กับกลุ่มทดลอง โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น

1.3 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก กับนิสิตกลุ่มทดลอง

1.4 วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยตรวจสอบสมมติฐานของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้สถิติ t - test for dependent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 87) เพื่อพิสูจน์สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 2

2. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย กับนิสิตกลุ่มทดลอง

2.2 นำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ไปใช้กับกลุ่มทดลอง โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น

2.3 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย กับนิสิตกลุ่มทดลอง

2.4 วิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยตรวจสอบสมมติฐานของข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้สถิติ t - test for dependent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 87) เพื่อพิสูจน์สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 3

3. ด้านเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

3.1 นำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ไปใช้กับกลุ่มทดลอง โดยกำหนดให้นักศึกษา 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น

3.2 สำรวจเจตคติของนิสิตกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ด้วยแบบประเมินวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบประเมิน 5 สเกล เพื่อพิสูจน์สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 4

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ

สำหรับในการเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ นั้น ผู้วิจัยได้นำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 80/80 ไปใช้กับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน เปรียบเทียบกับการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลทางการเรียน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก กับนิสิตทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.2 นำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ไปใช้กับกลุ่มทดลอง โดยกำหนดให้นักศึกษา 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น ส่วนกลุ่มควบคุมให้จัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.3 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก กับนิสิตทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.4 เปรียบเทียบผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร กับนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ โดยตรวจสอบสมมติฐานของข้อมูล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้สถิติ t - test for independent samples (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 108-109) เพื่อพิสูจน์สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 5

2. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย กับนิสิตทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.2 นำการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ไปใช้กับกลุ่มทดลอง โดยกำหนดให้นิสิต 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อซีดีรอม 1 แผ่น ส่วนกลุ่มควบคุมให้จัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.3 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย กับนิสิตทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.4 เปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการระหว่างนิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร กับนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติ โดยตรวจสอบสมมติฐานของข้อมูล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยใช้สถิติ t - test for independent samples (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2553: 108-109) เพื่อพิสูจน์สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 6

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.26/80.44 ตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 1

2. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 2

3. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 3

4. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 4

5. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ไม่แตกต่าง ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 5

6. นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือไม่แตกต่าง ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 6

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ในครั้งนี้สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ที่มีประสิทธิภาพ

สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 1 : การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ 80/80

ผลการวิจัย พบว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบตามหลักการวิจัยและพัฒนา (R&D Cycle) ของบอร์กและกอลล์ (Borg; & Gall. 1989: 784-785) โดยในขั้นตอนการสร้างได้มีการวิเคราะห์เนื้อหาจากโครงสร้างหลักสูตร ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาค่านิยมทางพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง กำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา ลักษณะของห้องเรียน และรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน เพื่อดำเนินการออกแบบสร้างกรอบแสดงเรื่องราวจำลองสิ่งที่จะปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทและกรรมการควบคุมปริญญาโท ส่วนในขั้นตอนการพัฒนานั้นได้มีการปรับปรุงแก้ไขทั้งในด้านของการออกแบบและเนื้อหาตามคำแนะนำของประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท

2. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเคมีวิเคราะห์ 1 ท่าน เพื่อนำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งหลังจากดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วจึงนำการทดลองเสมือนที่ได้ไปทดลองใช้กับนิสิตเป็นรายบุคคล ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 เป็นการทดลองรายบุคคลกับนิสิต จำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความรู้ความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน ที่ไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาก่อน พบว่า นิสิตรู้สึกตื่นเต้นกับรูปแบบของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่นำเสนอบทเรียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในรูปแบบของการ์ตูนแอนิเมชัน แต่สำหรับวิถีทัศนศาสตร์การทดลองนั้น นิสิตมีความรู้สึกวุ่นวายและใช้ระยะเวลาที่นานเกินไป ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการใส่ลูกเล่นและตัดต่อวิถีทัศนให้กระชับขึ้น เพื่อลดระยะเวลาในการศึกษา

การทดลองครั้งที่ 2 เป็นการทดลองกลุ่มเล็กกับนิสิต จำนวน 10 คน ที่ไม่เคยผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาก่อน เพื่อหาแนวโน้มประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 82.89/79.33 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ และจากการสังเกตพฤติกรรม พบว่า นิสิตรู้สึกตื่นเต้นกับรูปแบบของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่นำเสนอ บทเรียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในรูปแบบลักษณะของการ์ตูนแอนิเมชันและมีเกมกระตุ้นการเรียนรู้ก่อนเข้าสู่บทเรียน นอกจากนี้ นิสิตยังรู้สึกพึงพอใจในรูปแบบการนำเสนอบทเรียนที่ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาเนื้อหาในส่วนต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ อีกทั้งยังมีแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เพื่อใช้ทดสอบความเข้าใจของตนเอง และนิสิตได้เสนอให้มีการเฉลยคำตอบท้ายแบบฝึกหัดแต่ละการทดลอง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงดำเนินการเพิ่มส่วนของการเฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนเสริมเข้าไป

การทดลองครั้งที่ 3 เป็นการทดลองภาคสนามกับนิสิต จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.26/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

3. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความตื่นเต้นต่อการเรียนรู้ เนื่องจากในขั้นตอนของการออกแบบผู้วิจัยได้นำข้อมูลเกี่ยวกับค่านิยมทางพฤติกรรมของผู้เรียนมาช่วยออกแบบและนำเสนอบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบลักษณะของการ์ตูนแอนิเมชันเชิงโต้ตอบและใช้เกมเป็นเครื่องกระตุ้นการเรียนรู้ก่อนเข้าสู่บทเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของธรรมรัตน์ อยู่พรต (วารสารบริหารธุรกิจ. 2556: 45) ที่ได้กล่าวว่า เจเนเรชั่นวาย (Generation Y) คือ เด็กที่เกิดช่วง พ.ศ. 2523 – 2540 อันเป็นยุคที่เทคโนโลยีและอินเทอร์เน็ตเจริญรุดหน้า ทำให้เด็กกลุ่มนี้สามารถเข้าถึงคอมพิวเตอร์ตั้งแต่สมัยประถม ส่งผลให้เด็กกลุ่มนี้เติบโตมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์ ผูกพันกับโลกของวีดีโอเกมและการ์ตูน ดังนั้น เมื่อนำสื่อการเรียนรู้ที่มีลักษณะเป็นการ์ตูนมาใช้สอน จึงช่วยกระตุ้นความสนใจ และทำให้เกิดความกระตือรือร้นต่อการเรียนมากเป็นพิเศษ เพราะผู้เรียนเปิดรับการเรียนรู้ตั้งแต่แรกเห็นและไม่มีความรู้สึกว่าวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่ออีกต่อไป โดยการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์นั้นผู้เรียนสามารถควบคุมความเร็วในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เมื่อไม่เข้าใจตรงส่วนไหนก็สามารถกลับไปศึกษาเพิ่มเติมได้ อีกทั้งผู้เรียนยังสามารถกำหนดได้ว่า จะเรียนที่ไหน เวลาใดก็ได้ เพียงแค่มีคอมพิวเตอร์เท่านั้น (ธวัชชัย อติเทพสถิต. 2546: 65) นอกจากนี้ การเรียนรู้จากคอมพิวเตอร์ประเภทการทดลองเสมือนยังช่วยลดภาระในเรื่องของค่าใช้จ่าย เวลา และสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต สอดคล้องกับความหมายของห้องเรียนเสมือนที่นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ (บุญเกื้อ ควรรหาเวช. 2542: 65; สุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร. 2548: 37-39; สุรพล บุญลือ. 2550: 29-32)

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 2 : นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย พบว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียนไว้อย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับรู้ว่าเมื่อเรียนจบในแต่ละเรื่องแล้วจะได้รับสิ่งใดจากการเรียนบ้าง สอดคล้องกับวุฒิชัย ประสานสอย (2543: 29) ที่ได้กล่าวว่า การกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนไว้อย่างชัดเจนและเฉพาะเจาะจงเป็นการบอกให้ผู้เรียนได้รับรู้ว่าตนเองจะได้รับการพัฒนาความสามารถ (Competency-based learning) จนประสบผลสำเร็จในการเรียนอย่างไร และช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ตามระดับความสามารถจากการกำหนดระดับขั้นเพื่อจัดสภาวะการณ์เรียนการสอนล่วงหน้า และการทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นนี้มีรูปแบบการนำเสนอบทเรียนแบบมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ ซึ่งผสมผสานความสามารถทางด้านเทคโนโลยีทั้งในรูปของข้อความ เสียง ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์ และเกมเข้าด้วยกัน ทำให้ในกระบวนการเรียนรู้นั้นผู้เรียนสามารถควบคุมบทเรียนได้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาเนื้อหาได้ตามความสนใจ ควบคุมอัตราเร็วในการเรียนรู้ รวมถึงสามารถทบทวนเนื้อหาซ้ำกี่ครั้งก็ได้ตามความต้องการ สอดคล้องกับนิติมา รุจิเรชาสุวรรณ (2555: 79) ที่ได้กล่าวว่า ในการเรียนรู้ด้วยสื่อผู้เรียนควรที่จะเลือกเรียนเนื้อหาได้ตามความสนใจ ตามความสามารถทางสติปัญญา ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ด้วยตนเองมีประสิทธิภาพและน่าสนใจยิ่งขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิตให้แก่เยาวชนนั่นเอง

2. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นนำเทคโนโลยีแบบมัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์มาใช้ดำเนินการสร้างบทเรียน ทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าตนเองมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จริง ๆ และรู้สึกสนุกสนาน สอดคล้องกับสุนทร นิศากร และบุญเลิศ อรุณพิบูลย์ (2547: ออนไลน์) ได้กล่าวว่า การใช้สื่อมัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์เป็นระบบการเรียนรู้แบบเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางได้อย่างดี เนื่องจากผู้เรียนเป็นผู้เลือกและควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง พร้อม ๆ กับมีความรู้สึกสนุกสนาน ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนที่ได้จำลองหลักการ/ทฤษฎี และกระบวนการทดลองด้วยความจริงเสมือนจึงช่วยสนับสนุนกระบวนการคิดแบบองค์รวม ทำให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้เก่า และความรู้ใหม่เข้าด้วยกันเกิดเป็นกระบวนการคิดที่ดัดแปลงเป็นรูปภาพอย่างมีระบบแทนการจดจำจากตัวอักษร อีกทั้งการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเองยังช่วยให้ผู้เรียนไม่พลาดประเด็นสำคัญไป ซึ่งจากรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการทดลองเสมือนช่วยสนับสนุนพฤติกรรมเชิงความรู้ (Knowledge-based behavior) ให้แก่ผู้เรียน สอดคล้อง

กั๊วรพล ดิลกทวิวัฒนา (2555: ออนไลน์) ที่ได้กล่าวว่่า ข้อดีของเทคโนโลยีด้านสื่อมัลติมีเดียช่วยให้อการออกแบบบทเรียนตอบสนองต่อแนวคิด และทฤษฎีการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น รวมทั้งส่งผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียว่าสามารถช่วยเสริมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และเป็นการเรียนรู้ที่คงทนถาวร

สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 3 : นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย พบว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเสมือน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ได้จำลองหลักการ/ทฤษฎี และกระบวนการทดลองมานำเสนอในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวควบคู่กับวีดิทัศน์ โดยจุดประสงค์หลักนั้นต้องการนำภาพเคลื่อนไหวเข้ามาช่วยอธิบายหลักการ/ทฤษฎี และกระบวนการทดลองให้แก่ผู้เรียนได้เห็นในเชิงประจักษ์ ควบคู่ไปกับการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามความหมายที่ภพ เลหาไพบูลย์ (2537: 14) ได้กล่าวไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป สอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นเอง

สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 4 : นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดี

ผลการวิจัย พบว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นได้มีการออกแบบรูปลักษณะของโปรแกรมให้สอดคล้องกับค่านิยมทางพฤติกรรมของผู้เรียน โปรแกรมการทดลองเสมือนที่พัฒนาขึ้นนี้ได้นำสิ่งที่ผู้เรียนคุ้นเคย นั่นคือ วีดิโอเกมและการดูมาบูรณาการเข้ากับวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนรู้สึกตื่นเต้น รู้สึกประทับใจตั้งแต่แรกเห็น และรู้สึกว่าวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สิ่งที่น่าเบื่ออีกต่อไป

2. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นได้นำเทคโนโลยีของมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบเข้ามาใช้ในการสร้างโปรแกรม จึงทำให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ได้

ด้วยตนเอง เช่น ผู้เรียนสามารถเลือกได้ว่าจะเล่นเกมก่อนเข้าสู่บทเรียน หรือจะเลือกเข้าสู่บทเรียนเลย และในส่วนของบทเรียนผู้เรียนสามารถเลือกได้ว่าจะศึกษาในส่วนใดก่อน-หลังก็ได้ ซึ่งในส่วนของบทเรียนนี้จะประกอบไปด้วย หลักการ/ทฤษฎี การทดลองเสมือน และวิดีโอ หลังจากเรียนจบก็จะมีแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนให้ผู้เรียนได้ทดลองทำเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และมีผลป้อนกลับ (Immediate feedback) ทันที สอดคล้องกับธาริตา ทองนำ (2550: 16) ที่กล่าวว่า การให้ผลป้อนกลับหรือให้คำตอบทันทีจัดเป็นวิธีการเสริมแรง (Reinforcement) อย่างหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนทราบและสามารถตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของตนต่อบทเรียนได้ นอกจากนี้ครุชิต มาลัยวงศ์ (2538: 8-15) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ด้วยสื่อจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเอกภาพ คือ ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง และควบคุมวิธีการเรียนเอง สามารถประเมินความก้าวหน้าของตนได้อย่างอัตโนมัติ ฝึกให้ผู้เรียนคิดอย่างมีเหตุผล เพราะต้องแก้ไขปัญหาอยู่ตลอดเวลา เกิดความยืดหยุ่นในการเรียน และทำให้ผู้เรียนเกิดความแม่นยำในการเรียน เพราะบททวนเนื้อหาได้ตลอดเวลา ส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาเรียน เพราะสามารถประสบความสำเร็จในการเรียน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการทดลองเสมือนตามไปด้วย

3. การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแยกสารผสมด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งในส่วนของ การจองห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการปฏิบัติได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องมีครูมาสอน ก่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการทดลองเสมือน เพราะการทดลองเสมือนช่วยให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจในการปฏิบัติจริง พฤติกรรมที่แสดงออกมาก็จะเป็นไปอย่างมั่นใจและกล้าแสดงออก กล้าคิด กล้าทำมากขึ้น สอดคล้องกับเชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์ (2520: 38) ที่ได้กล่าวว่า เจตคติ เป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์เป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมหรือแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อสิ่งนั้น ๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

จากการผลการวิจัย พบว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของหลายท่านที่พบว่า ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการศึกษาเสมือนจริง เนื่องจากการศึกษาเสมือนจริงช่วยให้ผู้เรียนก้าวข้ามข้อจำกัดเรื่องเวลา สถานที่ และยังสามารถประยุกต์สิ่งที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมได้ ทำให้สิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นในการทดสอบจริงให้สามารถสังเกตได้ด้วย การจองสถานการณ์เสมือน (สุรศักดิ์ มณีขำ. 2551: บทคัดย่อ; สุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร. 2548: บทคัดย่อ; Haddad; et al. 2004: 1293-1298; Coleman; & Fedosky. 2006: 1567-1568; Tatti; & Ayas. 2010: 938-942; Usher; & Barrette-Ng. 2012: 555-556)

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิผลระหว่างการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และการเรียนรู้แบบปกติ

สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 5 : นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย พบว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบช่วยสนับสนุนการเรียนรู้และเสริมสร้างความเข้าใจให้แก่ผู้เรียนได้อย่างเท่าเทียมกัน โดยการจัดการเรียนรู้แบบปกติครูจะเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เรียนโดยตรง ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้จะเป็นไปในรูปแบบ Chalk and talk ที่ครูจะเป็นผู้บอเนื้อหาต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียนโดยตรง ซึ่งการสอนลักษณะนี้จะเป็นที่นิยมในระดับมหาวิทยาลัย ส่วนการจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนนั้น ผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติและควบคุมบทเรียนด้วยตนเอง ทำให้รูปแบบการเรียนรู้แตกต่างไปจากเดิม คือ ผู้เรียนจะมีอิสระในการเรียนรู้มากขึ้น การจัดการเรียนรู้จึงมุ่งเป้าไปที่ความต้องการและความสามารถของผู้เรียนแต่ละคนเป็นสำคัญ โดยความแตกต่างของการจัดการเรียนรู้แบบปกติกับการจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนมีหลายประการด้วยกัน ได้แก่ รูปแบบการโต้ตอบจะใช้การพิมพ์และการอ่านแทนการพูดและฟัง การเรียนรู้จะเป็นไปตามศักยภาพของแต่ละคนแทนการก้าวไปพร้อม ๆ กัน สถานที่เรียนจะเป็นที่ไหนก็ได้แทนสถานศึกษา เวลาเรียนจะเป็นเวลาใดก็ได้แทนการกำหนดเวลาอย่างตายตัว เป็นต้น (ชัชชัย อติเทพสถิต. 2546: 65)

อย่างไรก็ตาม จุดเด่นของการทดลองเสมือนที่ช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ ก็คือ การทดลองเสมือนนั้นเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการนำเสนอ การเลือกเส้นทางเดิน (Navigation) การโต้ตอบ การให้ความรู้ และกิจกรรมที่มีในบทเรียนด้วยตนเอง โดยในการออกแบบโปรแกรมผู้วิจัยได้นำความก้าวหน้า ด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาบูรณาการเข้ากับแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้และจิตวิทยาการเรียนรู้ถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียน ในกระบวนการเรียนรู้แต่ละหน่วย ผู้เรียนสามารถควบคุมลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ เลือกเนื้อหาการเรียน กิจกรรมการเรียน ตรวจสอบความก้าวหน้า และทดสอบความรู้ด้วยตนเองได้ตลอดเวลา (วรพล ดิลกทวีวัฒนา. 2555: ออนไลน์)

จากผลการวิจัย พบว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ไม่แตกต่างกันเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของจิราภรณ์ กันภัย (2548: 55) และเพ็ญแข มณีรัตน์ (2540: 98) ที่พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์และผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนทดแทนครูหรือช่วยเสริมการเรียนการสอนของครูได้

สมมติฐานงานวิจัยข้อที่ 6 : นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย พบว่า นิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และนิสิตที่เรียนรู้แบบปกติมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานงานวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับทฤษฎี เลอาห์ไพบูลย์ (2537: 14) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ โดยการลงมือปฏิบัติผ่านการทดลองเสมือนนั้นจะเป็นการลงมือคลิกเมาท์ควบคุมบทเรียนนั่นเอง ดังนั้นสภาพแวดล้อมทางการเรียนจึงเปลี่ยนไปตามลักษณะของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายของห้องเรียนเสมือนที่สุรพล บุญลือ (2550: 37-38) ได้กล่าวไว้ ซึ่งสภาพแวดล้อมทางการเรียนจะเริ่มตั้งแต่ผู้เรียนกำหนดหัวข้อที่จะเรียน สถานที่ และเวลาด้วยตนเอง โดยผู้เรียนสามารถเลือกเรียนหัวข้อใดก่อนหลัง เลือกเรียนที่ไหน เวลาใด และเรียนซ้ำกี่ครั้งก็ได้ ตามความสะดวกและศักยภาพตนเอง (ชวัชชัย อติเทพสถิต. 2546: 65; สุรพล บุญลือ. 2550: 35-36) ดังนั้น การเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนจึงช่วยเสริมสร้างรูปแบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งตรงกับลักษณะการเรียนรู้ในระดับปริญญาตรีที่ผู้เรียนต้องอาศัยการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น นอกจากนี้ การปฏิวัติระบบความคิดแบบท่องจำจากตัวหนังสือให้กลายเป็นการจดจำจากความจริงเสมือนที่เป็นเทคโนโลยีมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเหมือนกระทำสิ่งนั้นอยู่จริง (กิตานันท์ มลิทอง. 2548: 204) ส่งผลให้การทดลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของหลายท่านที่ได้้นำการทดลองเสมือนมาใช้ในการเรียนการสอน (Haddad; et al. 2004: 1293-1298; Coleman; & Fedosky. 2006: 1567-1568; Tatli; & Ayas. 2006: 938-942; Usher; & Barrette-Ng. 2012: 555-556) เพื่อช่วยเพิ่มความเข้าใจและฝึกทักษะการปฏิบัติให้แก่ผู้เรียน

นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนได้มีการนำเทคโนโลยีมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบเข้ามาช่วยในการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนให้เหมือนการเรียนแบบปกติ โดยจำลองสถานการณ์ของห้องปฏิบัติการ สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะเป็นทุกอย่างมาไว้ใน การทดลองเสมือน จึงทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกเหมือนอยู่ในห้องปฏิบัติการจริง และผู้เรียนสามารถศึกษากระบวนการทดลองหรือวิธีการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้อย่างทั่วถึง

จากการผลการวิจัย เปรียบเทียบความสามารถในการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนกับการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่มนี้มีความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของหลายท่านที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความสามารถทางการเรียนรู้ระหว่างการเรียนด้วยสื่อและการเรียนแบบปกติ (สุรศักดิ์ มณีขำ. 2551: บทคัดย่อ; สุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร. 2548: บทคัดย่อ) โดย

จากผลการวิจัยจะเห็นว่านิสิตที่เรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไม่แตกต่างกับนิสิตที่เรียนแบบปกติ แสดงว่า การเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการเรียนรู้แบบปกติที่มีครูเป็นผู้สอน จึงอาจกล่าวได้ว่า การทดลองเสมือนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ครูสามารถนำมาใช้ประกอบการสอนหรือใช้แทนการสอนแบบปกติได้ นอกจากนี้การทดลองเสมือนยังเป็นอีกทางเส้นทางที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ทุกที่ ทุกเวลา เพียงเท่านี้เราก็สามารถก้าวข้ามข้อจำกัดในเรื่องของเวลาได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนไปประยุกต์ใช้กับการทดลองอื่น ๆ ได้ ตามความเหมาะสม

1.2 การจัดการเรียนรู้ผ่านการทดลองเสมือนจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางในการเรียนรู้ ดังนั้น ผู้สอนต้องจัดเตรียมคอมพิวเตอร์ให้มีสภาพพร้อมใช้งาน รวมถึงต้องตรวจสอบความเร็วในการประมวลผลซึ่งจะมีผลต่อการแสดงภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ นอกจากนี้ควรจัดให้ผู้เรียนแต่ละคนมีหูฟังที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ครบทุกคน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการรบกวนสมาธิของผู้เรียนคนอื่น

1.3 ผู้สอนควรมีทักษะพื้นฐานในการใช้คอมพิวเตอร์เป็นอย่างดี เนื่องจากขณะการเรียนการสอนอาจจะเกิดปัญหาขัดข้องบางประการ

1.4 ควรส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้นอกสถานที่ โดยการนำเสนอการทดลองเสมือนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการสร้างสื่อที่มีความหลากหลาย เช่น สื่อที่มีเสียงประกอบ เพื่อให้นิสิตได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และการที่นิสิตได้ฝึกฝนปฏิบัติการทดลองจากการทดลองเสมือนจะเป็นการช่วยเตรียมความพร้อมให้แก่นิสิตก่อนลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง แม่นยำขึ้น อีกทั้งยังช่วยประหยัดเวลา ประหยัดสารเคมี และช่วยป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลองได้อีกด้วย

2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์กับ Interactive จะมีปัญหาในเรื่องของการใส่เสียงจึงควรระวัง

2.3 ควรจะพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบของ Mobile learning ต่อไป

2.4 การออกแบบกราฟิกโดยใช้กลุ่มเด็กที่อยู่ในวัยเดียวกันกับผู้เรียนจะช่วยเพิ่มความสนใจให้แก่ผู้เรียนได้มากยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กฤษฎณพล จันท์พรหม. (2548). การศึกษารูปแบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริงที่เหมาะสมสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กรมวิชาการ. (2546). แนวทางการประเมินผลด้วยทางเลือกใหม่. กรุงเทพฯ: สำนักงานการทดสอบการศึกษา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สืบค้นเมื่อ 1 มกราคม 2555, จาก <http://www.curriculum51.net/upload/cur-51.pdf>
- (2554, มกราคม-มีนาคม). วารสารความร่วมมือกับต่างประเทศ. 8: บทบรรณาธิการ.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2536). เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เอ็ดดิสันเพรสโปรดักส์.
- (2539). ซีดีรอม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 83-84.
- (2543). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2548). ไอซีทีเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- ครรรชิต มัลย์วงศ์. (2538). ก้าวไกลไปกับคอมพิวเตอร์: สารคอมพิวเตอร์ที่ข้าราชการควรรู้. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- (2540). ทักษะไอที. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- จรงค์ สุกใส. (2550). การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง ประวัติศาสตร์ไทยยุคประชาธิปไตยสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จินตวีร์ โยสีดา. (2554). การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จิรพรรณ ทะเขียว. (2543). การเปรียบเทียบทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จิราภรณ์ กันภัย. (2548). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เรื่องการเขียนรายงานระหว่างการเรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนแบบปกติของนักเรียนมัธยมศึกษาปี

- ที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ ศศ.ม. (บรรณารักษศาสตร์และสารนิเทศศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จันทิรา จินะวงศ์. (2549). การพัฒนาคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องการแยกสาร กลุ่มสาระเรียนรู้ วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชม ภูมิภาค. (2545). สารานุกรมศึกษาศาสตร์ ฉบับที่ 20 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ: ธนชัยการพิมพ์.
- ช่อบุญ จิราณาภ. (2542). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง การใช้บริการ สารสนเทศห้องสมุด สำหรับนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 1. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยี การศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชัยรัตน์ ไชยพจน์พานิช. (2546). ห้องเรียนเสมือนจริง. สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2555, จาก <http://e-book.ram.edu/e-book/s/SE742/chapter15.pdf>
- ชุลีพร บัวสุวรรณ. (2550). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียเรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ สื่อการเรียนการสอน. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชูศรี วงศ์วิณะ. (2553). เทคนิคการเขียนเค้าโครงการวิจัย: แนวทางสู่ความสำเร็จ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เชษฐพงศ์ คลองโปร่ง. (2544). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย เรื่อง สื่อ ประเภทเครื่องฉาย สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยี การศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์. (2520). การวัดทัศนคติและบุคลิกภาพ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและ การสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ตริยพล โฉมใสว. (2552). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อการสอนคาราโอเกะกับการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (เล่ม 2) ทบวงฯ.
- ทศนา แหมมณี. (2554). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ธรรมรัตน์ อยู่พรต. (2556). *ค่านิยมในการทำงานที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเป็นสมาชิกที่ดีขององค์กรของเจเนอเรชันต่าง ๆ*. วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 36(138): 45. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2556, จาก <http://www.jba.tbs.tu.ac.th/files/Jba138/Article/JBA138Thammarat.pdf>
- ชาริตา ทองนำ. (2550). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธวัชชัย อติเทพสถิต. (2546, พฤษภาคม-สิงหาคม). "E-Learning กับห้องเรียนเสมือนจริง". วารสารวิทยบริการ. 2: 65.
- นิติมา รุจิเรชาสุวรรณ. (2555). *ประสิทธิผลของการใช้สื่อมัลติมีเดียแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องสารชีวโมเลกุล ที่พัฒนาขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุปผชาติ เรืองสุวรรณ. (2530). *การศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเขตการศึกษา 10 ปีการศึกษา 2529*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญช่วย วิรัตน์. (2550). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก (ดิน หิน แร่) สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญสืบ พันธุ์ดี. (2537). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญเกื้อ ควรหาเวช. (2542). *นวัตกรรมการศึกษา*. แก้ไขปรับปรุงใหม่ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: หจก. SR Printing.
- ประกิจ รัตนสุวรรณ. (2525). *การวัดและประเมินผลทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประพันธ์ จันท์อับ. (2547). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานและสสารสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2526). *ทัศนคติ : การวัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมน้อย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). "หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่", สารสารนิเทศการศึกษฉบับที่ 233. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาตำราและเอกสารหน่วยนิเทศก์ กรมฝึกหัดครู.
- ประสานวงศ์ บุรณะพิมพ์. (2528). การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีรูปแบบการคิดต่างกันในโรงเรียนสาธิตในสังกัดทบวงมหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- เป็รื่อง กุมุท. (2536). แนวคิดการวิจัยทางเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา วิชาการวิจัยเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา. หน่วยที่ 8-11. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ผุสดี ตามไท. (2531). โฉมใหม่ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ม.ต้น. กรุงเทพฯ: จันทรเกษม.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542. สืบค้นเมื่อ 1 มกราคม 2555, จาก <http://web.krisdika.go.th/data/law/law2/%A198/%A198-20-2542-a0001.pdf>
- พันธ์นีย์ วิหคโต. (2536). รายงานการวิจัยการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนโครงการพัฒนาคุณภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ปี 2535-2536. กรุงเทพฯ: กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. ถ่ายเอกสาร.
- พัลลภ พิริยะวงศ์. (2541, 28 ตุลาคม-ธันวาคม). มัลติมีเดียเพื่อการเรียนการสอน. พัฒนาเทคนิคศึกษา. 11(28) : 9-15.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2545). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เข้าออฟ เคอร์รี่ส์.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2545). พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- เพลินพิศ ธรรมรัตน์. (2542). การประเมินผลการเรียน. สกลนคร: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏ-สกลนคร.
- เพ็ญแข มณีรัตน์. (2540). การเปรียบเทียบประสิทธิผลโปรแกรมการสอนเรื่องโรคเอดส์ ระหว่างการสอนแบบชู้กับการสอนแบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (สุขศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2545). การออกแบบและพัฒนาครีทแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์. (2554). *หลักสูตรวิทยาศาสตร์
บัณฑิต สาขาวิชาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย-
ศรีนครินทรวิโรฒ 2554*. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2555, จาก [http://science.swu.ac.th/
Default.aspx?tabid=8349](http://science.swu.ac.th/Default.aspx?tabid=8349)
- ยงยุทธ ยุทธวงศ์. (2554). *วิทยาศาสตร์เพื่ออะไร?*. ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีแห่งชาติ.
- ฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. (2547). *การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย*. กรุงเทพฯ:
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วนิดา ฉัตรวิราคม. (2554). *นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วรพล ดิลกทวีวัฒนา. (2555). *นวัตกรรมทางการศึกษา*. สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2556, จาก
<http://woraphon02.blogspot.com/>
- วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2542). *กิจกรรมทักษะกระบวนการสำหรับครู*.
กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพชีวิต.
- . (2551). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*.
พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วิชชุตา อ้วนศรีเมือง. (2554). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความ
สามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับ
การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค LT*. ปรินญาณีพนธ์ กศ.ม. (การ
มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิริยะ วงศ์เลาหกุล. (2543). *การพัฒนาแบบจำลองระบบมหาวิทยาลัยเสมือนจริง*. ปรินญาณีพนธ์
กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ-
โรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วุฒิชัย ประสานสอย. (2543). *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน: นวัตกรรมเพื่อการศึกษา*. กรุงเทพฯ:
วี. เจ. พรินติ้ง.
- ศุภพงศ์ คล้ายคลึง. (2548). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะการ
ทดลองโดยใช้ชุดปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์*. ปรินญาณีพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมจิต สวชนไพบูลย์. (2535). *ธรรมชาติวิทยา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมบัติ ประทีปเกรียงไกร. (2550). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง การออกแบบ
และพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สรศักดิ์ แพรดำ. (2544). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. อุบลราชธานี: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี. ถ่ายเอกสาร.
- สุนทร นิตากร และบุญเลิศ อรุณพิบูลย์. (2547). *Multimedia Technology*. NECTEC's Web Based Learning. สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2556, จาก <http://www.skb.ac.th/~skb/computer/nectec/0009.html>
- สุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร. (2548). *การพัฒนา รูปแบบห้องเรียนเสมือนจริงแบบจำลองสถานการณ์ ร่วมกับการฝึกปฏิบัติ เรื่อง การผลิตรายการโทรทัศน์*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยี การศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรัชย์ ไชยนต์. (2549). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง วงจรไฟฟ้า กลุ่มสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยี การศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรพล บุญลือ. (2550). *การพัฒนา รูปแบบการสอนโดยใช้ห้องเรียนเสมือนจริง แบบใช้ปัญหาเป็น หลักในระดับอุดมศึกษา*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สรศักดิ์ มณีขำ. (2550). *ผลการใช้ทัศนศึกษาเสมือนจริงผ่านห้องเรียนเสมือน สาระที่ 4: ประวัติศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม สำหรับนักเรียนช่วง ชั้นที่ 3*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สิปปนนท์ เกตุทัต. (2541). *แนวคิดเกี่ยวกับทิศทางและนโยบายด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การศึกษาของประเทศไทย*. วารสารวิชาการ กรมวิชาการ. 1(5): 2-15. สืบค้นเมื่อ 24 เมษายน 2555, จาก http://www.dpu.ac.th/laic/upload/content/file/pdf_file/1_5_2541_vk.pdf
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2553). สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2555, จาก <http://www.lib.hcu.ac.th/asean/1TheRoleofED-building-ASEANcommunity2015.pdf>
- สำเร็จ สาคเรศ. (2555). *บทบาทของสื่อมัลติมีเดียต่อการศึกษา*. สุรินทร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏ-สุรินทร์.
- เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. (2528). *เทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระ-จอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อลิสา เสนามนตรี. (2551). *การพัฒนา นวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม เรื่อง ชีวโมเลกุลด้วยรูปแบบการบูรณาการสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรี-นครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- อัจฉรา มะธิปิไข. (2545). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการสืบพันธุ์สำหรับสิ่งมีชีวิตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อัญชญา พัวไพบูลย์. (2545). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาฟิสิกส์เรื่อง "ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก" ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อุทัย ภิรมย์รื่น. (2540, กุมภาพันธ์-พฤษภาคม). "โฉมหน้ามหาวิทยาลัยในศตวรรษที่ 21". สารศรีปทุม. 2(2): 25.
- อุษา จินเจนกิจ. (2544). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาวิศวกรรมเคมี ชั้นปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการทดลอง เรื่องการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อุษารรณ ปาลียะ. (2543). การพัฒนาชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองวิชาภาษาไทย เรื่องราชาศัพท์สำหรับพระภิกษุและสุภาพชน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Borg, R. Walter; & Gall, Meredith D. Gall. (1989). *Education Research: and Introduction*. 5th ed. New York: Longman.
- Coleman, F. William; & Fedosky, W. Edward. (2006). A Gel Permeation Chromatography Simulator from JCE WebWare. *Journal of Chemical Education*. 83(10): 1567-1568.
- Douglas, A. Skoog and James, J. Leary. (1992). *Principles of instrumental analysis*. 4th ed. New York: Saunders College Publishing.
- Fullmer-Umari, Marlyn. (2000). Getting Ready: The Syllabus and Other Online Indispensables. *The Online Teaching Guide: A Handbook of Attitude, Strategies, and Techniques for the Virtual Classroom*. MA: Allyn and Bacon.
- Gay, L.R. (1976). *Education Research Competencies for Analysis and Application*. New York : Merrill Publishing.
- Green, Babara and others. (1993). *Technology Edge : Guide to Multimedia*. New Jersey : Imprint Boston : Academic Press.

- Haddad, R. Paul.; et al. (2004). A Computer-Based Undergraduate Exercise Using Internet-Accessible Simulation Software for the Study of Retention Behavior and Optimization of Separation Conditions in Ion Chromatography. *Journal of Chemical Education*. 81(9): 1293-1298.
- Hiltz, Starr R. (1993). Correlates of Learning in a Virtual Classroom. *International Journal Of Man-Machine Studies*. 39: 71-98.
- Khan, Badrul H., ed. (1997). *Web-Based Instruction*. Englewood Cliffs. New Jersey: Educational Technologies Publications.
- Linda, Tway. (1995). *Multimedia in Action*. U.S.A. : Academic Press Inc.
- Perrin, Donald G. (1994, Febuary). "The University of the Future", *ED Journal*. 9(2): 140-143.
- Porter, Shelia. (2000). Cooking Up a Successful Class: Adapting Courses for the Online World. *The Online Teaching Guide: A Handbook of Attitude, Strategies, and Techniques for the Virtual Classroom*. MA: Allyn and Bacon.
- Tatli, Zeynep; & Ayas, Alipasa. (2010). Virtual laboratory applications in chemistry education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 9: 938-942.
- Thomson, Jay. (1996). The California Virtual University. (Online). Available: <http://www.id.ucsb.edu/detche/library/distance/calif/calvu.html>
- Usher, C. Ken; & Barrette-Ng, H. Isabelle. (2012). Web-Based Applet Is a Learning Tool that Simulates Ion-Exchange Chromatography Purification of Overexpressed Proteins from Escherichia coli Cell Lysate. *Journal of Chemical Education*. 89: 555-556.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สำเนาหนังสือต่าง ๆ

1. รายชื่อและสำเนาหนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ
2. สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา

ผศ.พ.อ.หญิง ดร. อลิสา เสนามนตรี

อาจารย์ภาควิชาชีวเคมี ชั้นปรีคลินิก

วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า

ด้านเทคโนโลยีการศึกษา

ผศ. ดร. วิวัฒน์ มีสุวรรณ

อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ด้านเคมีวิเคราะห์

อ. ดร. นवलละออ รัตน์วิมานวงศ์

อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ที่ ศธ 0519.12/๒ ๖๘๓

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๔ มิถุนายน 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พ.อ.หญิง ดร.อลิสา เสนามนตรี

เนื่องด้วย นางสาวภัทริกา เจริญสุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปฏิญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี” โดยมีอาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต อาจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ และ อาจารย์ ดร.จารุวัส หนูทอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปฏิญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ ดังนี้ 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฯ 2) แบบทดสอบวัดทักษะวิทยาศาสตร์ฯ 3) แบบทดสอบระหว่างเรียนฯ และ 4) แบบวัดเจตคติฯ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวภัทริกา เจริญสุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 085-950-1346



ที่ ศธ 0519.12/2 684

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๔ มิถุนายน 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ มีสุวรรณ

เนื่องด้วย นางสาวภัทริกา เจริญสุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปฏิญานินพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารเพื่อศึกษาประสิทธิภาพผลทางการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี” โดยมีอาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต อาจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ และ อาจารย์ ดร.จาร์วัส หนูทอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปฏิญานินพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ดังนี้ 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฯ 2) แบบทดสอบวัดทักษะวิทยาศาสตร์ฯ 3) แบบทดสอบระหว่างเรียนฯ และ 4) แบบวัดเจตคติฯ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวภัทริกา เจริญสุข และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 085-950-1346



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 15664

ที่ ศธ 0519.12/๒๖๘๕ วันที่ ๒๔ มิถุนายน 2556

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน หัวหน้าภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นางสาวภัทริกา เจริญสุข นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญาโท เรื่อง “การพัฒนาการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสารเพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางการเรียนของนิสิตชั้นปีที่ 3 ระดับปริญญาตรี” โดยมีอาจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต อาจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ และ อาจารย์ ดร.จากรัฐ หนูทอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้สถานที่เพื่อใช้แบบทดสอบ เรื่องการแยกสาร (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบวัดทักษะวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบวัดเจตคติ) กับนักเรียนระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเคมี ชั้นปีที่ 3 จำนวน 60 คน จำนวน 2 ห้องเรียน ในระหว่างเดือนกรกฎาคม - ตุลาคม 2556

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้ นางสาวภัทริกา เจริญสุข ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันตวิวัฒนกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 0-2649-5064

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 085-950-1346

ภาคผนวก ข

ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของการทดลองเสมือน
2. ผลการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของการทดลองเสมือน
3. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบระหว่างเรียนฯ
4. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฯ
5. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฯ
6. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน
7. ผลการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน

ตาราง 12 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การทดลองที่ 1 :						
1.1 ชื่อเรื่องของการทดลองเสมือนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
1.2 เนื้อหา/ทฤษฎีมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
1.3 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
1.4 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความถูกต้องตรงตามหลักการ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
1.5 รูปแบบและขนาดตัวอักษรของสื่อที่ใช้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
1.6 กิจกรรมการทดลองเสมือนมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
1.7 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลองจริงมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
1.8 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลองจริงมีความชัดเจนและถูกต้องตรงตามหลักการ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
1.9 การทดลองเสมือนมีความสอดคล้องกับพัฒนาการของผู้เรียน	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
1.10 การทดลองเสมือนมีการเรียงลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
การทดลองที่ 2 :						
2.1 ชื่อเรื่องของการทดลองเสมือนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
2.2 เนื้อหา/ทฤษฎีมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
2.3 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
2.4 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความถูกต้องตรงตามหลักการ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
2.5 รูปแบบและขนาดตัวอักษรของสื่อที่ใช้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
2.6 กิจกรรมการทดลองเสมือนมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
2.7 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลองจริงมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
2.8 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลองจริงมีความชัดเจนและถูกต้องตรงตามหลักการ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
2.9 การทดลองเสมือนมีความสอดคล้องกับพัฒนาการของผู้เรียน	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
2.10 การทดลองเสมือนมีการเรียงลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
การทดลองที่ 3 :						
3.1 ชื่อเรื่องของการทดลองเสมือนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
3.2 เนื้อหา/ทฤษฎีมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
3.3 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
3.4 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความถูกต้องตรงตามหลักการ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
3.5 รูปแบบและขนาดตัวอักษรของสื่อที่ใช้มีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
3.6 กิจกรรมการทดลองเสมือนมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
3.7 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลองจริงมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
3.8 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลองจริงมีความชัดเจนและถูกต้องตรงตามหลักการ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
3.9 การทดลองเสมือนมีความสอดคล้องกับพัฒนาการของผู้เรียน	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
3.10 การทดลองเสมือนมีการเรียงลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 13 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
การทดลองที่ 1					
1. เนื้อหาและทฤษฎี					
1.1 เนื้อหาและทฤษฎีสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.2 เนื้อหาและทฤษฎีมีความถูกต้อง สมบูรณ์	4	5	4	4.33	ดีมาก
1.3 เนื้อหาและทฤษฎีมีความต่อเนื่อง มี ลำดับขั้นตอน เหมาะสมกับระยะเวลา	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.4 เนื้อหาและทฤษฎีมีความยาก ง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนิสิต	4	5	5	4.67	ดีมาก
1.5 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย ไม่กำกวม วกวน	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.6 ภาพเคลื่อนไหวมีความสอดคล้องกับ เนื้อหาและทฤษฎี	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.7 ปริมาณของเนื้อหาและทฤษฎีในแต่ละ จอภาพมีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.8 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มี ความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.9 เนื้อหาและทฤษฎีมีความน่าสนใจและ ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.10 เนื้อหามีเอกภาพและสัมพันธ์ภาพ	5	5	4	4.67	ดีมาก
2. รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือน					
2.1 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	5	5.00	ดีมาก
2.2 ภาพกราฟิกของเครื่องมือ สารเคมีมี ความหลากหลาย เหมาะสมกับการ ทดลอง	4	5	4	4.33	ดีมาก
2.3 ภาพเคลื่อนไหวแสดงกระบวนการ ทดลองมีขั้นตอนที่ถูกต้อง	4	5	3	4.00	ดี

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
2.4 คำชี้แจงมีความชัดเจน	4	5	5	4.67	ดีมาก
2.5 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.6 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนช่วยให้นิสิตเกิดการค้นพบคำตอบได้ด้วยตนเอง	4	5	3	4.00	ดี
2.7 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความน่าสนใจ ชวนให้ติดตาม	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.8 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
3. วิดีโอแสดงกระบวนการทดลอง					
3.1 วิดีโอแสดงกระบวนการทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
3.2 ภาพ และเสียงมีความชัดเจน และกลมกลืนกัน	5	5	5	5.00	ดีมาก
3.3 วิดีโอแสดงกระบวนการทดลองมีความถูกต้อง เหมาะสมตามหลักการ	4	5	5	4.67	ดีมาก
3.4 วิดีโอแสดงกระบวนการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลองเสมือน	5	5	5	5.00	ดีมาก
3.5 ภาพรวมของวิดีโอแสดงกระบวนการทดลองมีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	ดีมาก
3.6 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	5	5	5	5.00	ดีมาก
4. การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทดลองเสมือนกับผู้เรียน					
4.1 รูปแบบการควบคุมการทดลองเสมือนเหมาะสม	4	5	3	4.00	ดี
4.2 การออกแบบตำแหน่งของปุ่มต่าง ๆ เหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
4.3 การออกแบบจอภาพแสดงผลโดยภาพรวมเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
4.4 การเข้าสู่เมนูต่าง ๆ มีความสะดวก รวดเร็ว	4	5	4	4.33	ดีมาก
4.5 การเชื่อมโยงข้อมูลมีความต่อเนื่อง และถูกต้อง	4	5	3	4.00	ดี
4.6 ความน่าสนใจในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทดลองเสมือนกับผู้เรียนมีความเหมาะสม	5	5	3	4.33	ดีมาก
4.7 วิธีการโต้ตอบกับการทดลองเสมือนเหมาะสม	4	5	4	4.33	ดีมาก
4.8 วิธีการรายงานคะแนนของแบบทดสอบมีความถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	ดีมาก
การทดลองที่ 2					
1. เนื้อหาและทฤษฎี					
1.1 เนื้อหาและทฤษฎีสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.2 เนื้อหาและทฤษฎีมีความถูกต้อง สมบูรณ์	4	5	4	4.33	ดีมาก
1.3 เนื้อหาและทฤษฎีมีความต่อเนื่อง มีลำดับขั้นตอน เหมาะสมกับระยะเวลา	4	5	4	4.33	ดีมาก
1.4 เนื้อหาและทฤษฎีมีความยาก ง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนิสิต	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.5 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย ไม่กำกวม วกวน	5	4	5	4.67	ดีมาก
1.6 ภาพเคลื่อนไหวมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและทฤษฎี	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.7 ปริมาณของเนื้อหาและทฤษฎีในแต่ละจอภาพมีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
1.8 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.9 เนื้อหาและทฤษฎีมีความน่าสนใจและก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.10 เนื้อหามีเอกภาพและสัมพันธ์ภาพ	5	5	4	4.67	ดีมาก
2. รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือน					
2.1 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.2 ภาพกราฟิกของเครื่องมือ สารเคมีมีความหลากหลาย เหมาะสมกับการทดลอง	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.3 ภาพเคลื่อนไหวแสดงกระบวนการทดลองมีขั้นตอนที่ถูกต้อง	4	5	4	4.33	ดีมาก
2.4 คำชี้แจงมีความชัดเจน	4	5	4	4.33	ดีมาก
2.5 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือน ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.6 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนช่วยให้ นิสิตเกิดการค้นพบคำตอบได้ด้วยตนเอง	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.7 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความน่าสนใจ ชวนให้ติดตาม	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.8 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
3. วีดีโอแสดงกระบวนการทดลอง					
3.1 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลอง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
3.2 ภาพ และเสียงมีความชัดเจน และกลมกลืนกัน	5	5	5	5.00	ดีมาก
3.3 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลองมีความ	4	5	4	4.33	ดีมาก

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
ถูกต้อง เหมาะสมตามหลักการ					
3.4 วีดีโอแสดงกระบวนการทดลองมีความ สอดคล้องกับการทดลองเสมือน	5	5	4	4.67	ดีมาก
3.5 ภาพรวมของวีดีโอแสดงกระบวนการ ทดลองมีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	ดีมาก
3.6 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มี ความเหมาะสม	5	5	5	5.00	ดีมาก
4. การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทดลอง เสมือนกับผู้เรียน					
4.1 รูปแบบการควบคุมการทดลองเสมือน เหมาะสม	4	5	4	4.33	ดีมาก
4.2 การออกแบบตำแหน่งของปุ่มต่าง ๆ เหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
4.3 การออกแบบจอภาพแสดงผลโดยภาพ รวมเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
4.4 การเข้าสู่เมนูต่าง ๆ มีความสะดวก รวด เร็ว	4	5	4	4.33	ดีมาก
4.5 การเชื่อมโยงข้อมูลมีความต่อเนื่อง และ ถูกต้อง	4	5	4	4.33	ดีมาก
4.6 ความน่าสนใจในการปฏิสัมพันธ์ระหว่าง การทดลองเสมือนกับผู้เรียนมีความ เหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
4.7 วิธีการโต้ตอบกับการทดลองเสมือน เหมาะสม	4	5	3	4.00	ดี
4.8 วิธีการรายงานคะแนนของแบบทดสอบมี ความถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
การทดลองที่ 3					
1. เนื้อหาและทฤษฎี					
1.1 เนื้อหาและทฤษฎีสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.2 เนื้อหาและทฤษฎีมีความถูกต้อง สมบูรณ์	4	5	4	4.33	ดีมาก
1.3 เนื้อหาและทฤษฎีมีความต่อเนื่อง มีลำดับขั้นตอน เหมาะสมกับระยะเวลา	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.4 เนื้อหาและทฤษฎีมีความยาก ง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนิสิต	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.5 ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย ไม่กำกวม วกวน	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.6 ภาพเคลื่อนไหวมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและทฤษฎี	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.7 ปริมาณของเนื้อหาและทฤษฎีในแต่ละจอภาพมีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
1.8 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.9 เนื้อหาและทฤษฎีมีความน่าสนใจและก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน	5	5	5	5.00	ดีมาก
1.10 เนื้อหามีเอกภาพและสัมพันธ์ภาพ	5	5	5	5.00	ดีมาก
2. รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือน					
2.1 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.2 ภาพกราฟิกของเครื่องมือ สารเคมีมีความหลากหลาย เหมาะสมกับการทดลอง	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.3 ภาพเคลื่อนไหวแสดงกระบวนการทดลองมีขั้นตอนที่ถูกต้อง	5	5	5	5.00	ดีมาก
2.4 คำชี้แจงมีความชัดเจน	4	5	5	4.67	ดีมาก

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
2.5 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.6 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนช่วยให้นิสิตเกิดการค้นพบคำตอบได้ด้วยตนเอง	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.7 รูปแบบของห้องปฏิบัติการเสมือนมีความน่าสนใจ ชวนให้ติดตาม	5	5	4	4.67	ดีมาก
2.8 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	5	5	5	5.00	ดีมาก
3. วิดีโอแสดงกระบวนการทดลอง					
3.1 วิดีโอแสดงกระบวนการทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	ดีมาก
3.2 ภาพ และเสียงมีความชัดเจน และกลมกลืนกัน	5	5	4	4.67	ดีมาก
3.3 วิดีโอแสดงกระบวนการทดลองมีความถูกต้อง เหมาะสมตามหลักการ	4	5	4	4.33	ดีมาก
3.4 วิดีโอแสดงกระบวนการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลองเสมือน	5	5	4	4.67	ดีมาก
3.5 ภาพรวมของวิดีโอแสดงกระบวนการทดลองมีความเหมาะสม	4	5	5	4.67	ดีมาก
3.6 รูปแบบ ขนาด และสีของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	5	4	5	4.67	ดีมาก
4. การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทดลองเสมือนกับผู้เรียน					
4.1 รูปแบบการควบคุมการทดลองเสมือนเหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
4.2 การออกแบบตำแหน่งของปุ่มต่าง ๆ เหมาะสม	5	5	4	4.67	ดีมาก
4.3 การออกแบบจอภาพแสดงผลโดยภาพ	5	5	4	4.67	ดีมาก

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
รวม					
4.4 การเข้าสู่เมนูต่าง ๆ มีความสะดวก รวดเร็ว	4	5	5	4.67	ดีมาก
4.5 การเชื่อมโยงข้อมูลมีความต่อเนื่อง และถูกต้อง	5	5	4	4.67	ดีมาก
4.6 ความน่าสนใจในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทดลองเสมือนกับผู้เรียนมีความเหมาะสม	5	5	5	5.00	ดีมาก
4.7 วิธีการโต้ตอบกับการทดลองเสมือน	5	5	4	4.67	ดีมาก
4.8 วิธีการรายงานคะแนนของแบบทดสอบมีความถูกต้อง และเหมาะสม	5	5	5	5.00	ดีมาก
เฉลี่ยรวม				4.64	ดีมาก

ตาราง 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

ด้านความรู้

1. จงอธิบายความหมายของคำต่อไปนี้ +1 +1 +1 3.00 1.00 เหมาะสม

1.1 Retardation factor

แนวการตอบคำถาม :

Retardation factor คือ ค่าที่แสดงถึงความสามารถในการเคลื่อนที่ของสาร ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่วัฏภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่}}$$

เกณฑ์การให้คะแนน :

- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบถูกต้องทั้งหมด
- ได้ 1 คะแนน เมื่อให้ความหมายถูกต้อง หรือเขียนสูตรถูกต้อง
- ได้ 0 คะแนน เมื่อให้ความหมายผิดหรือไม่ตอบคำถาม

1.2 Reversed phase chromatography

แนวการตอบคำถาม :

Reversed Phase Chromatography

คือ เทคนิคโครมาโทกราฟีที่ใช้วัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile Phase) เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูง ส่วนวัฏภาคคงที่มีขั้วต่ำกว่านั่นเอง

เกณฑ์การให้คะแนน :

- ได้ 1 คะแนน เมื่อให้ความหมายถูกต้อง
- ได้ 0 คะแนน เมื่อให้ความหมายผิดหรือไม่ตอบคำถาม

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
1.3 Solvent front						
แนวการตอบคำถาม :						
Solvent front คือ ตำแหน่งที่วัฏภาคเคลื่อนที่หยุดการเคลื่อนที่						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อให้ความหมายถูกต้อง						
- ได้ 0 คะแนน						
ด้านความรู้						
2. ในขั้นตอนของการสกัดตรงควัดจะมีการเติม $\text{anh.Na}_2\text{SO}_4$ ลงไปเพื่ออะไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
เพื่อดูดความชื้น						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบถูกต้อง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบผิดหรือไม่ตอบคำถาม						
ความเข้าใจ						
3. จงอธิบายหลักการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ คือ เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นเรียบ (Planar Chromatography) ที่ใช้สำหรับแยกสารผสมออกจากกัน โดยอาศัยหลักการกระจายตัว (Distribution) ที่แตกต่างกันของสารในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่ ซึ่ง						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
กลไกการแยกนี้จะเกิดขึ้นบนแผ่นกระดาษ						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน	เมื่ออธิบายหลักการถูกต้องทั้งหมด					
- ได้ 4 คะแนน	เมื่ออธิบายหลักการถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ พร้อมทั้งมีค่าสำคัญบางค่า ได้แก่ Planar Chromatography, Distribution, กลไกการแยกเกิดขึ้นบนแผ่นกระดาษ เป็นต้น					
- ได้ 3 คะแนน	เมื่ออธิบายหลักการถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่มีค่าสำคัญ					
- ได้ 2 คะแนน	เมื่ออธิบายหลักการถูกต้องบางส่วน พร้อมทั้งมีค่าสำคัญบางค่า ได้แก่ Planar Chromatography, Distribution, กลไกการแยกเกิดขึ้นบนแผ่นกระดาษ เป็นต้น					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่ออธิบายหลักการถูกต้องบางส่วน แต่ไม่มีค่าสำคัญ					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่ออธิบายหลักการผิดหรือไม่ตอบคำถาม					

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ความเข้าใจ						
4. ในการแยกสารตัวอย่างที่มีสภาพขั้วสูงด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ เช่น เบนโซฟีโนน จะต้องปรับอัตราส่วนของวัฏภาคเคลื่อนที่เป็นปิโตรเลียมอีเทอร์กับอะซิโตนจากอัตราส่วน 9 : 1 เป็นอย่างไรจึงจะช่วยให้เกิดการแยกสารได้เร็วขึ้น	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ในการแยกสารตัวอย่างที่มีสภาพขั้วสูงด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษให้สามารถเคลื่อนที่ได้ดีนั้นควรใช้วัฏภาคเคลื่อนที่ที่มีความเป็นขั้วสูง เพื่อให้สารตัวอย่างสามารถเคลื่อนที่ไปกับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดี ดังนั้น จึงควรปรับปริมาตรของอะซิโตนให้มากขึ้น เช่น ปรับอัตราส่วนของปิโตรเลียมอีเทอร์กับอะซิโตนจาก 9 : 1 เป็น 5 : 5 เป็นต้น						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 3 คะแนน เมื่อตอบถูกต้อง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม						
การนำไปใช้						
5. สารตัวอย่างประกอบด้วยสาร 2 ชนิด ถูกแยกออกจากกันด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ หลังจากทำการดีเวลลอป 1 ชั่วโมง ได้ solvent front เท่ากับ 10.3 ซม. สารตัวอย่าง A เคลื่อนที่ได้ 7.5 ซม. สาร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
ตัวอย่าง B เคลื่อนที่ได้ 2.3 ซม. จากจุดเริ่มต้น จงคำนวณหาค่า R_f พร้อมทั้งระบุว่าสารชนิด ใดเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด เพราะเหตุใด					
แนวการตอบคำถาม :					
ค่า R_f สามารถหาได้ ดังนี้					
$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่วัฏภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่}}$					
จะได้ สารตัวอย่าง A มีค่า					
$R_f = 7.5 \div 10.3 = 0.73$					
สารตัวอย่าง B มีค่า					
$R_f = 2.3 \div 10.3 = 0.22$					
ดังนั้น สารตัวอย่าง A เคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด เพราะมีค่า R_f มากกว่าสาร B					
เกณฑ์การให้คะแนน :					
- ได้ 4 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล ประกอบได้สมบูรณ์					
- ได้ 3 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล ประกอบได้เป็นส่วนใหญ่					
- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล ประกอบได้บางส่วน					
- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผล ประกอบได้					
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ คำถาม					

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การวิเคราะห์						
6. หากนิติตต้องการแยกรงควัตถุในใบ ผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อ กระดาษ แต่ปรากฏว่า ไม่สามารถหาใบผัก คะน้าได้ในขณะนั้น นิติตคิดว่าจะสามารถใช้ ผักชนิดอื่นได้หรือไม่ เพราะเหตุใด	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม : ได้ แต่ผักแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบของรงควัตถุที่แตกต่างกัน ดังนั้น หากใช้ผักชนิดอื่นแทนใบผักคะน้า ผลที่ได้จากการแยกรงควัตถุอาจจะแตกต่างไปจากเดิม</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ 3 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้ทั้งหมด - ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้บางส่วน - ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ - ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม 						
ความรู้						
7. ในการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง นิติตคิดว่าการวิเคราะห์เชิงคุณภาพกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณแตกต่าง	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ	1	2			
<p>กันอย่างไ</p> <p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เป็นการวิเคราะห์ที่ทำให้ทราบข่าวสารตัวอย่าง เป็นสารชนิดใด</p> <p>การวิเคราะห์เชิงปริมาณ เป็นการวิเคราะห์ที่ทำให้ทราบข่าวสารตัวอย่าง มีความเข้มข้นหรือมีปริมาณเท่าไร</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <p>- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง ทั้งหมด</p> <p>- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้เพียงข้อ เดียว</p> <p>- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ ตอบคำถาม</p> <p>ความรู้</p> <p>8. การเตรียมวัสดุภาคคงที่ สำหรับการแยก วัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบ เยื่อบางแบบ 2 มิติ ทำได้โดยวิธีการใด</p> <p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>วิธีการเตรียมวัสดุภาคคงที่ในระบบ Normal Phase มีขั้นตอน ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ทำความสะอาดแผ่นกระจกด้วยน้ำสะอาด แล้วเช็ดซ้ำด้วยอะซิโต 2. ผสมซิลิกาเจลกับน้ำ ในอัตราส่วน 1 : 2.5 คนให้เข้ากันจนสารละลายมีลักษณะเป็น ของเหลวคล้ายแป้งเปียก 						
	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

3. นำแผ่นกระจกมาจุ่มลงในซิลิกาเจลที่เตรียมไว้ในข้อ 2 แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 20 นาที
4. นำแผ่น TLC ออกมาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

เกณฑ์การให้คะแนน :

- ได้ 3 คะแนน เมื่ออธิบายขั้นตอนการเตรียมวัสดุภาคคงที่ได้ทั้งหมด
- ได้ 2 คะแนน เมื่ออธิบายขั้นตอนการเตรียมวัสดุภาคคงที่ได้ 2 ขั้นตอน
- ได้ 1 คะแนน เมื่ออธิบายขั้นตอนการเตรียมวัสดุภาคคงที่ได้ 1 ขั้นตอน
- ได้ 0 คะแนน เมื่ออธิบายขั้นตอนการเตรียมวัสดุภาคคงที่ผิดหรือไม่ตอบคำถาม

ความรู้

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|----|----|---|------|------|---------|
| 9. จงบอกสมบัติของค่า R_f มา 2 ข้อ | +1 | +1 | 0 | 2.00 | 0.67 | เหมาะสม |
|-------------------------------------|----|----|---|------|------|---------|

แนวการตอบคำถาม :

- ไม่มีหน่วย
- มีค่าไม่เกิน 1
- สามารถหาได้จากการทดลองเพียงเท่านั้น
- เป็นค่าเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด

เกณฑ์การให้คะแนน :

- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>อย่างน้อย 2 ข้อ</p> <p>- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้เพียงข้อเดียว</p> <p>- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม</p>						
<p>ความเข้าใจ</p> <p>10. เพราะเหตุใดจึงต้องใช้อะซิโตนเช็ดทำความสะอาดแผ่นกระจกที่จะนำมาใช้เป็นตัวค้ำจุน (Solid Support)</p> <p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>เพราะอะซิโตนมีคุณสมบัติช่วยชะล้างสิ่งสกปรกและคราบไขมันที่หลงเหลือจากการทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดออกได้หมด</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <p>- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด</p> <p>- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม</p>	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
<p>ความเข้าใจ</p> <p>11. การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางธรรมดา กับแบบ 2 มิติ (2D-TLC) แตกต่างกันอย่างไร</p> <p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีค่า R_f ใกล้เคียงกันมากและไม่สามารถแยกได้ในการแยกแบบธรรมดา ทำให้สามารถแยก</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>ออกจากกันได้และเพื่อให้การพิสูจน์ทำได้ดีขึ้น มีความถูกต้องมากขึ้น โดยยังคงหลักการเดียวกับโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางธรรมดา นั่นเอง</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด - ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน - ได้ 0 คะแนน เมื่อเมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม <p>การนำไปใช้</p>						
12. ลักษณะการเคลื่อนที่ของสารประกอบคีโตนและสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะเป็นอย่างไร เมื่อทำการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางในระบบ Normal Phase	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะเคลื่อนที่ได้ไวกว่าสารประกอบคีโตน เนื่องจากในระบบ Normal Phase สารที่มีขั้วต่ำจะเคลื่อนที่ไปกับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีกว่าสารที่มีขั้วสูง</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง - ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม 						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การนำไปใช้						
13. ในการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางในระบบ Normal Phase หากมีการเพิ่มความมีขั้วของวัฏภาคเคลื่อนที่ นิสิตคิดว่าความสามารถในการชะสารที่ไม่มีขั้วจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>เมื่อเพิ่มความมีขั้วของวัฏภาคเคลื่อนที่ จะทำให้ความสามารถในการชะสารที่ไม่มีขั้วลดลง เพราะสารที่ไม่มีขั้วจะละลายไปกับวัฏภาคเคลื่อนที่ที่มีขั้วเพิ่มขึ้นได้ลดลงนั่นเอง</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด - ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน - ได้ 0 คะแนน เมื่อเมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม 						
การวิเคราะห์						
14. สารตัวอย่างที่ไวต่อซิลิกา A มีค่า $R_f = 0.50$ เมื่อใช้วัฏภาคเคลื่อนที่เป็นที่เบนซินต่อเมทานอล อัตราส่วน 1 : 3 และเมื่อใช้สารตัวอย่างเดิม แต่เปลี่ยนเป็นซิลิกา B ปรากฏว่ามีค่า $R_f = 0.40$ จงแสดงว่าซิลิกาชนิดใดมีความไวต่อสารตัวอย่างมากกว่ากัน	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>ซิลิกาชนิด B เพราะในการแยกสาร</p>						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ตัวอย่างด้วยวัฏภาคเคลื่อนที่ระบบเดียวกัน พบว่า ค่า R_f ของสารตัวอย่างที่ใช้ซิลิกาชนิด B มีค่าน้อยกว่าซิลิกาชนิด A แสดงว่าซิลิกาชนิด B ดูซับสารตัวอย่างได้ดีกว่านั่นเอง						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม						
การวิเคราะห์						
15. จากข้อมูลพบว่า ความมีขั้วของสารจะสามารถเรียงจากน้อยไปมาก ได้ดังนี้ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน < สารประกอบอีเทอร์ < สารประกอบแอลกอฮอล์ < สารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก หากนิตินทำการแยกสารดังกล่าวด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางระบบ Reversed Phase นิตินคิดว่าสารชนิดใดจะมีค่า R_f มากที่สุด และสารชนิดใดจะมีค่า R_f น้อยที่สุด เพราะเหตุใด	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
สารที่มีค่า R_f มากที่สุด คือ สารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก เพราะกรดคาร์บอกซิลิกมีขั้วมากที่สุด ทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปกับวัฏภาคเคลื่อนที่ในระบบ Reversed Phase ซึ่งมีขั้วสูงได้ดี						
สารที่มีค่า R_f น้อยที่สุด คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพราะสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีขั้วต่ำที่สุด ทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปกับวัฏภาคเคลื่อนที่ในระบบ Reversed						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
Phase ซึ่งมีข้อสูงได้ไม่ดี						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องเพียง 1 ข้อ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้หรือตอบคำถามได้ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลประกอบได้						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม						
การวิเคราะห์						
16. จากข้อมูลในข้อ 9. จงเรียงลำดับค่า R_f ของสารจากน้อยไปมาก	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
สามารถเรียงลำดับค่า R_f ของสารจากน้อยไปมาก ได้ดังนี้						
สารประกอบไฮโดรคาร์บอน < สารประกอบอีเทอร์ < สารประกอบแอลกอฮอล์ < สารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อเรียงลำดับค่า R_f ของสารได้ถูกต้องทุกตำแหน่ง						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อเรียงลำดับค่า R_f ของสารได้ถูกต้องเพียง 1						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ตำแหน่ง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อเรียงลำดับค่า R_f ของสารผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบคำถาม						
ความรู้						
17. จงอธิบายหลักการแยกสารผสมด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส (Capillary Electrophoresis)	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
แคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส (Capillary Electrophoresis) คือ เทคนิคการแยกสารผสมที่อาศัยความแตกต่างในการเคลื่อนที่ของสารแต่ละชนิดภายใต้สนามไฟฟ้า โดยสารที่มีขนาดและจำนวนประจุต่างกัันจะมีความสามารถในการเคลื่อนที่ภายใต้สนามไฟฟ้าได้ไม่เท่ากัน ซึ่งจะพบว่า สารที่มีประจุสูงจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีประจุต่ำ และสารที่มีขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีขนาดใหญ่ จะเห็นได้ว่า แคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสเป็นวิธีการแยกสารที่ไม่ต้องมีวัฏภาคคงที่ เพราะไอออนของสารตัวอย่างจะเคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้า ทำให้ไม่มีกระบวนการแบ่งส่วนของสารตัวอย่างระหว่างวัฏภาคเคลื่อนที่และวัฏภาคคงที่เกิดขึ้น						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 3 คะแนน เมื่ออธิบายหลักการได้						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ถูกต้องทั้งหมด						
- ได้ 2 คะแนน เมื่ออธิบายหลักการได้						
ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่						
- ได้ 1 คะแนน เมื่ออธิบายหลักการได้						
ถูกต้องบางส่วน						
- ได้ 0 คะแนน เมื่ออธิบายขั้นตอนการ						
เตรียมวัสดุภาคคงที่ผิด						
หรือไม่ตอบคำถาม						
ความรู้						
18. จงยกตัวอย่างปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแคปิลลารี-อิเล็กโทรโฟรีซิส (อย่างน้อย 3 ข้อ)	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
1. บัฟเฟอร์หรือสารละลายอิเล็กโทรไลต์						
2. ความต่างศักย์						
3. ขนาดของแคปิลลารี						
4. ขั้วไฟฟ้า						
5. การฉีดสารตัวอย่าง						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง						
อย่างน้อย 3 ข้อ						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้อย่างน้อย						
2 ข้อ						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่						
ตอบคำถาม						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ความรู้						
19. เพราะเหตุใดจึงต้องนำสารผสมระหว่าง Silicone elastomer base และ Silicone elastomer curing agent ในอัตราส่วน 10 : 0.4 ไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่มีความเร็ว 3,200 รอบ/นาที นาน 3 นาที ก่อนเทลงในแม่พิมพ์	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม : เพื่อกำจัดฟองอากาศ</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน : - ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง - ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม</p>						
ความเข้าใจ						
20. ขนาดและความยาวของแคปิลลารีมีผลต่อประสิทธิภาพของการแยก สภาพไว (Sensitivity) และปริมาณสารตัวอย่างที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์อย่างไร จงอธิบาย	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม : ขนาดของแคปิลลารีมีผลต่อเวลาในการเคลื่อนที่ของสาร และประสิทธิภาพการแยก โดยแคปิลลารีที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กจะทำให้การแยกเกิดขึ้นได้ดี แต่สามารถฉีดสารตัวอย่างได้ปริมาณน้อย ส่งผลให้สภาพไว (Sensitivity) ลดลงในขณะที่ความยาวของแคปิลลารีจะส่งผลต่อเวลาในการวิเคราะห์ คือ แคปิลลารีที่ขนาดยาวจะใช้เวลาในการ</p>						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
วิเคราะห์น่านกว่าแคปิลลารีที่มีขนาดสั้น แต่ประสิทธิภาพของการแยกจะสูงกว่า						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม					
ความเข้าใจ						
21. ความต่างศักย์มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกอย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ความต่างศักย์มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกสาร โดยเมื่อเพิ่มความต่างศักย์สารจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น รวมทั้งทำให้เกิดการแพร่ของสารลดลง ใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้นลง แต่ถ้าความต่างศักย์สูงมากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อผู้ทดลองได้						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม					

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ความเข้าใจ						
22. เทคนิคอิเล็กทรอนิกส์กับเทคนิคโครมาโทกราฟีแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
แตกต่างกัน เพราะเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์จะใช้หลักการแยกโดยอาศัยประจุ แต่เทคนิคโครมาโทกราฟีจะแยกโดยใช้ขั้ว (Polarity) ของสารตัวอย่าง นอกจากนี้ในการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟียังเกิดกระบวนการแบ่งส่วนระหว่างวัฏภาคคงที่ และวัฏภาคเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม						
การนำไปใช้						
23. หากทำการสลับขั้วไฟฟ้าโดยเปลี่ยนจากการจุ่มขั้วแคโทดไว้ทางด้านขวามือเป็นทางซ้ายมือ และจุ่มขั้วแอโนดทางซ้ายมือเป็นทางขวามือแทน ผลที่ได้จากการแยกสารละลายผสมระหว่างสารละลายปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R) และสารละลายเมทิลีนบลู (Methylene Blue) จะแตกต่างจากเดิมหรือไม่ อย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
แนวการตอบคำถาม :						
<p>ไม่แตกต่างจากเดิม เนื่องการแยกสารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสจะใช้หลักการแยกโดยอาศัยประจุของสารละลาย ถึงแม้จะสลับขั้วจากขั้วเป็นขวา หรือขวาเป็นขั้วคุณสมบัติของสารก็ยังคงเดิม ทำให้สารละลายปองโซ 4 อาร์ ซึ่งมีประจุลบเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนด (ขั้วบวก) เหมือนเหมือนเดิม ส่วนสารละลายเมทิลีนบลู ซึ่งมีประจุบวกก็จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแคโทด (ขั้วลบ) เหมือนเดิมเช่นเดียวกัน</p>						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
<ul style="list-style-type: none"> - ได้ 3 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้สมบูรณ์ - ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้บางส่วน - ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง แต่ อธิบายเหตุผลประกอบไม่ได้ - ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม 						
การนำไปใช้						
24. เพราะเหตุใดในการสร้างแม่พิมพ์ (Mode) เพื่อใช้สำหรับนำไปสร้างอุปกรณ์อิเล็กโทรโฟรีซิสขนาดเล็ก จึงต้องบรรจุดินน้ำมันในหลอดพลาสติกให้เต็มทุกชั้น หากไม่	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>มีดินน้ำมันจะสามารถใช้สิ่งอื่นแทนได้หรือไม่</p> <p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>สามารถใช้สิ่งอื่นดินน้ำมันได้ เนื่องจากสาเหตุที่ต้องบรรจุดินน้ำมันในหลอดพลาสติกให้เต็มทุกชิ้นนั้นก็เพราะต้องการให้แม่พิมพ์ (Mode) หนักขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์ลอยเมื่อเทยางซิลิโคนลงไป ดังนั้นจึงสามารถใช้สิ่งอื่นอัดเข้าไปในหลอดพลาสติกแทนดินน้ำมันได้</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง - ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม <p>การวิเคราะห์</p>						
25. จากการทดลองสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับขั้วสายไฟขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสมพบว่า เมื่อทำการแยกสารตัวอย่างโดยกำหนดให้ใช้ความต่างศักย์ 50 โวลต์นั้นจะสามารถทำการแยกสารผสมออกจากกันได้ แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ความต่างศักย์ 10 โวลต์แทนจะไม่สามารถแยกสารผสมได้ จงอธิบายว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>เพราะความต่างศักย์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารในสนามไฟฟ้า ดังนั้นในการแยกสารผสมจึงจำเป็นจะต้องหาสภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการแยก ซึ่งจากการทดลองจะพบว่า ที่ความต่างศักย์ 50</p>						

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
โวลต์ สารผสมสามารถแยกออกจากกันได้ แต่เมื่อเปลี่ยนไปใช้ความต่างศักย์ 10 โวลต์ จะไม่สามารถแยกสารผสมออกจากกันได้ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อลดความต่างศักย์จาก 50 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ สารจะเคลื่อนที่ได้ช้าลง ระยะทางการเคลื่อนที่ก็จะน้อยลงตามไปด้วย ส่งผลให้สารแยกออกจากกันได้ง่ายขึ้นนั่นเอง						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 3 คะแนน	เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด					
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม					

ตาราง 15 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย การทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ความรู้						
1. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ อาศัยหลักการในการแยกสารแบบใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. การกระจายตัวที่แตกต่างกันของสารใน วัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่						
ข. การเกิดอันตรกิริยาที่เหมือนกันของสาร ในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่						
ค. การเกิดอันตรกิริยาที่เหมือนกันของ ไอออนในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่						
ง. การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่แตกต่างกันของสาร ในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่						
จ. การแพร่ผ่านเข้าไปในรูพรุนที่แตกต่างกัน ของสารใน วัฏภาคคงที่และวัฏภาค เคลื่อนที่						
คำตอบ ก						
ความรู้						
2. Retardation factor หมายถึงข้อใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. ความสามารถในการเคลื่อนที่ของตัวทำ ละลายและสาร						
ข. ความสามารถในการดูดซับสารของตัวทำ ละลาย						
ค. ความสามารถในการเคลื่อนที่ของตัวทำ ละลาย						
ง. ความสามารถในการเคลื่อนที่ของสาร						
จ. ความสามารถในการกระจายตัวของสาร						
คำตอบ ง						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ความรู้						
3. ภูมิภาคเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ผ่านภูมิภาค คงที่ด้วยแรงชนิดใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. แรงไฟฟ้า (Electrical force)						
ข. แรงแคพิลลารี (Capillary action)						
ค. แรงโน้มถ่วง (Gravitational force)						
ง. แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vanderwaal force)						
จ. แรงขับของภูมิภาคเคลื่อนที่ (Driving force)						
คำตอบ ข						
ความรู้						
4. ค่า R_f หาได้จากข้อใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ / ระยะทางที่ทำการหยุดสาร						
ข. ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ / ระยะทางที่ภูมิภาคคงที่เคลื่อนที่						
ค. ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ / ระยะทางที่ภูมิภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่						
ง. ระยะทางที่ทำการหยุดสาร / ระยะทางที่ภูมิภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่						
จ. ระยะทางที่ภูมิภาคคงที่เคลื่อนที่ / ระยะทางที่ภูมิภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่						
คำตอบ ค						
ความเข้าใจ						
5. การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ พบว่า น้ำภูมิภาคคงที่ซึ่งมีคุณสมบัติมีขั้วสูง ดังนั้น ภูมิภาคเคลื่อนที่ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในระบบนี้ควรมี	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
คุณสมบัติอย่างไร						
ก. มีคุณสมบัติความมีขั้วสูงกว่าน้ำ						
ข. มีคุณสมบัติความมีขั้วเท่ากับน้ำ						
ค. มีคุณสมบัติความมีขั้วต่ำกว่าน้ำ						
ง. มีคุณสมบัติเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น						
จ. มีคุณสมบัติความมีขั้วปานกลาง และสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำได้						
คำตอบ ค						
ความเข้าใจ						
6. วัฏภาคคงที่ (Stationary Phase) ในระบบ Normal Phase กับ Reversed Phase แตกต่างกันอย่างไรร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ ดูดซับสารที่มีขั้วได้ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี						
ข. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่มีขั้วได้ดี						
ค. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ ดูดซับสารที่มีขั้วได้ไม่ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี						
ง. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>ดูฉบับสารที่มีข้อได้ข้อเสีย</p> <p>จ. ระบบ Normal Phase วัตถุประสงค์ที่จะมีข้อได้ข้อเสีย ส่วนระบบ Reversed Phase วัตถุประสงค์ที่จะมีข้อเสีย ดูฉบับสารที่ไม่มีข้อได้ข้อเสีย</p> <p>คำตอบ จ</p> <p>ความเข้าใจ</p>						
7. ระบบ Reversed Phase ในเทคนิค PC มีลักษณะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<p>ก. วัตถุประสงค์และวัตถุประสงค์อื่นที่มีคุณสมบัติของความมีข้อได้ข้อเสียสูง</p> <p>ข. วัตถุประสงค์และวัตถุประสงค์อื่นที่มีคุณสมบัติของความมีข้อได้ข้อเสียต่ำ</p> <p>ค. วัตถุประสงค์ที่มีคุณสมบัติของความมีข้อได้ข้อเสียเท่ากับวัตถุประสงค์อื่น</p> <p>ง. วัตถุประสงค์ที่มีคุณสมบัติของความมีข้อได้ข้อเสียสูง วัตถุประสงค์อื่นที่มีข้อได้ข้อเสียต่ำ</p> <p>จ. วัตถุประสงค์ที่มีคุณสมบัติของความมีข้อได้ข้อเสียต่ำ วัตถุประสงค์อื่นที่มีข้อได้ข้อเสียสูง</p> <p>คำตอบ จ</p> <p>ความเข้าใจ</p>						
8. ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของวัตถุประสงค์อื่นที่สามารถชำระได้เร็วขึ้น ควรทำอย่างไร (เมื่อใช้กระดาษเคลือบยางลาเท็กซ์เป็นวัตถุประสงค์)	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<p>ก. เพิ่มอัตราส่วนของน้ำ</p> <p>ข. ลดอัตราส่วนของสารตัวอย่าง</p> <p>ค. เพิ่มความมีข้อได้ข้อเสียของวัตถุประสงค์อื่น</p>						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ง. เพิ่มความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์						
จ. ลดความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์						
คำตอบ ง						
ความเข้าใจ						
9. การแยกสารด้วยเทคนิค PC ระบบ Normal Phase สารที่มีค่า R_f ต่ำมีลักษณะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. สารที่มีสภาพขั้วต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
ข. สารที่มีสภาพขั้วสูง ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
ค. สารที่มีสภาพขั้วต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่ช้า						
ง. สารที่มีสภาพขั้วสูง ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่ช้า						
จ. สารที่มีสภาพขั้วต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
คำตอบ ง						
ความเข้าใจ						
10. การแยกสารด้วยเทคนิค PC ระบบ Reversed Phase สารที่มีค่า R_f สูงมีลักษณะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. สารที่มีสภาพขั้วสูง ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่ช้า						
ข. สารที่มีสภาพขั้วต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
ค. สารที่มีสภาพขั้วต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่ช้า						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ง. สารที่มีสภาพขั้วสูง ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
จ. สารที่มีสภาพขั้วต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
คำตอบ ง						
การนำไปใช้						
11. ถ้าวัดความมีขั้วของวัฏภาคเคลื่อนที่ระบบ Reversed Phase จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารตามข้อใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. สารที่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะมากขึ้น						
ข. สารที่มีขั้วเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ค่า R_f จะน้อยลง						
ค. สารที่ไม่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะมากขึ้น						
ง. สารที่ไม่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะน้อยลง						
จ. สารที่ไม่มีขั้วเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ค่า R_f จะมากขึ้น						
คำตอบ จ						
การนำไปใช้						
12. สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ประกอบไปด้วยสาร 3 ชนิด เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษผ่านไป 30 นาที พบว่า สารชนิดที่ 1 สามารถเคลื่อนที่ได้ 1.2 ซม. สารชนิดที่ 2 สามารถเคลื่อนที่ได้ 2.3 ซม. และสารชนิดที่ 3 สามารถเคลื่อนที่ได้ 3.0 ซม. นิสิตคิดว่าสาร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ชนิดใดกระจายตัวในภูมิภาคเคลื่อนที่ได้มากที่สุด ตามลำดับ						
ก. สารชนิดที่ 1 > สารชนิดที่ 2 > สารชนิดที่ 3						
ข. สารชนิดที่ 2 > สารชนิดที่ 1 > สารชนิดที่ 3						
ค. สารชนิดที่ 3 > สารชนิดที่ 1 > สารชนิดที่ 2						
ง. สารชนิดที่ 3 > สารชนิดที่ 2 > สารชนิดที่ 1						
จ. สารชนิดที่ 2 > สารชนิดที่ 3 > สารชนิดที่ 1						
คำตอบ ง						
การวิเคราะห์						
13. ถ้าสารตัวอย่างที่ต้องการแยกมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายได้เท่ากัน และถูกดูดซับได้เท่ากัน ทำให้ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ นิสิตจะแก้ปัญหาอย่างไรเมื่อจำเป็นจะต้องแยกสารดังกล่าวด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. เปลี่ยนสภาวะที่ใช้ในการแยกใหม่						
ข. เปลี่ยนไปใช้เครื่องมือชุดใหม่						
ค. เปลี่ยนความเข้มข้นของสาร						
ง. เปลี่ยนผู้วิเคราะห์						
จ. เปลี่ยนอุณหภูมิ						
คำตอบ ก						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การนำไปใช้						
14. ถ้าเปลี่ยนวิภูภาคคกที่เป็นสารที่ไม่มีขั้ว ส่วนวิภูภาคเคลื่อนที่มีขั้วสูง รงควัตถุชนิดใดที่ได้จากใบผักบั้งจะเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด และน้อยที่สุดตามลำดับ	0	+1	+1	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. Chlorophyll a, Carotene						
ข. Chlorophyll b, Carotene						
ค. Chlorophyll b, Xanthophyll						
ง. Chlorophyll b, Chlorophyll a						
จ. Carotene, Chlorophyll b						
คำตอบ ข						
การวิเคราะห์						
15. จากการทดลองแยกรงควัตถุในห้องปฏิบัติการโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ พบว่า รงควัตถุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะตัว ทำให้สามารถแยกออกเป็นแถบสีที่แตกต่างกัน การยืนยันว่าแถบสีดังกล่าวเป็นสารชนิดใดต้องพิจารณาจากหลายๆ ข้อมูลยกเว้นข้อใด	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. สี						
ข. ค่า R_f						
ค. ขนาดของแถบสี						
ง. ระยะทางของการเคลื่อนที่						
จ. ใช้ระบบการทดลองเดียวกัน						
คำตอบ ค						
การนำไปใช้						
16. ถ้าต้องการทราบว่ารงควัตถุที่แยกได้จากสารตัวอย่างเป็นคลอโรฟิลล์ เอ จริงหรือไม่	0	+1	+1	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>นิสิตควรปฏิบัติเช่นไรจึงจะถูกต้งที่สุด</p> <p>ก. สังเกตจากสีที่ได้จากการแยก สีเดียวกัน แสดงว่าเป็นสารเดียวกัน</p> <p>ข. เปรียบเทียบค่า R_f ที่ได้กับสารมาตรฐาน คลอโรฟิลล์ เอ</p> <p>ค. พิจารณาจากระยะทางการเคลื่อนที่ของ ตัวทำละลาย</p> <p>ง. ทดลองแยกสารตัวอย่างซ้ำ โดยใช้หลาย ๆ สภาวะ</p> <p>จ. ทดลองแยกสารตัวอย่างคู่กับสาร มาตรฐานคลอโรฟิลล์ เอ ในสภาวะการ แยกเดียวกัน</p> <p>คำตอบ จ</p> <p>ความเข้าใจ</p> <p>17. คลอโรฟิลล์เมื่ออยู่ในสภาวะเบสจะเกิด การเปลี่ยนแปลงอย่างไร</p> <p>ก. ไฮโดรเจนจะเข้าแทนที่แมกนีเซียม อะตอมและไฟทอลเรซิดิวถูกไฮโดรไลส์</p> <p>ข. ไฮโดรเจนจะเข้าแทนที่แมกนีเซียม อะตอมในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์</p> <p>ค. แมกนีเซียมอะตอมจะเข้าแทนที่ ไฮโดรเจนในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์</p> <p>ง. ไฟทอลเรซิดิวจะถูกไฮโดรไลส์ได้โมเลกุล คลอโรฟิลไลด์</p> <p>จ. ไฟทอลเรซิดิวและแมกนีเซียมอะตอมจะ ถูกไฮโดรไลส์</p> <p>คำตอบ ง</p>						
	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การนำไปใช้						
18. ในการทดลองแยกรงควัตถุ ในระบบที่มี วัฏภาคคงที่เป็นน้ำ ถ้าปรับสภาวะของวัฏ ภาคเคลื่อนที่ของปิโตรเลียมอีเทอร์กับอะซิ- โตนจากอัตราส่วน 9 : 1 เป็น 7 : 3 โดย ปริมาตร ข้อความใดกล่าวถูกต้อง	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. Carotene จะมีค่า R_f ลดลง						
ข. Xanthophyll จะมีค่า R_f ลดลง						
ค. Chlorophyll a จะมีค่า R_f ลดลง						
ง. Carotene จะเคลื่อนที่ในวัฏภาคเคลื่อนที่ ได้ช้าลง						
จ. Chlorophyll b จะเคลื่อนที่ในวัฏภาค เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น						
คำตอบ จ						
การวิเคราะห์						
19. ถ้าแยกรงควัตถุจากใบคะน้าด้วยเทคนิค PC โดยใช้วัฏภาคคงที่เช่นเดียวกับการ ทดลองแต่เปลี่ยนวัฏภาคเคลื่อนที่เป็นสาร ชนิดอื่น ค่า R_f ของรงควัตถุแต่ละชนิดเป็น อย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. ค่า R_f ของคลอโรฟิลล์จะเหมือนเดิม						
ข. ค่า R_f ของรงควัตถุชนิดแต่ละชนิดจะเท่า กัน						
ค. ค่า R_f ของรงควัตถุแต่ละชนิดจะเปลี่ยน ไป						
ง. ค่า R_f ของรงควัตถุแต่ละชนิดจะเหมือน เดิมยกเว้นแคโรทีน						
จ. ค่า R_f ของรงควัตถุชนิดอื่นจะเปลี่ยนไป						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ยกเว้นคลอโรฟิลล์						
คำตอบ ค						
การวิเคราะห์						
20. จากคำตอบในข้อ 19 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. เพราะค่า R_f เป็นค่าเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิดที่ตัวทำละลายชนิดหนึ่ง ๆ						
ข. เพราะค่า R_f เป็นค่าคงที่ของสารแต่ละชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลง						
ค. เพราะพีซีซีเขียวจะพบคลอโรฟิลล์เหมือนกันทุกชนิด						
ง. เพราะค่า R_f ของคลอโรฟิลล์จะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง						
จ. เพราะแยกรงควัตถุจากใบคะน้าเหมือนกัน						
คำตอบ ก						
ความรู้						
21. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ (2D-TLC) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้แยกสารตัวอย่างที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ <u>ยกเว้น</u> ข้อใด	0	+1	-1	1.00	0.33	ไม่เหมาะสม
ก. สารที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า						
ข. สารที่มีค่า Retardation factor ใกล้เคียงกันมาก						
ค. สารมีสี แต่ไม่สามารถแยกด้วยเทคนิค 1D-TLC แบบปกติได้						
ง. สารที่มีความสามารถในการละลายในวัฏภาคเคลื่อนที่ได้เท่ากัน						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
จ. สารที่มีความสามารถในการดูดซับบน วัฏภาคคงที่ไม่แตกต่างกัน						
คำตอบ ก						
ความรู้						
22. กลไกการแยกสารด้วยเทคนิค TLC เป็น แบบใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. แบบ Adsorption โดยสารแต่ละชนิดจะ ถูกดูดซับได้แตกต่างกันบนวัฏภาคคงที่						
ข. แบบ Partition โดยสารแต่ละชนิดจะ กระจายตัวในวัฏภาคคงที่และวัฏภาค เคลื่อนที่แตกต่างกัน						
ค. แบบ Adsorption โดยสารแต่ละชนิดมี ความสามารถในการแพร่ผ่านเข้าไปในรู พรุนแตกต่างกัน						
ง. แบบ Partition โดยสารแต่ละชนิดมีความ สามารถในการแพร่ผ่านเข้าไปในรูพรุน ของวัฏภาคคงที่แตกต่างกัน						
จ. แบบ Adsorption โดยสารแต่ละชนิดจะถูก ดูดซับได้แตกต่างกันบนวัฏภาคเคลื่อน ที่						
คำตอบ ก						
ความรู้						
23. ข้อใดกล่าวถึงค่า R_f ผิด	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. ไม่มีหน่วย						
ข. มีค่าไม่เกิน 1						
ค. เป็นค่าเฉพาะของสารแต่ละชนิด						
ง. สามารถหาได้จากการทดลองเท่านั้น						
จ. แตกต่างกันไม่เกิน 0.5 แสดงว่าสารไม่เกิด						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การแยก						
คำตอบ จ						
ความเข้าใจ						
24. ข้อใดกล่าวถึงเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ ได้ถูกต้อง	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. การแยกสารโดยใช้วัฏภาคเคลื่อนที่ 2 ชนิด						
ข. ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัฏภาคเคลื่อนที่ในมิติที่ 1 และ 2 จะตั้งฉากกัน						
ค. วัฏภาคเคลื่อนที่ในมิติที่ 1 จะเคลื่อนจากด้านบนสู่ด้านล่าง สำหรับวัฏภาคเคลื่อนที่ในมิติที่ 2 จะเคลื่อนจากด้านล่างสู่ด้านบน						
ง. ข้อ ก และ ข ถูก						
จ. ข้อ ก และ ค ถูก						
คำตอบ ง						
ความรู้						
25. ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อค่า R_f ของสาร	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
1. ชนิดของวัฏภาคคงที่						
2. อุณหภูมิขณะทำการทดลอง						
3. การอิมมิดเวียไอของวัฏภาคเคลื่อนที่						
4. ขนาดของวัฏภาคคงที่						
5. ชนิดของตัวค้ำจุน						
6. ปริมาณของวัฏภาคเคลื่อนที่						
ก. 1, 3 และ 5						
ข. 1, 4 และ 5						
ค. 1, 2, 3 และ 4						
ง. 2, 4, 5 และ 6						
จ. 3, 4, 5 และ 6						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
คำตอบ ค						
ความเข้าใจ						
26. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 1 มิติ และ 2 มิติ มีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. แตกต่าง เพราะโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ เป็นเทคนิคการแยกที่ใช้สำหรับแยกสารตัวอย่างที่มีค่า R_f ใกล้เคียงกันและไม่สามารถแยกได้ด้วยการแยกแบบ 1 มิติ						
ข. แตกต่าง เพราะในการแยกสารที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นนั้น เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 1 มิติจะสามารถแยกสารได้ แต่โครมาโทกราฟีแบบเยื่อ 2 มิติ จะไม่สามารถแยกสารได้						
ค. แตกต่าง เพราะโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 1 มิติ จะใช้ระบบการแยกเพียงระบบเดียว แต่โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางจะต้องใช้ระบบการแยกตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไป						
ง. ไม่แตกต่าง เพราะโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 1 มิติ และ 2 มิติ มีขั้นตอนการทดลองที่เหมือนกัน						
จ. ไม่แตกต่าง เพราะโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 1 มิติ และ 2 มิติ ใช้กลไกการแยกแบบแบ่งส่วน						

คำตอบ ก

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ความเข้าใจ						
27. ข้อใดกล่าวถึงหลักการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษกับโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางได้ถูกต้องที่สุด	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. ประสิทธิภาพของการแยกสารตัวอย่างขึ้นอยู่กับวัฏภาคเคลื่อนที่						
ข. โครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษสามารถแยกสารมีสีได้ดีกว่าโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง						
ค. ใช้หลักการแยกสารโดยอาศัยหลักการกระจายตัวที่แตกต่างกันระหว่างวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่						
ง. วัฏภาคคงที่ของโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษมีความเป็นขั้วต่ำ ส่วนโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางมีความเป็นขั้วสูง						
จ. โครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษมีกลไกการแยกแบบ Adsorption ส่วนโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางมีกลไกการแยกแบบ Partition						
คำตอบ ค						
การวิเคราะห์						
28. ค่า R_f ของสารมาตรฐานและสารตัวอย่างที่ได้มาจากการทดลองที่มีสภาวะแตกต่างกันสามารถนำมาเทียบกันได้หรือไม่ เพราะเหตุใด	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. ได้ เพราะค่า R_f เป็นค่าคงที่ของสารแต่ละชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลง						
ข. ได้ เพราะทำการทดลองโดยใช้วัฏภาค						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
คองทีและวัฏภาคเคลื่อนที่เหมือนกัน						
ค. ไม่ได้ เพราะค่า R_f เป็นค่าเฉพาะตัวของสารที่สภาวะการทดลองหนึ่ง ๆ						
ง. ข้อ ก และ ข ถูก						
จ. ไม่มีข้อใดถูก						
คำตอบ ค						
การนำไปใช้						
29. ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างหากจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนอย่างรุนแรง นิสิตควรเลือกใช้เทคนิคใดในการวิเคราะห์	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง						
ข. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ						
ค. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง						
ง. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแก๊ส						
จ. เทคนิคอิเล็กโทรโฟเรซิส						
คำตอบ ค						
การนำไปใช้						
30. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของวัฏภาคเคลื่อนที่ระบบ Normal Phase จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารตามข้อใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. สารที่ไม่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะมากขึ้น						
ข. สารที่ไม่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะน้อยลง						
ค. สารที่มีขั้วเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ค่า R_f จะน้อยลง						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ง. สารที่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะมากขึ้น						
จ. สารที่มีขั้วเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ค่า R_f จะมากขึ้น						
คำตอบ จ						
การวิเคราะห์						
31. ในกรณีที่ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางระบบ Normal Phase โดยใช้น้ำกับเมทานอล อัตราส่วน 80 : 20 เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ในการแยก อยากทราบว่าสารชนิดใดที่ละลายในวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีที่สุด	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$						
ข. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-NH}_2$						
ค. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$						
ง. $\text{CH}_3\text{-CN}$						
จ. ข้อมูลไม่เพียงพอ						
คำตอบ ข						
ความรู้						
32. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ ที่นิสิตทำในห้องปฏิบัติการใช้การแยกระบบใดและวัฏภาคคงที่คือสารชนิดใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. Normal Phase, อะลูมินา						
ข. Normal Phase, ซิลิกาเจล						
ค. Normal Phase, ผงซอล์ค						
ง. Reversed Phase, C8						
จ. Reversed Phase, C18						
คำตอบ ข						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

การวิเคราะห์

33. จากข้อมูลในตาราง จงระบุว่าสารชนิดใดเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด พร้อมทั้งคำนวณหาค่า

Retardation factor ของสารดังกล่าว

สารที่ได้จากการแยก	ระยะทางที่วัฏภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่ (cm.)	ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ (cm.)
กรดเบนโซอิก	9.00	5.82
กรดซาลิไซลิก	7.00	5.60
กรดเบนโซฟีโนน	11.00	8.15
กรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก	12.00	8.66

ก. กรดซาลิไซลิกมีค่า $R_f = 0.52$

ข. กรดเบนโซฟีโนนมีค่า $R_f = 0.92$

ค. กรดเบนโซอิกมีค่า $R_f = 0.65$

ง. กรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก มีค่า $R_f = 0.72$

จ. กรดซาลิไซลิกมีค่า $R_f = 0.80$

คำตอบ จ

การวิเคราะห์

34. จากการทดลองแยกสารในมิติที่ 1 ที่ทำในห้องปฏิบัติการให้ผลการทดลองเป็นอย่างไร

ก. สามารถแยกเบนฟีโนนออกจากสารผสมได้

ข. สามารถแยกกรดเบนโซอิกออกจากกรดซาลิไซลิกได้

ค. ไม่สามารถแยกเบนโซฟีโนนออกจากกรดซาลิไซลิกได้

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ง. ไม่สามารถแยกกรดเบนโซอิกออกจาก เบนโซฟีโนนได้						
จ. แยกสารทั้ง 3 ชนิด ออกจากกันได้						
คำตอบ ก						
ความรู้						
35. วิธีการตรวจวัดสารที่แยกออกมาได้ใน การทดลองนี้คือวิธีใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. การตรวจวัดด้วยสายตาโดยตรง						
ข. การตรวจวัดด้วยการนำไปส่องคลื่นแสง ยูวีและฟันทัวซาร์เคมี						
ค. การฉีดฟันทัวซาร์เคมีให้สารเกิดอนุพันธ์ที่ เหมาะสม						
ง. การตรวจวัดด้วยการนำไปส่องคลื่นแสง ฟลูออเรสเซนซ์						
จ. การตรวจวัดโดยการใช้อนุพันธ์ทางเคมี ให้เกิดสารประกอบชนิดใหม่ที่เกิดขึ้น						
คำตอบ ข						
การนำไปใช้						
36. ถ้าแยกสารผสมระหว่าง Ethanamide กับ Acetophenone ด้วยเทคนิค TLC ระบบ Normal Phase ข้อใดกล่าวผลการทดลองได้ ถูกต้อง	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. Acetophenone มีค่า R_f สูงกว่า Ethanamide เพราะมีสภาพขั้วต่ำกว่า						
ข. Acetophenone มีค่า R_f สูงกว่า Ethanamide เพราะมีขนาดโมเลกุลเล็ก กว่า						
ค. Ethanamide มีค่า R_f สูงกว่า						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
Acetophenone เพราะมีสภาพขั้วสูงกว่า						
ง. Ethanamide มีค่า R_f สูงกว่า Acetophenone เพราะถูกดูดซับใน วัฏภาคคงที่ได้น้อย						
จ. Ethanamide มีค่า R_f สูงกว่า Acetophenone เพราะเกิดการกระจายใน วัฏภาคเคลื่อนที่ได้น้อย						
คำตอบ ก ความเข้าใจ						
37. ชนิดของวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่ ในข้อใดเป็นระบบ Reversed Phase	0	+1	+1	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. วัฏภาคคงที่คือ C18 วัฏภาคเคลื่อนที่ คือ CHCl ₃ : Hexane						
ข. วัฏภาคคงที่คือ C18 วัฏภาคเคลื่อนที่คือ H ₂ O : Acetronitrile						
ค. วัฏภาคคงที่คือ ซิลิกาเจล วัฏภาคเคลื่อน ที่คือ CHCl ₃ : Hexane						
ง. วัฏภาคคงที่คือ ซิลิกาเจล วัฏภาคเคลื่อน ที่คือ H ₂ O : Acetronitrile						
จ. ข้อ ค และ ง ถูก						
คำตอบ ข ความเข้าใจ						
38. การแยกสารด้วยเทคนิค TLC ระบบ Normal Phase สารที่มีค่า R_f สูงมีลักษณะ เป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. สารที่มีสภาพขั้วสูงจะกระจายตัวใน วัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่ช้า						
ข. สารที่มีสภาพขั้วสูงจะกระจายตัวใน						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ภูมิภาคเคลื่อนที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
ค. สารที่มีสภาพขี้ต่ำจะกระจายตัวใน ภูมิภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่ช้า						
ง. สารที่มีสภาพขี้ต่ำจะกระจายตัวใน ภูมิภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
จ. สารที่มีสภาพขี้ต่ำจะกระจายตัวใน ภูมิภาคเคลื่อนที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว						
คำตอบ จ						
การวิเคราะห์						
39. ในการทดลองเบนโซฟีโนนมีค่า R_f สูง ถ้า ต้องการให้เบนโซฟีโนนเคลื่อนที่ช้าลงจะต้อง ทำการทดลองตามข้อใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. ใช้ภูมิภาคคงที่และภูมิภาคเคลื่อนที่ที่มีขี้ สูงขึ้นมากๆ						
ข. ใช้ภูมิภาคคงที่และภูมิภาคเคลื่อนที่ที่มีขี้ ต่ำลงมากๆ						
ค. ใช้ภูมิภาคคงที่เหมือนเดิมแต่เปลี่ยน ภูมิภาคเคลื่อนที่ให้มีขี้สูงขึ้น						
ง. ใช้ภูมิภาคคงที่เหมือนเดิมแต่เปลี่ยน ภูมิภาคเคลื่อนที่ให้มีขี้ต่ำลง						
จ. ใช้ภูมิภาคคงที่ที่มีขี้สูงขึ้นและเปลี่ยน ภูมิภาคเคลื่อนที่ให้มีขี้ต่ำลง						
คำตอบ ค						
การนำไปใช้						
40. ในการทดลองถ้าเปลี่ยนภูมิภาคคงที่เป็น C18 และเปลี่ยนภูมิภาคเคลื่อนที่ให้มีขี้สูงขึ้น กรดเบนโซอิกและเบนโซฟีโนนจะเคลื่อนที่ เป็นอย่างไร	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ก. เบนโซฟีโนนจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น						
ข. กรดเบนโซอิกจะไม่เคลื่อนที่						
ค. กรดเบนโซอิกจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าเบน- โซฟีโนน						
ง. กรดเบนโซอิกจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าเบน- โซฟีโนน						
จ. กรดเบนโซฟีโนนจะไม่เคลื่อนที่						
คำตอบ ค						
ความเข้าใจ						
41. เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสมีหลัก- การแยกสารตามข้อใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. ความสามารถในการแพร่ผ่านเข้าไปใน รูพรุนที่แตกต่างกันของสารแต่ละชนิด						
ข. การเกิดอันตรกิริยาที่ต่างกันของไอออน ในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่						
ค. การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ต่างกันของ สารแต่ละชนิดภายใต้สนามไฟฟ้า						
ง. ความแตกต่างในการกระจายตัวของสาร แต่ละชนิดภายใต้สนามไฟฟ้า						
จ. ความแตกต่างในการเคลื่อนที่ของสารแต่ละ ชนิดภายใต้สนามไฟฟ้า						
คำตอบ จ						
ความรู้						
42. ลักษณะการเคลื่อนที่ภายใต้สนามไฟฟ้า ของไอออนที่มีประจุต่างกันและขนาดไม่เท่า กันในตัวกลางชนิดหนึ่งเมื่อทำการแยกสาร ด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสจะเป็น อย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ก. สารประจุบวขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนดได้เร็วกว่าสารประจุบวขนาดเล็ก						
ข. สารประจุบวขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแคโทดได้เร็วกว่าสารประจุบวขนาดเล็ก						
ค. สารประจุบขนาดเล็กจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนดได้เร็วกว่าสารประจุบขนาดใหญ่						
ง. สารประจุบขนาดเล็กจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแคโทดได้เร็วกว่าสารประจุบขนาดใหญ่						
จ. สารประจุบขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนดได้เร็วกว่าสารประจุบขนาดเล็ก						
คำตอบ ค						
ความเข้าใจ						
43. ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสารภายใต้สนามไฟฟ้า	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. สารที่มีประจุสูงจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีประจุน้อย						
ข. สารที่มีสภาพขั้วต่ำจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าสารที่มีขั้วสูง						
ค. สารที่มีประจุน้อยจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีประจุสูง						
ง. สารที่มีขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีขนาดเล็ก						
จ. สารที่มีขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ได้เท่ากับสาร						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ที่มีขนาดใหญ่						
คำตอบ ก						
ความรู้						
44. สารที่มีประจุเกิดการเคลื่อนที่ภายใต้สนามไฟฟ้าด้วยแรงอะไร	0	+1	+1	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. แรงไฟฟ้า (Electrical force)						
ข. แรงเสียดทาน (Frictional force)						
ค. แรงแคพิลลารี (Capillary action)						
ง. แรงโน้มถ่วง (Gravitational force)						
จ. แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vanderwaal force)						
คำตอบ ก						
ความรู้						
45. ในการแยกสารละลายปองโซ 4 อาร์ (M.W. 604.48 g/mol) และสารละลายเมทิลีนบลู (M.W. 319.85 g/mol) ที่ความต่างศักย์ 50 โวลต์ อยากรทราบว่าสารละลายชนิดใดเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า เพราะเหตุใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. สารละลายปองโซ 4 อาร์ เพราะมีมวลโมเลกุลมากกว่า						
ข. สารละลายเมทิลีนบลู เพราะมีมวลโมเลกุลน้อยกว่า						
ค. สารละลายปองโซ 4 อาร์ เพราะมีประจุมากกว่า						
ง. สารละลายเมทิลีนบลู เพราะมีประจุน้อยกว่า						
จ. ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.						
คำตอบ ข						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ความเข้าใจ						
46. เทคนิคอิเล็กทรอนิกส์แตกต่างจากเทคนิคโครมาโทกราฟีอย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. เทคนิคอิเล็กทรอนิกส์จะแยกโดยใช้ความมีขั้ว ส่วนเทคนิคโครมาโทกราฟีจะใช้ประจุ						
ข. เทคนิคอิเล็กทรอนิกส์จะแยกโดยใช้ประจุ ส่วนเทคนิคโครมาโทกราฟีจะใช้ความมีขั้ว						
ค. เทคนิคอิเล็กทรอนิกส์เป็นเทคนิคการแยกที่ใช้วิเคราะห์เชิงคุณภาพ แต่เทคนิคโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์เชิงปริมาณ						
ง. เทคนิคอิเล็กทรอนิกส์จะอาศัยความแตกต่างในการเคลื่อนที่ภายใต้สนามไฟฟ้าของสารแต่ละชนิด ส่วนเทคนิคโครมาโทกราฟีจะอาศัยความแตกต่างระหว่างประจุ						
จ. เทคนิคอิเล็กทรอนิกส์จะอาศัยความแตกต่างระหว่างตัวกลางค้ำจุนกับบัฟเฟอร์ ส่วนเทคนิคโครมาโทกราฟีจะอาศัยความแตกต่างระหว่างวัฏภาคคงที่กับวัฏภาคเคลื่อนที่						
คำตอบ ข						
ความเข้าใจ						
47. ปัจจัยใดบ้างที่ <u>ไม่</u> ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กทรอนิกส์	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ก. มวลโมเลกุลของสารตัวอย่าง						
ข. สารละลายอิเล็กโทรไลต์						
ค. ขนาดของแคปิลลารี						
ง. ความต่างศักย์						
จ. ชนิดของขั้วไฟฟ้า						
คำตอบ จ						
ความเข้าใจ						
48. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการแยกสารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. สารจะเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อมีแรงเสียดทานเกิดขึ้น						
ข. ความแรงของสนามไฟฟ้าจะไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสาร						
ค. การเคลื่อนที่ของสารจะไม่เกี่ยวข้องกับความต้านทานการเคลื่อนที่ของไอออน						
ง. สารจะเคลื่อนที่ด้วยแรงไฟฟ้าและจะมีแรงต้านการเคลื่อนที่ของไอออนเกิดขึ้น						
จ. เมื่อความแรงของสนามไฟฟ้าคงที่ แรงไฟฟ้าและแรงเสียดทานจะมีค่าแปรผกผันกัน						
คำตอบ ง						
ความเข้าใจ						
49. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ในเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสที่ค่า pH ต่างกัน	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. ค่า pH ต่างกันจะไม่มีผลต่อรัศมีของสาร						
ข. ค่า pH ต่างกันจะไม่มีผลต่อผลรวมของประจุ						

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ค. ค่า pH ต่างกันจะทำให้สารมีความเข้มข้นไม่เท่ากัน						
ง. ค่า pH ต่างกันจะทำให้สารแตกตัวให้ประจุได้ไม่เท่ากัน						
จ. ค่า pH ต่างกันจะทำให้สารแตกตัวให้ประจุได้เท่ากัน						
คำตอบ ง						
การวิเคราะห์						
50. การเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะมีผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ภายใต้สนามไฟฟ้าตามข้อใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. การเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจะทำให้สารเคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าได้เร็วขึ้น						
ข. การลดหรือเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจะไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสาร						
ค. การเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจะทำให้การแพร่ของสารเพิ่มมากขึ้น						
ง. การลดความต่างศักย์ไฟฟ้าจะทำให้สารแตกตัวให้ประจุน้อยลง						
จ. การเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจะทำให้สารแตกตัวให้ประจุมากขึ้น						
คำตอบ ก						
การนำไปใช้						
51. ถ้านิสิตต้องการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกสารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส นิสิตควรเลือกใช้แคปิลลารีขนาดเส้นประมาณ 20 – 50 เซนติเมตร เพราะเหตุใด	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล	
	ผู้เชี่ยวชาญ						
	1	2	3				
ก. เพื่อลดอัตราการแพร่							
ข. เพื่อลดอุณหภูมิของระบบ							
ค. เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่เร็ว							
ง. เพื่อเพิ่มสภาพไว (Sensitivity) ในการวิเคราะห์							
จ. เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ให้สูงขึ้น							
คำตอบ ค							
การนำไปใช้							
52. ความต่างศักย์ (Voltage) ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแยกสารอย่างไร เมื่อมีการเพิ่มความต่างศักย์จาก 10 โวลต์ เป็น 50 โวลต์	ส่งผลต่อ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. สารจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น							
ข. สารจะเคลื่อนที่ได้ช้าลง							
ค. การแพร่ของสารเพิ่มขึ้น							
ง. ใช้เวลาในการวิเคราะห์นานขึ้น							
จ. ต้องใช้ปริมาณสารตัวอย่างเพิ่มขึ้น							
คำตอบ ก							
การวิเคราะห์							
53. จากการทดลองสารละลายเมทิลีนบลูจะมีประจุอะไร และเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าชนิดใด เพราะเหตุใด		+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. ขั้วแคโทด เพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจุเป็นลบจึงเคลื่อนเข้าหาขั้วบวก							
ข. ขั้วแคโทด เพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจุเป็นบวกจึงเคลื่อนเข้าหาขั้วลบ							
ค. ขั้วแอโนด เพราะสารละลายเมทิลีนบลูมี							

ตาราง 15 (ต่อ)

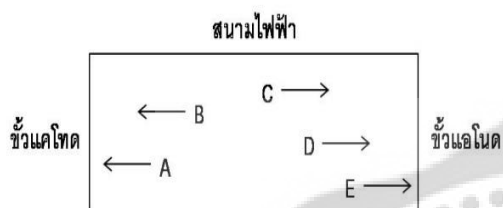
รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>ประจําเป็นลบจึงเคลื่อนเข้าหาขั้วบวก</p> <p>ง. ขั้วแอโนด เพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจําเป็นบวกจึงเคลื่อนเข้าหาขั้วลบ</p> <p>จ. ไม่เคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าเพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจําเป็นกลาง</p> <p>คำตอบ ข</p> <p>การนำไปใช้</p> <p>54. สารผสมประกอบด้วยสาร A และ B มีประจําเป็น +2 และสาร A มีขนาดเล็กกว่าสาร B จะสามารถแยกด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสได้หรือไม่ เพราะเหตุใด</p> <p>ก. แยกไม่ได้ เพราะสาร A และ B เป็นสารที่มีขนาดไม่เท่ากัน</p> <p>ข. แยกไม่ได้ เพราะสาร A และ B เป็นสารที่มีประจําเป็นบวกเหมือนกัน</p> <p>ค. แยกได้ เพราะสาร A มีขนาดเล็กกว่าสาร B</p> <p>ง. แยกได้ เพราะสาร A และ B เป็นสารที่มีประจําเป็น +2 เหมือนกัน</p> <p>จ. แยกได้ เพราะสาร A และ B เป็นสารที่มีประจําเป็นบวกและมีขนาดไม่เท่ากัน</p> <p>คำตอบ จ</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

จากรูปที่กำหนดให้จงตอบคำถามในข้อ

55-56



การนำไปใช้

55. จากรูป กำหนดให้สาร C และ D มีจำนวนประจุเท่ากัน ดังนั้นสาร D จะมีลักษณะตรงตามข้อใด

- ก. สารที่มีประจุเป็นลบและมีขนาดเล็กกว่าสาร C
- ข. สารที่มีประจุเป็นบวกและมีขนาดใหญ่กว่าสาร C
- ค. สารจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน
- ง. สารที่มีประจุเป็นบวกและเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน
- จ. ไม่มีข้อใดถูก

คำตอบ ก

การนำไปใช้

56. จากรูปข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. สาร A และ B คือสารที่มีประจุเป็นลบ
- ข. สาร C, D และ E คือสารที่มีประจุเป็นบวก
- ค. ถ้าสาร C และ D มีจำนวนประจุเท่ากัน

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ดังนั้น สาร D จึงมีขนาดใหญ่กว่า						
ง. ถ้าสาร A และ B มีขนาดเท่ากัน ดังนั้น สาร B จึงเป็นสารที่มีจำนวนประจุสูงกว่า						
จ. ถ้าสาร D และ E มีขนาดเท่ากัน ดังนั้น สาร E จึงเป็นสารที่มีจำนวนประจุสูงกว่า						
คำตอบ จ						
การวิเคราะห์						
57. การแยกและวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส ข้อใดกล่าวถูกต้อง	0	+1	+1	2.00	0.67	เหมาะสม
ก. สารที่มีประจุต่ำและมีขนาดเล็ก น้ำหนักน้อยจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีประจุสูงขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก						
ข. สารที่มีประจุต่ำและมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีประจุสูงขนาดเล็กและน้ำหนักน้อย						
ค. สารที่มีประจุสูงและมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีประจุต่ำขนาดเล็กและน้ำหนักน้อย						
ง. สารที่มีประจุสูงและมีขนาดเล็ก น้ำหนักน้อยจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีประจุต่ำขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก						
จ. สารที่มีประจุสูงและมีขนาดใหญ่ น้ำหนักน้อยจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าสารที่มีประจุต่ำขนาดเล็กและน้ำหนักมาก						
คำตอบ ง						
การวิเคราะห์						
58. จากผลการทดลองแยกสารผสมด้วยอุปกรณ์อิเล็กโทรโฟรีซิสขนาดเล็ก พบว่า	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ลักษณะการเคลื่อนที่ของสารละลายปองโซ 4 อาร์ จะเป็นดังนี้						
เวลา (นาที)	ระยะทางการเคลื่อนที่ของสาร (ซม.)					
	ขั้วแคโทด	ขั้วแอโนด				
5	1.0	0.6				
10	2.1	1.0				
15	3.6	1.4				
<p>เพราะเหตุใดสารละลายปองโซ 4 อาร์ จึงมีการเคลื่อนที่เข้าหาทั้งขั้วแอโนดและแคโทด</p> <p>ก. ความเข้มข้นของสนามไฟฟ้า</p> <p>ข. เกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุ</p> <p>ค. เกิดแรงเสียดทาน</p> <p>ง. เกิดการแพร่</p> <p>จ. แรงไฟฟ้า</p> <p>คำตอบ ง</p> <p>การวิเคราะห์</p> <p>59. ข้อใดส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารภายใต้สนามไฟฟ้าข้อใดส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารภายใต้สนามไฟฟ้า</p> <p>ก. การเพิ่มปริมาตรของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้</p> <p>ข. การเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจาก 10 โวลต์ เป็น 40 โวลต์</p> <p>ค. การเปลี่ยนชนิดของขั้วไฟฟ้าจากแกรไฟต์ เป็นแพลตทินัม</p> <p>ง. การควบคุมให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่</p>						
	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ตลอดการทดลอง						
จ. การสลับสายไฟสีแดงให้เป็นขั้วแคโทด และสายไฟสีดำให้เป็นขั้วแอโนด						
คำตอบ ข						
การวิเคราะห์						
60. ทำไมจึงสามารถแยกสารละลายปองโซ 4 อาร์ และสารละลายเมทิลีนบลูในตัวอย่างสารผสมด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสได้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
ก. เป็นสารที่มีขั้วสูงและขั้วต่ำ						
ข. เป็นสารที่มีประจุและขนาดที่แตกต่างกัน						
ค. เป็นสารที่มีสีและค่าการละลายที่แตกต่างกัน						
ง. เป็นสารที่มีฤทธิ์ความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน						
จ. เป็นสารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ขั้วไฟฟ้าแตกต่างกัน						
คำตอบ ข						

ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

การกำหนดและควบคุมตัวแปร

1. ในการทดลองแยกรงควัตถุในใบผักคะน้า ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ พบว่า ผลการแยกรงควัตถุโดยใช้ระบบการแยกสารที่มีวัฏภาคเคลื่อนที่เป็นปิโตรเลียมอีเทอร์กับอะซีโตน อัตราส่วน 9 : 1 และวัฏภาคคงที่ คือ น้ำบนกระดาษโครมาโทกราฟี จะให้ผลการแยก ดังตาราง

ชนิดของ รงควัตถุ	ระยะทางในการ เคลื่อนที่ (ซม.)		R_f
	วัฏภาค- เคลื่อนที่	แถบ รงควัตถุ	
Carotene	7.00	6.79	0.97
Xanthophylls		3.57	0.51
Chlorophyll A		1.68	0.24
Chlorophyll B		7.00	1.00

จากผลการทดลองจะระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการทดลองนี้

แนวการตอบคำถาม :

ตัวแปรต้น : ระบบการแยกสาร

ตัวแปรตาม : ค่า R_f

เกณฑ์การให้คะแนน :

- ได้ 2 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด
- ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามของการทดลองได้

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ถูกต้อง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรผิดทั้งหมด หรือไม่ตอบคำถาม						
การกำหนดและควบคุมตัวแปร						
2. ในการทดลองแยกรงควัตถุในใบผักคะน้า ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ เมื่อผู้ทดลองได้ทำการเปลี่ยนอัตราส่วน ของวัฏภาคเคลื่อนที่จากปิโตรเลียมอีเทอร์ กับอะซิโตน อัตราส่วน 9 : 1 เป็น 7 : 3 ปรากฏว่า แอปลัสที่ได้มีลักษณะแตกต่างไป จากเดิม โดยแอปลัสเหลืองหายไป จากข้อมูล ดังกล่าวจงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของ การทดลองนี้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ตัวแปรต้น : อัตราส่วนของวัฏภาคเคลื่อนที่						
ตัวแปรตาม : ลักษณะของแอปลัสที่ได้จาก การแยก						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรต้นและตัว แปรตามของการทดลองได้ ถูกต้องทั้งหมด						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรต้นหรือตัว แปรตามของการทดลองได้ ถูกต้อง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรผิดทั้งหมด หรือไม่ตอบคำถาม						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การกำหนดและควบคุมตัวแปร						
3. จากสมมติฐานการทดลองที่ว่า “สภาพขั้วของสารตัวอย่างจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาทางการเคลื่อนที่ของสาร” จงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของสมมติฐานข้อนี้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>ตัวแปรต้น : สภาพขั้วของสารตัวอย่าง</p> <p>ตัวแปรตาม : ระยะเวลาทางการเคลื่อนที่ของสาร</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <p>- ได้ 2 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด</p> <p>- ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามของการทดลองได้ถูกต้อง</p> <p>- ได้ 0 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบคำถาม</p>						
การทดลอง						
4. ในการทดลองแยกรงควัตถุจากใบผักคะน้า หากนินสิดไม่ได้เติม $\text{anh.Na}_2\text{SO}_4$ นินสิดคิดว่าจะมีผลต่อการทดลองหรือไม่ เพราะเหตุใด	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
<p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>มีผล เพราะ $\text{anh.Na}_2\text{SO}_4$ จะช่วยดูดน้ำออกจากสารสกัดที่ได้จากใบผักคะน้า ดังนั้นหากไม่ได้เติม $\text{anh.Na}_2\text{SO}_4$ ลงไปจะทำให้น้ำที่มีสภาพขั้วสูงดูดจับรงควัตถุไว้บางส่วนและ</p>						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>สารสกัดที่ได้จะมีความเข้มข้นต่ำ เมื่อนำไปแยกจะส่งผลให้แถบสีของรังควัตถุที่ได้ไม่คมชัด</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ 5 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องทั้งหมด และมีการสรุปผล - ได้ 4 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และมีการสรุปผล - ได้ 3 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องเป็นบางส่วน และมีการสรุปผล - ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องเป็นบางส่วน แต่ไม่มีการสรุปผล - ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ - ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม 						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การทดลอง						
5. ถ้าแถบสีที่ได้จากการทดลองแยกรงควัตถุจากไบโกลสนไม่คมชัด นิสิตจะแก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
วิธีการแก้ปัญหาแถบสีไม่คมชัดสามารถทำได้ ดังนี้						
1. นำสารสกัดที่ได้ไประเหยอะซิโตนทิ้งไว้ในตู้ดูดควันก่อนที่จะนำมาทำการ Spot ลงบนแผ่นกระดาษโครมาโทกราฟี เพื่อช่วยเพิ่มความเข้มข้น						
2. ในการ Spot นั้น ควรจะทำการ Spot ซ้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อให้จุดที่ทำการ Spot มีสีเข้มเพียงพอ ก่อนนำไปตีเวลลอป						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน เมื่อระบุวิธีการแก้ปัญหาแถบสีไม่คมชัดได้ครบทั้ง 2 วิธี พร้อมทั้งสามารถอธิบายวิธีการทำได้อย่างละเอียด						
- ได้ 4 คะแนน เมื่อระบุวิธีการแก้ปัญหาแถบสีไม่คมชัดได้ครบทั้ง 2 วิธี แต่ไม่ได้อธิบายวิธีการทำอย่างละเอียด						
- ได้ 3 คะแนน เมื่อระบุวิธีการแก้ปัญหาแถบสีไม่คมชัดได้ครบทั้ง 2 วิธี แต่ไม่ได้อธิบายวิธีการทำ						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อระบุวิธีการแก้ปัญหา แถบสีไม่คมชัดได้เพียง 1 วิธี พร้อมทั้งสามารถอธิบาย วิธีการทำได้อย่างละเอียด					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อระบุวิธีการแก้ปัญหา แถบสีไม่คมชัดได้เพียง 1 วิธี แต่ไม่ได้อธิบายวิธีการ ทำ					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่ออธิบายวิธีการแก้ปัญหา แถบสีไม่คมชัดผิดหรือไม่ ตอบคำถาม					
การทดลอง						
6. จงบอกขั้นตอนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการ เตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ โดยกำหนดให้ระบบ ของวัสดุภาคเคลื่อนที่ คือ คลอโรฟอร์ม : อะซิ โตน อัตราส่วน 7 : 3 ปริมาตร 15 ml โดย ปริมาตร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<u>แนวการตอบคำถาม :</u>						
วิธีการเตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ระหว่าง คลอโรฟอร์มกับอะซิโตน ในอัตราส่วน 7 : 3 ปริมาตร 15 ml คือ						
1. ใช้กระบอกตวงขนาด 25 ml ตวง คลอโรฟอร์มปริมาตร 10.5 ml แล้วเทใส่ บีกเกอร์ขนาด 50 ml						
2. ใช้กระบอกตวงขนาด 25 ml ตวงอะซิโตน ปริมาตร 4.5 ml แล้วเทใส่บีกเกอร์เดียว กัน ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน						
(หมายเหตุ : สามารถใช้กระบอกตวงและบีก						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ	1	2			
เกอร์ที่มีขนาดอื่นได้ตามความเหมาะสม)						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน	เมื่ออธิบายวิธีการเตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ได้ครบทั้ง 2 ขั้นตอน พร้อมทั้งสามารถระบุชนิดและขนาดของอุปกรณ์ รวมทั้งปริมาณของสารที่แน่นอนได้					
- ได้ 4 คะแนน	เมื่ออธิบายวิธีการเตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ได้ครบทั้ง 2 ขั้นตอน พร้อมทั้งสามารถระบุชนิดของอุปกรณ์ และปริมาณของสารที่แน่นอนได้					
- ได้ 3 คะแนน	เมื่ออธิบายวิธีการเตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ได้เพียง 1 ขั้นตอน พร้อมทั้งสามารถระบุชนิดและขนาดของอุปกรณ์ รวมทั้งปริมาณของสารที่แน่นอนได้- ได้ 2 คะแนน เมื่ออธิบายวิธีการเตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ได้เพียง 1 ขั้นตอน พร้อมทั้งสามารถระบุชนิดของอุปกรณ์ และปริมาณของสารที่แน่นอนได้					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่ออธิบายวิธีการเตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ได้เพียง 1					

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

ขั้นตอน พร้อมทั้งสามารถระบุชนิดหรือขนาดของอุปกรณ์ หรือปริมาตรของสารที่แน่นอนได้

- ได้ 0 คะแนน เมื่ออธิบายวิธีการเตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ผิดหรือไม่ตอบคำถาม

จงใช้ข้อมูลจากตารางตอบคำถามข้อ 7 – 11

จากการทดลองแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ โดยใช้วัสดุภาคเคลื่อนที่เป็นปิโตรเลียมอีเทอร์กับอะซิโตน อัตราส่วน 9 : 1 ปรากฏว่า ผลการทดลองเป็นไปดังตารางที่แสดง

ชนิดของรงควัตถุ	สีของรงควัตถุ	ระยะทางในการเคลื่อนที่ (ซม.)		R _f
		วัสดุภาคเคลื่อนที่	แถบรงควัตถุ	
Carotene	yellow orange	9.00	8.10	0.90
Xanthophylls	yellow	9.00	5.58	0.62
Chlorophyll A	bright green	9.00	2.79	0.31
Chlorophyll B	olive or yellow green	9.00	1.80	0.20
สารตัวอย่าง	-	9.00	2.82	-

การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

7. จงสรุปผลการทดลองจากข้อมูลที่แสดง +1 +1 +1 3.00 1.00 เหมาะสม

แนวการตอบคำถาม :

จากผลการทดลองแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ พบว่า รงควัตถุทั้ง 4 ชนิดมีความสามารถในการเคลื่อนที่แตกต่างกัน โดยสามารถเรียงลำดับความสามารถในการ

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
เคลื่อนที่และค่า R_f ของรงควัตถุจากมากไปน้อยได้ ดังนี้ Carotene > Xanthophylls > Chlorophyll A > Chlorophyll B ตามลำดับ						
นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะทางการเคลื่อนที่และค่า R_f ของสารตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกับ Chlorophyll A คือ สารตัวอย่างมีค่า R_f เท่ากับ 0.31 ทำให้สามารถระบุได้ว่าสารตัวอย่างดังกล่าว คือ Chlorophyll A นั่นเอง						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด พร้อมทั้งมีการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่และค่า R_f ของสารตัวอย่าง						
- ได้ 4 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ พร้อมทั้งมีการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่และค่า R_f ของสารตัวอย่าง						
- ได้ 3 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่และค่า R_f ของสารตัวอย่าง						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องเป็นบางส่วน พร้อม						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ทั้งมีการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่และค่า R_f ของสารตัวอย่าง						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องเป็นบางส่วน แต่ไม่ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่และค่า R_f ของสารตัวอย่าง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองผิดหรือไม่ตอบคำถาม						
การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป						
8. จากข้อมูลในตารางจงเรียงลำดับตามสภาพขั้วจากน้อยไปมาก	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
สามารถเรียงลำดับตามสภาพขั้วจากน้อยไปมากได้ ดังนี้ Carotene < Xanthophylls < Chlorophyll A < Chlorophyll B						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน เมื่อเรียงลำดับตามสภาพขั้วถูกต้องทั้งหมด						
- ได้ 4 คะแนน เมื่อเรียงลำดับตามสภาพขั้วผิดไป 1 ตำแหน่ง						
- ได้ 3 คะแนน เมื่อเรียงลำดับตามสภาพขั้วผิดไป 2 ตำแหน่ง						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อเรียงลำดับตามสภาพขั้ว						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>ผิดไป 3 ตำแหน่ง</p> <p>- ได้ 1 คะแนน เมื่อเรียงลำดับสภาพชั่วสลับจากน้อยไปมากเป็นมากไปน้อย</p> <p>- ได้ 0 คะแนน เมื่อเรียงลำดับตามสภาพชั่วผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบคำถาม</p> <p>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p> <p>9. สารตัวอย่างควรเป็นรงควัตถุชนิดใด</p> <p>แนวการตอบคำถาม : Chlorophyll A</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <p>- ได้ 4 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกต้อง</p> <p>- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม</p> <p>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p> <p>10. จากข้อมูลจงอธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่า R_f กับสภาพชั่วของรงควัตถุชนิดต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร</p> <p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>ค่า R_f กับสภาพชั่วของรงควัตถุชนิดต่างๆ มีความสัมพันธ์กัน โดยในระบบการแยกที่มีวัฏภาคคงที่เป็นน้ำบนกระดาษ และมีวัฏภาคเคลื่อนที่มีสภาพชั่วต่ำ สารที่มีระยะทางการเคลื่อนที่ได้มากกว่าจะสามารถละลายไปกับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีและเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้น้อย ทำให้มีค่า</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
<p>R_f มาก สภาพขั้วต่ำ ส่วนสารที่มีระยะทางการเคลื่อนที่ได้น้อยกว่า จะมีค่า R_f น้อย และสภาพขั้วสูง</p> <p>ดังนั้น จึงสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่า R_f กับสภาพขั้วของรงควัตถุชนิดต่างๆ ได้ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - สารที่มีค่า R_f มาก จะมีสภาพขั้วต่ำ เพราะสามารถละลายไปกับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดี - สารที่มีค่า R_f น้อย จะมีสภาพขั้วสูง เพราะสามารถละลายไปกับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ไม่ดี <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ 5 คะแนน เมื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่า R_f กับสภาพขั้วของรงควัตถุชนิดต่างๆ ได้ถูกต้องทั้งหมด พร้อมทั้งมีเหตุผลประกอบ - ได้ 4 คะแนน เมื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่า R_f กับสภาพขั้วของรงควัตถุชนิดต่างๆ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ พร้อมทั้งมีเหตุผลประกอบ - ได้ 3 คะแนน เมื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่า R_f กับสภาพขั้วของรงควัตถุชนิดต่างๆ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ 					

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
- ได้ 2 คะแนน	เมื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่า R_f กับสภาพขั้วของรงควัตถุชนิดต่างๆ ได้ถูกต้องเป็นบางส่วน พร้อมทั้งมีเหตุผลประกอบ					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่า R_f กับสภาพขั้วของรงควัตถุชนิดต่างๆ ได้บางส่วน แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม					
การกำหนดและควบคุมตัวแปร						
11. หากต้องการทดลองแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ พบว่า “ความเรียบของแผ่น TLC มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสาร” จงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการทดลองนี้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
<u>แนวการตอบคำถาม :</u>						
ตัวแปรต้น : ความเรียบของแผ่น TLC						
ตัวแปรตาม : การเคลื่อนที่ของสาร						
<u>เกณฑ์การให้คะแนน :</u>						
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อระบุตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามของการทดลองได้ถูกต้อง					

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
- ใต้ 0 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรผิดทั้งหมด หรือไม่ตอบคำถาม						
การกำหนดและควบคุมตัวแปร						
12. ในการเตรียมวัสดุภาคคงที่ด้วยซิลิกาใน เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ พบว่า เมื่อนำแผ่น TLC ออกจากตู้อบ ซิลิกา หลุดออกจากแผ่นกระจกแสดงว่าการยึด ระหว่างตัวดูดซับกับตัวค้ำจุนไม่ดี นิสิตคิดว่ ในการเตรียมวัสดุภาคคงที่ ต้องมีการควบคุมสิ่ง ใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ตัวแปรควบคุม : อัตราส่วนผลสมระหว่าง ซิลิกากับ น้ำกลั่นที่ใช้ เตรียมแผ่น TLC						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ใต้ 2 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมของ การทดลองได้ถูกต้อง						
- ใต้ 0 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมผิด หรือไม่ตอบคำถาม						
การกำหนดและควบคุมตัวแปร						
13. ในการแยกสารตัวอย่างด้วยเทคนิคโคร- มาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ นั้น ตัวแปรที่ผู้ ทดลองควรควบคุมให้เหมือนกัน คือ ตัวแปร ใดบ้าง	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ตัวแปรควบคุม :						
- ชนิดของวัสดุภาคเคลื่อนที่และวัสดุภาคคงที่						
- ความหนาของวัสดุภาคคงที่						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
- ความเรียบของวัสดุภาคคองที่						
- อุณหภูมิ						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 4 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมของ การทดลองได้ถูกต้อง ทั้งหมด						
- ได้ 3 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมของ การทดลองได้ถูกต้อง 3 ข้อ						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมของ การทดลองได้ถูกต้อง 2 ข้อ						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมของ การทดลองได้ถูกต้อง 1 ข้อ						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมผิด หรือไม่ตอบคำถาม						
การทดลอง						
14. หากนิสิตต้องการวิเคราะห์สารตัวอย่าง ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง แต่ ในขณะที่จะทำการทดลอง พบว่า ในห้อง ปฏิบัติการไม่มีเครื่องโคัดแผ่น TLC นิสิตจะ เตรียมแผ่น TLC ด้วยวิธีใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
วิธีการเคลือบแบบจุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนการ เตรียม ดังนี้						
1. ทำความสะอาดแผ่นกระจกด้วยน้ำสะอาด และเช็ดให้แห้งด้วยอะซิโตน						
2. เตรียมสารละลายผสมระหว่างซิลิกาเจล กับน้ำกลั่น แล้วคนด้วยแท่งแก้วจนสาร ละลายมีลักษณะเป็นของเหลวข้นคล้าย						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
แบ่งแยก						
3. นำแผ่นกระจกมาประกบกัน แล้วจุ่มลงในสารละลายผสมระหว่างซิลิกาเจล						
4. นำไปอบในตู้อบด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน	เมื่อตอบคำถามถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการเตรียมแผ่น TLC ได้ครบทั้ง 4 ขั้นตอน					
- ได้ 4 คะแนน	เมื่อตอบคำถามถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการเตรียมแผ่น TLC ได้ครบทั้ง 3 ขั้นตอน					
- ได้ 3 คะแนน	เมื่อตอบคำถามถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการเตรียมแผ่น TLC ได้ครบทั้ง 2 ขั้นตอน					
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อตอบคำถามถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการเตรียมแผ่น TLC ได้ครบทั้ง 1 ขั้นตอน					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อตอบคำถามถูกต้อง แต่อธิบายขั้นตอนการเตรียมแผ่น TLC ไม่ได้					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม					

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การทดลอง						
15. นิสิตจงออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนของวัฏภาคเคลื่อนที่ว่ามีผลต่อค่า R_f ในเทคนิคโครมาโทกราฟีหรือไม่	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
สำหรับการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนของวัฏภาคเคลื่อนที่ว่ามีผลต่อค่า R_f นั้น มีขั้นตอน ดังนี้						
1. เตรียมแผ่น TLC โดยการนำแผ่นกระจกที่ผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วมาจุ่มลงในสารละลายซิลิกาเจลที่มีลักษณะเป็นของเหลวชั้นคล้ายแป้งเปียก ก่อนนำไปอบในตู้อบ						
2. ทำการ Spot สารชนิดเดียวกันลงบนแผ่น TLC						
3. เตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ ตั้งแต่ 2 ระบบขึ้นไป เช่น เตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ระหว่างคลอโรฟอร์มกับอะซิโตน ในอัตราส่วน 90 : 10 กับ 50 : 50 หรือ ระบบที่ 2 แรงกว่าระบบที่ 1 เป็นต้น						
4. นำแผ่น TLC ที่ผ่านการ Spot ไปจุ่มลงในวัฏภาคเคลื่อนที่แต่ละระบบ						
5. วัดระยะทางการเคลื่อนที่และคำนวณหาค่า R_f ของสาร แล้วเปรียบเทียบค่า R_f ของสารที่ได้จากการแยกทั้ง 2 ระบบ						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน เมื่อออกแบบการทดลองได้ครบทุกขั้นตอน พร้อมทั้งมี						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การยกตัวอย่างระบบของวิ ภาคเคลื่อนที่ที่ใช้สำหรับ แยกสาร						
- ได้ 4 คะแนน	เมื่อออกแบบการทดลอง ได้ 4 ขั้นตอน พร้อมทั้งมี การยกตัวอย่างระบบของ วิภาคเคลื่อนที่ที่ใช้สำหรับ แยกสาร					
- ได้ 3 คะแนน	เมื่อออกแบบการทดลองได้ 3 ขั้นตอน พร้อมทั้งมีการยก ตัวอย่างระบบของวิภาค เคลื่อนที่ที่ใช้สำหรับแยกสาร					
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อออกแบบการทดลองได้ 2 ขั้นตอน พร้อมทั้งมีการยก ตัวอย่างระบบของวิภาค เคลื่อนที่ที่ใช้สำหรับแยกสาร					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อออกแบบการทดลองได้ 1 ขั้นตอน พร้อมทั้งมีการยก ตัวอย่างระบบของวิภาค เคลื่อนที่ที่ใช้สำหรับแยกสาร					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อออกแบบการทดลองไม่ ได้หรือไม่ตอบคำถาม					
การทดลอง						
16. ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่จำเป็นต้อง ใช้ตัวทำละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนอย่างรุนแรง นั้น นิสิตจะต้องเลือกใช้เทคนิคโครมาโทกรา- ฟีแบบใดสำหรับการวิเคราะห์ในครั้งนี้ เพราะ เหตุใด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

แนวการตอบคำถาม :

เทคนิค HPLC หรือ เทคนิคโครมาโท-กราฟีแบบเยื่อบาง เพราะข้อดีของทั้ง 2 เทคนิคนี้คือ สามารถใช้ได้กับตัวทำละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงได้

เกณฑ์การให้คะแนน :

- ได้ 3 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องพร้อมทั้งมีเหตุผลประกอบอย่างสมบูรณ์
- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องพร้อมทั้งมีเหตุผลประกอบบางส่วน
- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้องแต่ไม่มีเหตุผลประกอบ
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม

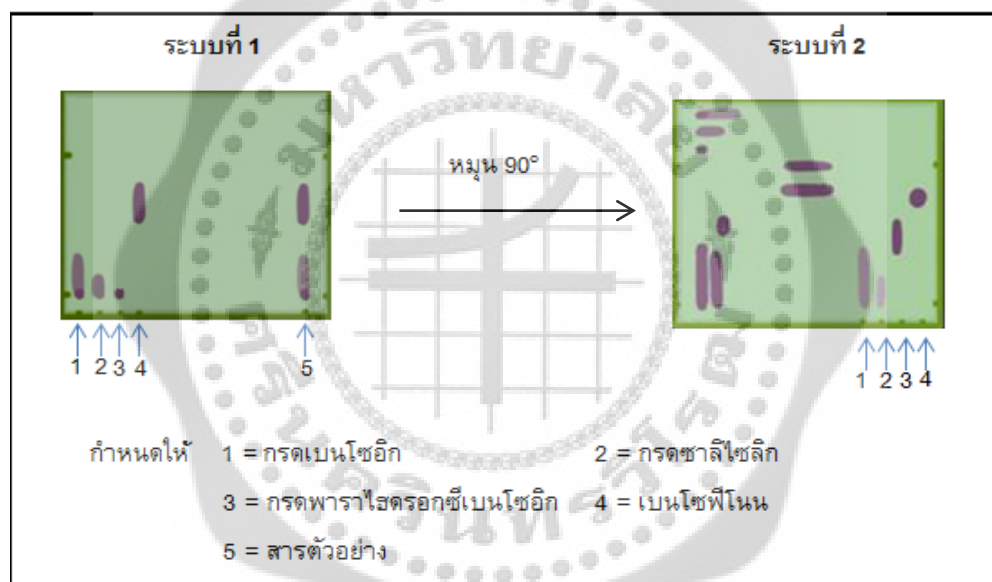
ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 17 – 19

จากการทดลองแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ ลักษณะการแยกของวัตถุกันเสียแต่ละชนิดบนแผ่น TLC จะมีลักษณะดังแสดง

- ภูมิภาคเคลื่อนที่ระบบที่ 1 คือ คลอโรฟอร์มกับเฮกเซน อัตราส่วน 7.5 : 2.5
- ภูมิภาคเคลื่อนที่ระบบที่ 2 คือ คลอโรฟอร์มกับอะซิโตน อัตราส่วน 9 : 1



การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

17. จากข้อมูล จงอธิบายว่าวัตถุกันเสียแต่ละชนิดมีคุณสมบัติอย่างไร

แนวการตอบคำถาม :

จากผลการทดลอง พบว่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของสารทั้ง 4 ชนิดจะแตกต่างกัน โดยจะสามารถเรียงระยะทางการเคลื่อนที่ของสารจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ กรดเบนโซอิก > กรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก > กรดเบนโซอิก > กรดซาลิไซลิก ตามลำดับ

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
<p>ซึ่งในการทดลองนี้ภูมิภาคเคลื่อนที่มีคุณสมบัติมีขั้วต่ำ ดังนั้น สารที่มีระยะทางการเคลื่อนที่ได้มากกว่าจะมีคุณสมบัติมีขั้วต่ำ ส่วนสารที่มีระยะทางการเคลื่อนที่น้อยกว่าจะมีคุณสมบัติมีขั้วสูง</p>					
<p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p>					
<p>- ได้ 5 คะแนน เมื่ออธิบายคุณสมบัติของวัสดุกันเสียด้านละชนิดได้ถูกต้องทั้งหมด พร้อมทั้งมีการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่กับสภาพขั้วของสาร</p>					
<p>- ได้ 4 คะแนน เมื่ออธิบายคุณสมบัติของวัสดุกันเสียด้านละชนิดได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ พร้อมทั้งมีการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่กับสภาพขั้วของสาร</p>					
<p>- ได้ 3 คะแนน เมื่ออธิบายคุณสมบัติของวัสดุกันเสียด้านละชนิดได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่มีการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่กับสภาพขั้วของสาร</p>					
<p>- ได้ 2 คะแนน เมื่ออธิบายคุณสมบัติของ</p>					

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>วัตถุประสงค์เสียแต่ละชนิดได้ ถูกต้องเป็นบางส่วน พร้อม ทั้งมีการอธิบายถึงความ สัมพันธ์ระหว่างระยะทาง การเคลื่อนที่กับสภาพชั่ว ของสาร</p> <p>- ได้ 1 คะแนน เมื่ออธิบายคุณสมบัติของ วัตถุประสงค์เสียแต่ละชนิดได้ ถูกต้องเป็นบางส่วน แต่ไม่มี การอธิบายถึงความสัมพันธ์ ระหว่างระยะทางการเคลื่อน ที่กับสภาพชั่วของสาร</p> <p>- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ ตอบคำถาม</p> <p>การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป</p>						
<p>18. จากข้อมูลข้างต้น จงเรียงลำดับของสาร ตามความสามารถในการดูดซับกับภูมิภาค คงที่จากมากไปน้อย และจงอธิบายว่าเพราะ เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น</p> <p>แนวการตอบคำถาม :</p> <p>จากผลการทดลองจะสามารถเรียงลำดับ ความสามารถในการดูดซับกับภูมิภาคคงที่ จากมากไปน้อยได้ดังนี้ กรดซาลิไซลิก > กรดเบนโซอิก > กรดพาราไฮดรอกซีเบนโซ อิก > เบนโซฟีโนน ตามลำดับ โดยสาเหตุที่ เป็นเช่นนี้เนื่องจากสารที่สามารถดูดซับ กับภูมิภาคคงที่ได้ดีจะสามารถเคลื่อนที่ได้ น้อย ส่วนสารที่สามารถดูดซับกับภูมิภาคคงที่</p>	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
ได้น้อยจะสามารถเคลื่อนที่ได้ดี						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน	เมื่อเรียงลำดับความสามารถในการดูดัชนีกับวัฏภาคคงที่จากมากไปน้อยได้ทั้งหมด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้					
- ได้ 4 คะแนน	เมื่อเรียงลำดับความสามารถในการดูดัชนีกับวัฏภาคคงที่จากมากไปน้อยได้ 3 ตำแหน่ง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้					
- ได้ 3 คะแนน	เมื่อเรียงลำดับความสามารถในการดูดัชนีกับวัฏภาคคงที่จากมากไปน้อยได้ 2 ตำแหน่ง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้ หรือ 3 ตำแหน่ง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้					
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อเรียงลำดับความสามารถในการดูดัชนีกับวัฏภาคคงที่จากมากไปน้อยได้ 1 ตำแหน่ง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ หรือ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อเรียงลำดับความสามารถ					

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			

ในการดูฉบับกับวิทยภาคองที่
จากมากไปน้อยได้ 1
ตำแหน่ง แต่ไม่สามารถ
อธิบายเหตุผลได้
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่
ตอบคำถาม

การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

19. จากการทดลองแยกวัตถุกันเสียด้วย
เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ
พบว่า สารแต่ละชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ดัง
ตารางที่แสดง

ชนิดของสาร	ระยะทางการเคลื่อนที่ (ซม.)	
	วัตถุเคลื่อนที่	สารตัวอย่าง
กรดเบนโซอิก	6.00	5.12
กรดซาลิไซลิก	6.00	4.16
กรดเบนโซฟีโนน	6.00	2.11
กรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก	6.00	1.67

จากข้อมูล จงสรุปผลที่ได้จากการทดลอง
ข้างต้น

แนวการตอบคำถาม :

ค่า R_f ของสารละลายแต่ละชนิด สามารถ
หาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{- ค่า } R_f \text{ ของกรดเบนโซอิก} &= 1.74 \div 6.00 \\ &= 0.29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- ค่า } R_f \text{ ของกรดซาลิไซลิก} &= 1.23 \div 6.00 \\ &= 0.21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- ค่า } R_f \text{ ของเบนโซฟีโนน} &= 5.46 \div 6.00 \\ &= 0.91 \end{aligned}$$

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อสรุปผลการทดลอง ถูกต้องบางส่วน พร้อมทั้งมีการระบุค่า R_f หรือเรียง สามารถเรียงสภาพขั้วของ สารแต่ละชนิดได้ถูกต้อง					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อสรุปผลการทดลอง ถูกต้องบางส่วน แต่ไม่สามารถระบุค่า R_f และเรียง สามารถเรียงสภาพขั้วของ สารแต่ละชนิดได้					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อตอบคำถามผิดหรือไม่ตอบคำถาม					
การกำหนดและควบคุมตัวแปร						
20. ในการวิเคราะห์แยกสีผสมอาหารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสนั้น การเคลื่อนที่ของสีผสมอาหารจะเพิ่มขึ้นเมื่อความแรงไอออนของบัฟเฟอร์ลดลง แต่ถ้าลดความแรงไอออนของบัฟเฟอร์ด้วยการเจือจางบัฟเฟอร์ลงไปมาก ๆ แถบของสีผสมอาหารที่แยกได้จะไม่คมชัด เพราะความสามารถในการควบคุมความเป็นกรด-ด่างต่ำเกินไป จากข้อมูลนี้สมควรควบคุมตัวแปรใดเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ดี	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ตัวแปรควบคุม : ความแรงไอออนของบัฟเฟอร์						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมของการทดลองได้ถูกต้อง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรควบคุมผิดหรือไม่ตอบคำถาม						
การกำหนดและควบคุมตัวแปร						
21. ในการแยกสารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสจะอาศัยหลักการที่ว่า “ขนาดของไอออนที่แตกต่างกันของสารแต่ละชนิดมีผลต่อการแยก” จากข้อมูลดังกล่าว จงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตาม	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ตัวแปรต้น : ขนาดของไอออน						
ตัวแปรตาม : ผลของการแยก						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 2 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด						
- ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรต้นหรือตัวแปรตามของการทดลองได้ถูกต้อง						
- ได้ 0 คะแนน เมื่อระบุตัวแปรผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบคำถาม						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การทดลอง						
22. หากนิสิตต้องการแยกสารละลายผสมระหว่างสารละลายปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R) กับสารละลายเมทิลีนบลู (Methylene Blue) ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส ที่ความต่างศักย์ 50 โวลต์ แต่ปรากฏว่าในห้องทดลองมีเพียงเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (Power supply) ที่ความต่างศักย์ 60 โวลต์ จึงลำดับขั้นตอนการทดลอง	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ขั้นตอนการทดลองสามารถทำได้ ดังนี้						
1. ล้างอุปกรณ์อิเล็กโทรโฟรีซิสขนาดเล็กด้วยน้ำกลั่น 1-2 ครั้ง แล้วดูดทิ้ง จากนั้นล้างด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7.0) อีก 1-2 ครั้ง						
2. หยดสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7.0) ลงไปในช่องทางการเคลื่อนที่ของสารละลายให้เต็ม และต่อใส่ดินสอด่เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ที่ความต่างศักย์ 60 โวลต์ จากนั้นจุ่มใส่ดินสอด่ลงในช่องสำหรับใส่สารละลายบัฟเฟอร์ และขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ช่อง						
3. หยดสารละลายผสมระหว่างสารละลายปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R) กับสารละลายเมทิลีนบลู (Methylene Blue) ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงไปในช่องสำหรับใส่สารตัวอย่างพร้อมทั้งเปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและทำการจับ						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
เวลาที่ 5, 10 และ 15 นาที โดยขั้นตอนนี้ ต้องทำอย่างรวดเร็ว						
4. สังเกตการเคลื่อนที่ของสารและบันทึก ระยะทางที่สารเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแคโทด (ขั้วลบ) และขั้วแอโนด (ขั้วบวก)						
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-4 โดย เปลี่ยนเป็นสารละลายเมทิลีนบลู แทน สารละลายปองโซ 4 อาร์						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน	เมื่ออธิบายขั้นตอนการทดลองได้ครบทั้ง 5 ขั้นตอน					
- ได้ 4 คะแนน	เมื่ออธิบายขั้นตอนการทดลองได้ 4 ขั้นตอน					
- ได้ 3 คะแนน	เมื่ออธิบายขั้นตอนการทดลองได้ 3 ขั้นตอน					
- ได้ 2 คะแนน	เมื่ออธิบายขั้นตอนการทดลองได้ 2 ขั้นตอน					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่ออธิบายขั้นตอนการทดลองได้ 1 ขั้นตอน					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่ออธิบายขั้นตอนการทดลองผิดหรือไม่ตอบคำถาม					
การทดลอง						
23. จงระบุอุปกรณ์และสารเคมีจำเป็นต้องใช้ สำหรับการทดลองแยกสารผสมด้วยเทคนิค อิเล็กโทรโฟเรซิส 5 ชนิด	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
อุปกรณ์และสารเคมี						
1. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก						
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง						
3. ไม้ดินสอด หรือสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์						
4. สารละลายปองโซ 4 อาร์						
5. สารละลายเมทิลีนบลู						
เกณฑ์การให้คะแนน :						
- ได้ 5 คะแนน	เมื่อสามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นได้ 5 ชนิด					
- ได้ 4 คะแนน	เมื่อสามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นได้ 4 ชนิด					
- ได้ 3 คะแนน	เมื่อสามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นได้ 3 ชนิด					
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อสามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นได้ 2 ชนิด					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อสามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นได้เพียง 1 ชนิด					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นไม่ได้หรือไม่ตอบคำถาม					
การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป						
24. จากการทดลองสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับแยกสารผสมที่มีความต่างศักย์ 50 โวลต์ พบว่า สารละลายแต่ละชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ ดังตาราง	+1	+1	-1	2.00	0.67	เหมาะสม

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	เวลา (นาที)	ความคิดเห็น				รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
		ผู้เชี่ยวชาญ						
		1	2	3				
สาร	ระยะเวลาการเคลื่อนที่ ของสารครั้งที่ 1 (ชม.)	ระยะทางการเคลื่อนที่		ระยะทางการเคลื่อนที่				
		แคโทด	แอโนด	แคโทด	แอโนด			
สารละลายปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R)	5	1.0	1.4	0.9	1.6			
	10	1.3	2.6	1.1	2.9			
	15	1.2	3.9	1.0	3.9			
สารละลายเมทิลีนบลู (Methylene Blue)	5	0.9	1.7	1.0	1.3			
	10	1.6	2.5	1.8	2.4			
	15	5.5	3.5	5.8	3.2			

จงสรุปผลการทดลองจากข้อมูลในตาราง

แนวคำตอบคำถาม :

จากตารางแสดงผลการทดลอง พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปครบ 15 นาที สารละลายปองโซ 4 อาร์มีแนวโน้มการเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนดอย่างชัดเจน แสดงว่า สารละลายปองโซ 4 อาร์มีประจุเป็นลบ จึงเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงดูดของประจุเข้าหาขั้วแอโนด (ขั้วบวก) ได้มากกว่าขั้วแคโทด (ขั้วลบ) ส่วนสารละลายเมทิลีนบลู พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปครบ 15 นาที สารละลายเมทิลีนบลูมีแนวโน้มการเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแคโทดอย่างชัดเจน แสดงว่า สารละลายเมทิลีนบลูมีประจุเป็นบวก จึงเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงดูดของประจุเข้าหาขั้วแคโทด (ขั้วลบ) ได้ดีกว่าขั้วแอโนด (ขั้วบวก) ส่วนในช่วงแรกที่สารทั้ง 2 ชนิดมีระยะทางการเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนดมากกว่าขั้วแคโทดนั้นเกิดจากการแพร่กระจายของสารตัวอย่างนั่นเอง

เกณฑ์การให้คะแนน :

- ได้ 5 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมดพร้อมทั้งมี

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
การอ้างอิงหลักการ						
- ได้ 4 คะแนน	เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ พร้อมทั้งมีการอ้างอิงหลักการ					
- ได้ 3 คะแนน	เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องส่วนใหญ่ แต่ไม่มีการอ้างอิงหลักการ					
- ได้ 2 คะแนน	เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องบางส่วน พร้อมทั้งมีการอ้างอิงหลักการ					
- ได้ 1 คะแนน	เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องบางส่วน แต่ไม่มีการอ้างอิงหลักการ					
- ได้ 0 คะแนน	เมื่อสรุปผลการทดลองผิดหรือไม่ตอบคำถาม					
การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป						
25. จากการทดลองสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับแยกสารผสม หากเปลี่ยนความต่างศักย์จาก 50 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ ในระยะเวลา 10 นาที เมื่อใช้ระยะเวลาในการแยกเท่ากัน ผลการทดลองที่ได้จะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
แนวการตอบคำถาม :						
ไม่สามารถวิเคราะห์สารผสมได้ เพราะความต่างศักย์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารในสนามไฟฟ้า ดังนั้น ในการแยกสารผสมจึงจำเป็นจะต้องหาสภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการแยกสารแต่ละชนิด						

ตาราง 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
<p>ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่ความต่างศักย์ 50 โวลต์ สารผสมสามารถแยกออกจากกันได้แต่เมื่อเปลี่ยนไปใช้ความต่างศักย์ 10 โวลต์ จะไม่สามารถแยกสารผสมออกจากกันได้ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อลดความต่างศักย์จาก 50 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ ความแรงในการเคลื่อนที่ของสารจะลดลงนั่นเอง</p> <p>เกณฑ์การให้คะแนน :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ 5 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้อย่างสมบูรณ์ และมีหลักการอ้างอิง - ได้ 4 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้เป็นส่วนใหญ่ และมีหลักการอ้างอิง - ได้ 3 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้บางส่วน และมีหลักการอ้างอิง - ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้บางส่วน แต่ไม่มีหลักการอ้างอิง - ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลประกอบได้ - ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบผิดหรือไม่ตอบ 						

ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
1. การทดลองเสมือนช่วยเตรียมความพร้อมให้แก่นิสิตก่อนทำการทดลองจริง	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
2. นิสิตสามารถทำความเข้าใจหลักการ/ทฤษฎีเกี่ยวกับการทดลองได้ด้วยตนเอง	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
3. นิสิตสามารถย้อนกลับไปศึกษาการทดลองเสมือนในประเด็นที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
4. นิสิตสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองเสมือนไปประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวันได้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
5. ภาพเคลื่อนไหวช่วยให้นิสิตมีความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแยกสารด้วยเทคนิคต่าง ๆ มากขึ้น	+1	+1	0	2.00	0.67	เหมาะสม
6. นิสิตมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
7. นิสิตรู้สึกไม่เครียด เพราะสามารถทบทวนความรู้ได้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
8. นิสิตคิดว่าการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่างเป็นระบบ	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
9. นิสิตคิดว่าการทดลองเสมือนใช้งานง่าย สะดวกต่อการเรียนรู้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
10. นิสิตคิดว่าการทดลองเสมือนมีความเหมาะสมกับวัยของตน	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
11. นิสิตสามารถเชื่อมโยงเนื้อหา/ทฤษฎีเข้ากับการทดลองได้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
12. นิสิตสามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่บุคคลอื่นได้	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	การแปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญ					
	1	2	3			
13. นิสิตรู้สึกเกิดแรงจูงใจที่การทดลองเสมือน มีเกมและแบบทดสอบให้ทำในระหว่าง เรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
14. นิสิตเกิดความสนุกสนานในการเรียน	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม
15. นิสิตสามารถนำการทดลองเสมือนมา บูรณาการให้เข้ากับพฤติกรรมการเรียนรู้ ของตน	+1	+1	+1	3.00	1.00	เหมาะสม



ตาราง 18 แสดงผลการประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมของแบบวัดเจตคติต่อการทดลอง
เสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
1. การทดลองเสมือนช่วยเตรียมความพร้อมให้แก่ นิสิตก่อนทำการทดลองจริง	4	5	4	4.33	ดีมาก
2. นิสิตสามารถทำความเข้าใจหลักการ/ทฤษฎี เกี่ยวกับการทดลองได้ด้วยตนเอง	5	5	4	4.67	ดีมาก
3. นิสิตสามารถย้อนกลับไปศึกษาการทดลอง เสมือนในประเด็นที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ	5	5	5	5.00	ดีมาก
4. นิสิตสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลอง เสมือนไปประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวันได้	4	5	5	4.67	ดีมาก
5. ภาพเคลื่อนไหวช่วยให้นิสิตมีความเข้าใจ เกี่ยวกับกระบวนการแยกสารด้วยเทคนิคต่าง ๆ มากขึ้น	5	4	5	4.67	ดีมาก
6. นิสิตมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	5	5	4	4.67	ดีมาก
7. นิสิตรู้สึกไม่เครียด เพราะสามารถทบทวน ความรู้ได้ด้วยตนเอง	5	5	5	5.00	ดีมาก
8. นิสิตคิดว่าการเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนช่วย เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่าง เป็นระบบ	5	5	4	4.67	ดีมาก
9. นิสิตคิดว่าการทดลองเสมือนใช้งานง่าย สะดวก ต่อการเรียนรู้	5	4	4	4.33	ดีมาก
10. นิสิตคิดว่าการทดลองเสมือนมีความเหมาะสม กับวัยของตน	5	5	4	4.67	ดีมาก
11. นิสิตสามารถเชื่อมโยงเนื้อหา/ทฤษฎีเข้ากับการ ทดลองได้	5	4	4	4.33	ดีมาก
12. นิสิตสามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่บุคคลอื่นได้	5	4	4	4.33	ดีมาก
13. นิสิตรู้สึกเกิดแรงจูงใจที่การทดลองเสมือนมีเกม และแบบทดสอบให้ทำในระหว่างเรียน	5	5	4	4.67	ดีมาก
14. นิสิตเกิดความสนุกสนานในการเรียน	5	5	4	4.67	ดีมาก

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความเห็น			\bar{X}	ระดับคุณภาพ
	ผู้เชี่ยวชาญ				
	1	2	3		
15. นิสิตสามารถนำการทดลองเสมือนมาบูรณาการ ให้เข้ากับพฤติกรรมการเรียนรู้ของตน	4	5	4	4.33	ดีมาก
เฉลี่ยรวม				4.60	ดีมาก



ภาคผนวก ค

1. ค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบระหว่างเรียนฯ
2. ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
3. ค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
4. คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนฯ และคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
5. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน
6. คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 19 แสดงค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P_E)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	การพิจารณา
1*	0.67	0.75	ใช้ได้
2*	0.73	0.50	ใช้ได้
3*	0.68	0.81	ใช้ได้
4	0.93	0.25	ตัดทิ้ง
5*	0.73	0.25	ใช้ได้
6*	0.70	0.88	ใช้ได้
7	0.87	0.38	ตัดทิ้ง
8*	0.65	0.31	ใช้ได้
9	0.27	0.25	ใช้ได้
10*	0.77	0.63	ใช้ได้
11*	0.78	0.44	ใช้ได้
12*	0.80	0.50	ใช้ได้
13	0.47	0.50	ใช้ได้
14*	0.80	0.75	ใช้ได้
15	0.73	0.00	ตัดทิ้ง
16	0.97	0.13	ตัดทิ้ง
17	0.68	0.38	ใช้ได้
18*	0.73	0.75	ใช้ได้
19	0.93	0.25	ตัดทิ้ง
20	0.80	0.13	ใช้ได้
21*	0.80	0.50	ใช้ได้
22*	0.63	0.88	ใช้ได้
23	0.22	0.31	ใช้ได้
24*	0.80	0.50	ใช้ได้
25*	0.79	0.38	ใช้ได้

หมายเหตุ :

- * หมายถึง ข้อสอบที่คัดเลือก
- ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (P_E) มีค่าระหว่าง 0.63 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป
- ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.80



ตาราง 20 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
1*	0.77	0.33	ใช้ได้
2	0.67	0.40	ใช้ได้
3	0.53	0.00	ตัดทิ้ง
4	0.93	0.13	ตัดทิ้ง
5*	0.70	0.20	ใช้ได้
6*	0.53	0.53	ใช้ได้
7	0.67	0.13	ตัดทิ้ง
8	0.27	0.13	ตัดทิ้ง
9*	0.57	0.60	ใช้ได้
10	0.47	0.27	ใช้ได้
11*	0.33	0.27	ใช้ได้
12*	0.77	0.33	ใช้ได้
13	0.43	0.33	ใช้ได้
14*	0.30	0.20	ใช้ได้
15*	0.67	0.53	ใช้ได้
16*	0.37	0.20	ใช้ได้
17	0.33	0.27	ใช้ได้
18*	0.40	0.27	ใช้ได้
19	0.57	0.07	ตัดทิ้ง
20	0.97	0.07	ตัดทิ้ง
21	0.27	0.27	ใช้ได้
22*	0.50	0.20	ใช้ได้
23	0.43	0.20	ใช้ได้
24*	0.73	0.40	ใช้ได้
25*	0.33	0.27	ใช้ได้

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
26	0.40	0.00	ตัดทิ้ง
27*	0.43	0.33	ใช้ได้
28*	0.37	0.20	ใช้ได้
29	0.33	0.00	ตัดทิ้ง
30*	0.47	0.27	ใช้ได้
31	0.33	0.27	ใช้ได้
32	0.53	0.13	ตัดทิ้ง
33	0.47	0.27	ใช้ได้
34*	0.30	0.33	ใช้ได้
35	0.60	0.13	ตัดทิ้ง
36*	0.33	0.53	ใช้ได้
37*	0.63	0.60	ใช้ได้
38	0.27	0.27	ใช้ได้
39	0.27	0.00	ตัดทิ้ง
40*	0.43	0.60	ใช้ได้
41*	0.47	0.27	ใช้ได้
42*	0.80	0.27	ใช้ได้
43	0.40	0.27	ใช้ได้
44	0.60	0.00	ตัดทิ้ง
45	0.97	0.07	ตัดทิ้ง
46	0.70	0.07	ตัดทิ้ง
47	0.27	0.00	ตัดทิ้ง
48	0.40	0.27	ใช้ได้
49*	0.80	0.27	ใช้ได้
50*	0.77	0.33	ใช้ได้
51	0.17	0.07	ตัดทิ้ง

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	การพิจารณา
52	0.77	0.07	ตัดทิ้ง
53*	0.50	0.33	ใช้ได้
54*	0.70	0.20	ใช้ได้
55*	0.67	0.40	ใช้ได้
56*	0.73	0.27	ใช้ได้
57	0.47	0.40	ใช้ได้
58	0.47	0.13	ตัดทิ้ง
59*	0.73	0.27	ใช้ได้
60*	0.70	0.60	ใช้ได้

หมายเหตุ :

- * หมายถึง ข้อสอบที่คัดเลือก
- ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (p) มีค่าระหว่าง 0.30 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
- ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.83

ตาราง 21 แสดงค่าความยากง่าย (P_E) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการ แยกสาร

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P_E)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	การพิจารณา
1	0.40	-0.13	ตัดทิ้ง
2	0.83	0.50	ตัดทิ้ง
3*	0.73	0.25	ใช้ได้
4*	0.63	0.46	ใช้ได้
5	0.30	0.13	ตัดทิ้ง
6*	0.67	0.25	ใช้ได้
7	0.33	0.00	ตัดทิ้ง
8*	0.79	0.38	ใช้ได้
9	0.93	0.25	ตัดทิ้ง
10*	0.55	0.31	ใช้ได้
11*	0.77	0.50	ใช้ได้
12	0.40	0.50	ใช้ได้
13*	0.63	0.38	ใช้ได้
14	0.44	0.00	ตัดทิ้ง
15*	0.66	0.46	ใช้ได้
16	0.38	-0.08	ตัดทิ้ง
17*	0.64	0.42	ใช้ได้
18*	0.55	0.25	ใช้ได้
19*	0.73	0.33	ใช้ได้
20*	0.73	0.25	ใช้ได้
21*	0.80	0.63	ใช้ได้
22*	0.48	0.31	ใช้ได้
23	0.75	0.45	ใช้ได้
24*	0.64	0.33	ใช้ได้

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P_E)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	การพิจารณา
25	0.13	0.38	ตัดทิ้ง

หมายเหตุ :

- * หมายถึง ข้อสอบที่คัดเลือก
- ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่าย (P_E) มีค่าระหว่าง 0.48 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป
- ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.52



ตาราง 22 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนฯ และคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 10 คน

คนที่	คะแนนจากแบบทดสอบ ระหว่างเรียน (E_1)	คะแนนจากแบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ฯ (E_2)
1	34	20
2	29	24
3	29	27
4	33	26
5	30	26
6	36	23
7	32	24
8	30	25
9	34	21
10	28	22
รวม	315	238
ร้อยละ	82.89	79.33

$$E_1/E_2 = 82.89/79.33$$

ตาราง 23 แสดงคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนฯ และคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนจากแบบทดสอบ ระหว่างเรียน (E_1)	คะแนนจากแบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ฯ (E_2)
1	34	23
2	37	25
3	35	26
4	38	21
5	29	16
6	29	29
7	33	28
8	26	30
9	35	13
10	33	27
11	36	29
12	17	25
13	30	30
14	14	15
15	31	29
16	30	26
17	37	29
18	36	28
19	37	14
20	32	30
21	30	16
22	34	28
23	30	15
24	29	26
25	29	30
26	37	30
27	28	27

ตาราง 23 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากแบบทดสอบ	คะแนนจากแบบทดสอบวัด
	ระหว่างเรียน (E_1)	ผลสัมฤทธิ์ (E_2)
28	25	14
29	21	18
30	23	27
รวม	915	724
ร้อยละ	80.26	80.44

$$E_1/E_2 = 80.26/80.44$$



ตาราง 24 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน

คนที่	คะแนนกลุ่มควบคุม		ผลต่างคะแนน ก่อน-หลัง (D)	คะแนนกลุ่มทดลอง		ผลต่างคะแนน ก่อน-หลัง (D)
	ก่อนเรียน	หลังเรียน		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1	13	23	10	9	23	14
2	8	18	10	9	27	18
3	13	27	14	4	25	21
4	10	27	17	10	21	11
5	14	23	9	15	29	14
6	9	28	19	9	23	14
7	2	23	21	9	25	16
8	4	24	20	11	23	12
9	10	24	14	6	23	17
10	13	25	12	8	24	16
11	7	23	16	8	23	15
12	12	17	5	5	24	19
13	6	22	16	4	22	18
14	13	24	11	11	27	16
15	10	23	13	13	20	7
16	6	21	15	14	24	10
17	9	21	12	10	24	14
18	11	22	11	14	27	13
19	9	20	11	13	23	10
20	6	25	19	7	21	14
21	5	17	12	12	27	15
22	7	23	16	9	26	17
23	11	19	8	-	-	-
24	8	21	13	-	-	-
รวม	216	540	324	210	531	321
\bar{X}	9.00	22.50	13.50	9.55	24.14	14.59

ตาราง 25 แสดงการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน ด้วย t - test dependent samples

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	PRETEST - POSTTEST	-14.59	3.276	.698	-16.04	-13.14	-20.893	21	.000

ตาราง 26 แสดงการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน ด้วย t - test independent samples

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SCORE	Equal variances assumed	1.225	.274	-1.008	44	.319	-1.09	1.082	-3.272	1.090
	Equal variances not assumed			-1.017	43.502	.315	-1.09	1.073	-3.254	1.072

ตาราง 27 แสดงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน
ของกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 22 คน

คนที่	คะแนนกลุ่มควบคุม		ผลต่างคะแนน ก่อน-หลัง (D)	คะแนนกลุ่มทดลอง		ผลต่างคะแนน ก่อน-หลัง (D)
	ก่อนเรียน	หลังเรียน		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1	18	47	29	13	31	18
2	11	32	21	13	51	38
3	22	49	27	17	42	25
4	26	53	27	21	57	36
5	4	53	49	18	56	38
6	2	44	42	16	55	39
7	5	41	36	19	43	24
8	16	43	27	7	35	28
9	10	43	33	21	52	31
10	6	48	42	12	43	31
11	5	24	19	15	46	31
12	13	30	17	11	39	28
13	16	38	22	11	47	36
14	7	39	32	6	42	36
15	12	49	37	11	35	24
16	7	30	23	12	52	40
17	7	45	38	24	46	22
18	4	37	33	11	51	40
19	8	43	35	10	49	39
20	10	40	30	25	53	28
21	4	36	32	12	52	40
22	10	53	43	19	58	39
23	0	39	39	-	-	-
24	11	47	36	-	-	-
รวม	234	1003	769	324	1035	711
\bar{X}	9.75	41.79	32.04	14.73	47.05	32.32

ตาราง 28 แสดงการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน ด้วย t - test dependent samples

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	PRETEST - POSTTEST	-32.32	6.834	1.457	-35.35	-29.29	-22.181	21	.000

ตาราง 29 แสดงการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน และกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 22 คน ด้วย t - test independent samples

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
SCORE	Equal variances assumed	.242	.626	-.124	44	.902	-.2765	2.23718	-4.78526	4.23223
	Equal variances not assumed			-.125	43.626	.901	-.2765	2.21931	-4.75033	4.19730



ภาคผนวก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบระหว่างเรียน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร



ชื่อ-นามสกุล รหัสนิสิต กลุ่มที่

**แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี)**

คำชี้แจง :

1. แบบทดสอบระหว่างเรียน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งหมด 3 การทดลอง อันประกอบไปด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับ
 - การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ
 - การทดลองที่ 2 การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ
 - การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม
2. แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ จะประกอบไปด้วยข้อสอบจำนวน 3 ชุด ได้แก่
 - แบบทดสอบชุดที่ 1 แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกรงควัตถุในผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ

แบบทดสอบชุดที่ 2 แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ

แบบทดสอบชุดที่ 3 แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม

3. แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ทุกข้อคำถามเป็นแบบอัตนัย ทั้งหมดจำนวน 15 ข้อ (กำหนดเวลาในการทำข้อสอบชุดละ 15 นาที) โดยแบ่งเป็น

แบบทดสอบชุดที่ 1 จำนวน 5 ข้อ

แบบทดสอบชุดที่ 2 จำนวน 5 ข้อ

แบบทดสอบชุดที่ 3 จำนวน 5 ข้อ

3. ให้นิสิตเขียนคำตอบลงในแบบทดสอบได้เลย
4. ห้ามเปิดแบบทดสอบก่อนเวลาที่กำหนด และนิสิตสามารถออกจากห้องสอบได้หลังผ่านไป 5 นาที
5. เมื่อหมดเวลาในการทำข้อสอบ ให้นิสิตหยุดทำข้อสอบทันที
-

ชื่อ-นามสกุล รหัสนิสิต กลุ่มที่

แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน (แบบทดสอบชุดที่ 1)
เรื่อง การแยกรงควัตถุในใบผักคะห่ำด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี) จำนวน 5 ข้อ เวลา 15 นาที

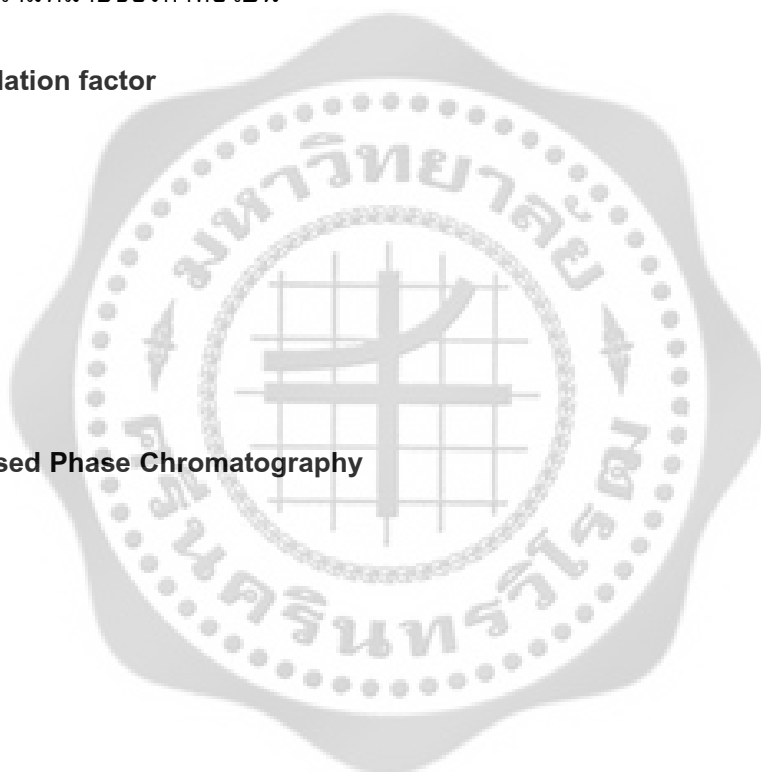
คำชี้แจง : ให้นิสิตเขียนคำตอบลงในแบบทดสอบ

1. จงอธิบายความหมายของคำต่อไปนี้

1.1 Retardation factor

1.2 Reversed Phase Chromatography

1.3 Solvent front



2. ในขั้นตอนของการสกัดตรงควัดฤจะมีการเติม $\text{anh.Na}_2\text{SO}_4$ ลงไปเพื่ออะไร

3. จงอธิบายหลักการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ

4. สารตัวอย่างประกอบด้วยสาร 2 ชนิด ถูกแยกออกจากกันด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ ในระบบ Normal Phase พบว่า หลังจากทำการดีเวลลอป 1 ชั่วโมง ได้ solvent front เท่ากับ 10.3 ซม. สารตัวอย่าง A เคลื่อนที่ได้ 7.5 ซม. สารตัวอย่าง B เคลื่อนที่ได้ 2.3 ซม. จงคำนวณหาค่า R_f พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลที่สารเคลื่อนที่ต่างกันและระบุว่าสารชนิดใดเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด

5. หากนิสิตต้องการแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ แต่ปรากฏว่า ไม่สามารถหาใบผักคะน้าได้ในขณะนั้น นิสิตคิดว่าจะสามารถใช้ผักชนิดอื่นได้หรือไม่ เพราะเหตุใด



ชื่อ-นามสกุล รหัสนิสิต กลุ่มที่

แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน (แบบทดสอบชุดที่ 2)
เรื่อง การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี) จำนวน 5 ข้อ เวลา 15 นาที

คำชี้แจง : ให้นิสิตเขียนคำตอบลงในแบบทดสอบ

1. การเตรียมวัสดุภาคคงที่ สำหรับการแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางแบบ 2 มิติ ทำได้โดยวิธีการใด



2. เพราะเหตุใดจึงต้องใช้อะซิโตนเช็ดทำความสะอาดแผ่นกระจกที่จะนำมาใช้เป็นตัวค้ำจุน (Solid Support)

3. การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางแบบ 1 มิติ กับแบบ 2 มิติ (2D-TLC) แตกต่างกันอย่างไรร

4. ลักษณะการเคลื่อนที่ของ benzoyl chloride และ 4-ethyl-2-heptene จะเป็นอย่างไร เมื่อทำการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางในระบบ Normal Phase



5. สารตัวอย่างที่ไวต่อซิลิกา A มีค่า $R_f = 0.50$ เมื่อใช้วัฏภาคเคลื่อนที่เป็นเบนซีนต่อเมทานอล อัตราส่วน 1 : 3 และเมื่อใช้สารตัวอย่างเดิม แต่เปลี่ยนเป็นซิลิกา B ปรากฏว่ามีค่า $R_f = 0.40$ จงแสดงว่าซิลิกาชนิดใดมีความไวต่อสารตัวอย่างมากกว่ากัน



ชื่อ-นามสกุล รหัสนิสิต กลุ่มที่

แบบทดสอบระหว่างเรียนด้วยการทดลองเสมือน (แบบทดสอบชุดที่ 3)
เรื่อง การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี) จำนวน 5 ข้อ เวลา 15 นาที

คำชี้แจง : ให้นิสิตเขียนคำตอบลงในแบบทดสอบ

1. จงยกตัวอย่างปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กทรอนิกส์ (อย่างน้อย 3 ข้อ)



2. ความต่างศักย์มีผลต่อประสิทธิภาพในการแยกอย่างไร

3. จงอธิบายความแตกต่างของเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์กับเทคนิคโครมาโทกราฟี

4. เพราะเหตุใดในการสร้างแม่พิมพ์ (Mode) เพื่อใช้สำหรับนำไปสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก จึงต้องบรรจุดินน้ำมันในหลอดพลาสติกให้เต็มทุกชั้น หากไม่มีดินน้ำมันจะสามารถใช้สิ่งอื่นแทนได้หรือไม่

5. จากการทดลองสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม พบว่า ในระยะเวลาที่เท่ากัน เมื่อทำการแยกสารตัวอย่างที่ความต่างศักย์ 50 โวลต์นั้นจะสามารถทำการแยกสารผสมออกจากกันได้ แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ความต่างศักย์ 10 โวลต์แทนจะไม่สามารถแยกสารผสมได้ จงอธิบายว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น





ชื่อ-นามสกุล รหัสนิสิต กลุ่มที่

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน
เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี)**

คำชี้แจง :

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ ได้กำหนดหน่วยการเรียนรู้ไว้ทั้งหมด 3 การทดลอง อันประกอบไปด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับ
 - การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ
 - การทดลองที่ 2 การแยกควัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ
 - การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ ทุกข้อคำถามเป็นคำถามชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดให้ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบฉบับนี้เป็นเวลา 60 นาที
3. ให้นิสิตทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบที่แนบไว้หลังแบบทดสอบ โดยกำหนดให้นิสิตเลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
4. ห้ามเปิดแบบทดสอบก่อนเวลาที่กำหนด และนิสิตสามารถออกจากห้องสอบได้หลังผ่านไป 30 นาที
5. เมื่อหมดเวลาในการทำข้อสอบ ให้นิสิตหยุดทำข้อสอบทันที

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดลองเสมือน
เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี)

คำชี้แจง : ให้นิสิตทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษอาศัยหลักการในการแยกสารแบบใด
 - ก. การกระจายตัวที่แตกต่างกันของสารในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่
 - ข. การเกิดอันตรกิริยาที่เหมือนกันของสารในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่
 - ค. การเกิดอันตรกิริยาที่เหมือนกันของไอออนในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่
 - ง. การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่แตกต่างกันของสารในวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่
 - จ. การแพร่ผ่านเข้าไปในรูพรุนที่แตกต่างกันของสารใน วัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่

2. การแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ พบว่า น้ำวัฏภาคคงที่ซึ่งมีคุณสมบัติมีขั้วสูง ดังนั้น วัฏภาคเคลื่อนที่ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในระบบนี้ควรมีคุณสมบัติอย่างไร
 - ก. มีคุณสมบัติความมีขั้วสูงกว่าน้ำ
 - ข. มีคุณสมบัติความมีขั้วเท่ากับน้ำ
 - ค. มีคุณสมบัติความมีขั้วต่ำกว่าน้ำ
 - ง. มีคุณสมบัติเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น
 - จ. มีคุณสมบัติความมีขั้วปานกลาง และสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำได้

3. วัฏภาคคงที่ (Stationary Phase) แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ Normal Phase กับ Reversed Phase แตกต่างกันอย่างใด
 - ก. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ ดูดซับสารที่มีขั้วได้ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี
 - ข. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่มีขั้วได้ดี
 - ค. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ ดูดซับสารที่มีขั้วได้ไม่ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี
 - ง. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ ดูดซับสารที่มีขั้วได้ดี
 - จ. ระบบ Normal Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วสูง ดูดซับสารที่มีขั้วได้ดี ส่วนระบบ Reversed Phase วัฏภาคคงที่จะมีขั้วต่ำ ดูดซับสารที่ไม่มีขั้วได้ดี

4. การแยกสารด้วยเทคนิค PC ระบบ Normal Phase สารที่มีค่า R_f ต่ำมีลักษณะเป็นอย่างไร
- สารที่มีสภาพขี้ต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว
 - สารที่มีสภาพขี้สูง ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว
 - สารที่มีสภาพขี้ต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่ช้า
 - สารที่มีสภาพขี้สูง ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่ช้า
 - สารที่มีสภาพขี้ต่ำ ซึ่งจะเกิดอันตรกิริยากับวัฏภาคคงที่ได้ดีทำให้เคลื่อนที่เร็ว
5. ถ้าลดความมีขี้ของวัฏภาคเคลื่อนที่ระบบ Reversed Phase จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารตามข้อใด
- สารที่มีขี้เคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะมากขึ้น
 - สารที่มีขี้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ค่า R_f จะน้อยลง
 - สารที่ไม่มีขี้เคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะมากขึ้น
 - สารที่ไม่มีขี้เคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะน้อยลง
 - สารที่ไม่มีขี้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ค่า R_f จะมากขึ้น
6. สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ประกอบไปด้วยสาร 3 ชนิด เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษผ่านไป 30 นาที พบว่า สารชนิดที่ 1 สามารถเคลื่อนที่ได้ 1.2 ซม. สารชนิดที่ 2 สามารถเคลื่อนที่ได้ 2.3 ซม. และสารชนิดที่ 3 สามารถเคลื่อนที่ได้ 3.0 ซม. นิสิตคิดว่าสารชนิดใดกระจายตัวในวัฏภาคเคลื่อนที่ได้มากที่สุด ตามลำดับ
- สารชนิดที่ 1 > สารชนิดที่ 2 > สารชนิดที่ 3
 - สารชนิดที่ 2 > สารชนิดที่ 1 > สารชนิดที่ 3
 - สารชนิดที่ 3 > สารชนิดที่ 1 > สารชนิดที่ 2
 - สารชนิดที่ 3 > สารชนิดที่ 2 > สารชนิดที่ 1
 - สารชนิดที่ 2 > สารชนิดที่ 3 > สารชนิดที่ 1
7. ถ้าเปลี่ยนวัฏภาคคงที่เป็นสารที่ไม่มีขี้ ส่วนวัฏภาคเคลื่อนที่มีขี้สูง รงควัตถุชนิดใดที่ได้จากใบผักคะน้าจะเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด และน้อยที่สุดตามลำดับ
- Chlorophyll a, Carotene
 - Chlorophyll b, Carotene
 - Chlorophyll b, Xanthophyll
 - Chlorophyll b, Chlorophyll a
 - Carotene, Chlorophyll b

12. ข้อใดกล่าวถึงเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ ได้ถูกต้อง
- การแยกสารโดยใช้วัฏภาคเคลื่อนที่ 2 ชนิด
 - ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัฏภาคเคลื่อนที่ในมิติที่ 1 และ 2 จะตั้งฉากกัน
 - วัฏภาคเคลื่อนที่ในมิติที่ 1 จะเคลื่อนจากด้านบนสู่ด้านล่าง สำหรับวัฏภาคเคลื่อนที่ในมิติที่ 2 จะเคลื่อนจากด้านล่างสู่ด้านบน
 - ข้อ ก และ ข ถูก
 - ข้อ ก และ ค ถูก
13. ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อค่า R_f ของสาร
- ชนิดของวัฏภาคคงที่
 - อุณหภูมิขณะทำการทดลอง
 - การอิมมิดเวียไอของวัฏภาคเคลื่อนที่
 - ขนาดของวัฏภาคคงที่
 - ชนิดของตัวค้ำจุน
 - ปริมาณของวัฏภาคเคลื่อนที่
- 1, 3 และ 5
 - 1, 2, 3 และ 4
 - 3, 4, 5 และ 6
 - 1, 4 และ 5
 - 2, 4, 5 และ 6
14. ข้อใดกล่าวถึงหลักการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษกับโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางได้ถูกต้องที่สุด
- ประสิทธิภาพของการแยกสารตัวอย่างขึ้นอยู่กับวัฏภาคเคลื่อนที่
 - โครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษสามารถแยกสารมีสีได้ดีกว่าโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง
 - ใช้หลักการแยกสารโดยอาศัยหลักการกระจายตัวที่แตกต่างกันระหว่างวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่
 - วัฏภาคคงที่ของโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษมีความเป็นขั้วต่ำ ส่วนโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางมีความเป็นขั้วสูง
 - โครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษมีกลไกการแยกแบบ Adsorption ส่วนโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางมีกลไกการแยกแบบ Partition
15. ค่า R_f ของสารมาตรฐานและสารตัวอย่างที่ได้มาจากการทดลองที่มีสภาวะแตกต่างกันสามารถนำมาเทียบกันได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- ได้ เพราะค่า R_f เป็นค่าคงที่ของสารแต่ละชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลง
 - ได้ เพราะทำการทดลองโดยใช้วัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่เหมือนกัน
 - ไม่ได้ เพราะค่า R_f เป็นค่าเฉพาะตัวของสารที่สภาวะการทดลองหนึ่ง ๆ
 - ข้อ ก และ ข ถูก

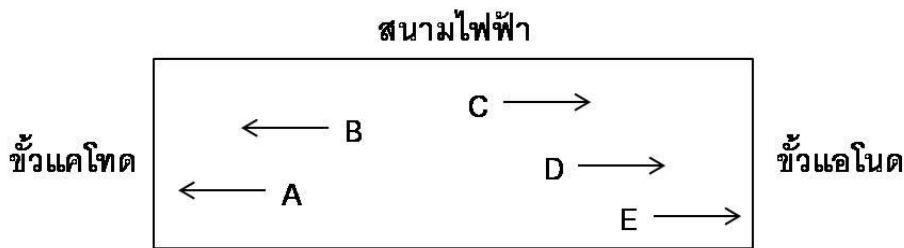
จ. ไม่มีข้อใดถูก

16. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของวัฏภาคเคลื่อนที่ในระบบ Normal Phase จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของสารตามข้อใด
- สารที่ไม่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะมากขึ้น
 - สารที่ไม่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะน้อยลง
 - สารที่มีขั้วเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ค่า R_f จะน้อยลง
 - สารที่มีขั้วเคลื่อนที่ได้ช้าลง ค่า R_f จะมากขึ้น
 - สารที่มีขั้วเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ค่า R_f จะมากขึ้น
17. จากการทดลองแยกสารในมิติที่ 1 ที่ทำในห้องปฏิบัติการให้ผลการทดลองเป็นอย่างไร
- สามารถแยกเบนซีนออกจากสารผสมได้
 - สามารถแยกกรดเบนโซอิกออกจากกรดซาลิไซลิกได้
 - ไม่สามารถแยกเบนซีนออกจากกรดซาลิไซลิกได้
 - ไม่สามารถแยกกรดเบนโซอิกออกจากเบนซีนได้
 - แยกสารทั้ง 3 ชนิด ออกจากกันได้
18. ถ้าแยกสารผสมระหว่าง Ethanamide กับ Acetophenone ด้วยเทคนิค TLC ระบบ Normal Phase ข้อใดกล่าวผลการทดลองได้ถูกต้อง
- Acetophenone มีค่า R_f สูงกว่า Ethanamide เพราะมีสภาพขั้วต่ำกว่า
 - Acetophenone มีค่า R_f สูงกว่า Ethanamide เพราะมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า
 - Ethanamide มีค่า R_f สูงกว่า Acetophenone เพราะมีสภาพขั้วสูงกว่า
 - Ethanamide มีค่า R_f สูงกว่า Acetophenone เพราะถูกดูดซับในวัฏภาคคงที่ได้น้อย
 - Ethanamide มีค่า R_f สูงกว่า Acetophenone เพราะเกิดการกระจายในวัฏภาคเคลื่อนที่ได้ได้น้อย
19. ชนิดของวัฏภาคคงที่และวัฏภาคเคลื่อนที่ในข้อใดเป็นระบบ Reversed Phase
- วัฏภาคคงที่คือ C18 วัฏภาคเคลื่อนที่คือ CHCl_3 : Hexane
 - วัฏภาคคงที่คือ C18 วัฏภาคเคลื่อนที่คือ H_2O : Acetonitrile
 - วัฏภาคคงที่คือ ซิลิกาเจล วัฏภาคเคลื่อนที่คือ CHCl_3 : Hexane
 - วัฏภาคคงที่คือ ซิลิกาเจล วัฏภาคเคลื่อนที่คือ H_2O : Acetonitrile
 - ข้อ ค และ ง ถูก

20. ในการทดลองถ้าเปลี่ยนนิวภาคคองที่เป็น C18 และเปลี่ยนนิวภาคเคลื่อนที่ให้มีขั้วสูงชันกรด-เบนโซอิกและเบนโซฟีโนนจะเคลื่อนที่เป็นอย่างไร
- เบนโซฟีโนนจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น
 - กรดเบนโซอิกจะไม่เคลื่อนที่
 - กรดเบนโซอิกจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าเบนโซฟีโนน
 - กรดเบนโซอิกจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าเบนโซฟีโนน
 - กรดเบนโซอิกและเบนโซฟีโนนจะไม่เคลื่อนที่
21. เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสมีหลักการแยกสารตามข้อใด
- ความสามารถในการแพร่ผ่านเข้าไปในรูพรุนที่แตกต่างกันของสารแต่ละชนิด
 - การเกิดอันตรกิริยาที่ต่างกันของไอออนในนิวภาคคองที่และนิวภาคเคลื่อนที่
 - การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ต่างกันของสารแต่ละชนิดภายใต้สนามไฟฟ้า
 - ความแตกต่างในการกระจายตัวของสารแต่ละชนิดภายใต้สนามไฟฟ้า
 - ความแตกต่างในการเคลื่อนที่ของสารแต่ละชนิดภายใต้สนามไฟฟ้า
22. ลักษณะการเคลื่อนที่ภายใต้สนามไฟฟ้าของไอออนที่มีประจุต่างกันและขนาดไม่เท่ากันในตัวกลางชนิดหนึ่งเมื่อทำการแยกสารด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสจะเป็นอย่างไร
- สารประจุบวกขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนดได้เร็วกว่าสารประจุบวกขนาดเล็ก
 - สารประจุบวกขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแคโทดได้เร็วกว่าสารประจุบวกขนาดเล็ก
 - สารประจุลบขนาดเล็กจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนดได้เร็วกว่าสารประจุลบขนาดใหญ่
 - สารประจุลบขนาดเล็กจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแคโทดได้เร็วกว่าสารประจุลบขนาดใหญ่
 - สารประจุลบขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วแอโนดได้เร็วกว่าสารประจุลบขนาดเล็ก
23. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ในเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสที่ค่า pH ต่างกัน
- ค่า pH ต่างกันจะไม่มีผลต่อรัศมีของสาร
 - ค่า pH ต่างกันจะไม่มีผลต่อผลรวมของประจุ
 - ค่า pH ต่างกันจะทำให้สารมีความเข้มข้นไม่เท่ากัน
 - ค่า pH ต่างกันจะทำให้สารแตกตัวให้ประจุได้ไม่เท่ากัน
 - ค่า pH ต่างกันจะทำให้สารแตกตัวให้ประจุได้เท่ากัน

24. การเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะมีผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ภายใต้สนามไฟฟ้าตามข้อใด
- การเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจะทำให้สารเคลื่อนที่ไปยังขั้วไฟฟ้าได้เร็วขึ้น
 - การลดหรือเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจะไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสาร
 - การเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจะทำให้การแพร่ของสารเพิ่มมากขึ้น
 - การลดความต่างศักย์ไฟฟ้าจะทำให้สารแตกตัวให้ประจุน้อยลง
 - การเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจะทำให้สารแตกตัวให้ประจุมากขึ้น
25. จากการทดลองสารละลายเมทิลีนบลูจะมีประจุอะไร และเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าชนิดใด เพราะเหตุใด
- ขั้วแคโทด เพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจุเป็นลบจึงเคลื่อนเข้าหาขั้วบวก
 - ขั้วแคโทด เพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจุเป็นบวกจึงเคลื่อนเข้าหาขั้วลบ
 - ขั้วแอโนด เพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจุเป็นลบจึงเคลื่อนเข้าหาขั้วบวก
 - ขั้วแอโนด เพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจุเป็นบวกจึงเคลื่อนเข้าหาขั้วลบ
 - ไม่เคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าเพราะสารละลายเมทิลีนบลูมีประจุเป็นกลาง
26. สารผสมประกอบด้วยสาร A และ B มีประจุเป็น +2 และสาร A มีขนาดเล็กกว่าสาร B จะสามารถแยกด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- แยกไม่ได้ เพราะสาร A และ B เป็นสารที่มีขนาดไม่เท่ากัน
 - แยกไม่ได้ เพราะสาร A และ B เป็นสารที่มีประจุเป็นบวกเหมือนกัน
 - แยกได้ เพราะสาร A มีขนาดเล็กกว่าสาร B
 - แยกได้ เพราะสาร A และ B เป็นสารที่มีประจุเป็น +2 เหมือนกัน
 - แยกได้ เพราะสาร A และ B เป็นสารที่มีประจุเป็นบวกและมีขนาดไม่เท่ากัน

จากรูปที่กำหนดให้จงตอบคำถามในข้อ 55-56



27. จากรูป กำหนดให้สาร C และ D มีจำนวนประจุเท่ากัน ดังนั้นสาร D จะมีลักษณะตรงตามข้อใด
- สารที่มีประจุเป็นลบและมีขนาดเล็กกว่าสาร C
 - สารที่มีประจุเป็นบวกและมีขนาดใหญ่กว่าสาร C
 - สารจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน
 - สารที่มีประจุเป็นบวกและเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน
 - ไม่มีข้อใดถูก
28. จากรูปข้อใดกล่าวถูกต้อง
- สาร A และ B คือสารที่มีประจุเป็นลบ
 - สาร C, D และ E คือสารที่มีประจุเป็นบวก
 - ถ้าสาร C และ D มีจำนวนประจุเท่ากัน ดังนั้น สาร D จึงมีขนาดใหญ่กว่า
 - ถ้าสาร A และ B มีขนาดเท่ากัน ดังนั้น สาร B จึงเป็นสารที่มีจำนวนประจุสูงกว่า
 - ถ้าสาร D และ E มีขนาดเท่ากัน ดังนั้น สาร E จึงเป็นสารที่มีจำนวนประจุสูงกว่า
29. ข้อใดส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารภายใต้สนามไฟฟ้า ข้อใดส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารภายใต้สนามไฟฟ้า
- การเพิ่มปริมาตรของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้
 - การเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าจาก 10 โวลต์ เป็น 40 โวลต์
 - การเปลี่ยนชนิดของขั้วไฟฟ้าจากแกรไฟต์เป็นแพลตทินัม
 - การควบคุมให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่ตลอดการทดลอง
 - การสลัปลายไฟสีแดงให้เป็นขั้วแคโทดและสายไฟสีดำให้เป็นขั้วแอโนด

30. ทำไมจึงสามารถแยกสารละลายปองโซ 4 อาร์ และสารละลายเมทิลีนบลูในตัวอย่างสารผสมด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสได้
- ก. สารผสมประกอบด้วยสารที่มีขั้วสูงและขั้วต่ำ
 - ข. สารผสมประกอบด้วยสารที่มีประจุและขนาดที่แตกต่างกัน
 - ค. สารผสมประกอบด้วยสารที่มีสีและค่าการละลายที่แตกต่างกัน
 - ง. สารผสมประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน
 - จ. สารผสมประกอบด้วยสารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ขั้วไฟฟ้าแตกต่างกัน
-



ชื่อ-นามสกุล รหัสหนังสือ กลุ่มที่

กระดาษคำตอบ

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

ข้อ	ตัวเลือก					ข้อ	ตัวเลือก				
	ก	ข	ค	ง	จ		ก	ข	ค	ง	จ
1.						16.					
2.						17.					
3.						18.					
4.						19.					
5.						20.					
6.						21.					
7.						22.					
8.						23.					
9.						24.					
10.						25.					
11.						26.					
12.						27.					
13.						28.					
14.						29.					
15.						30.					



ชื่อ-นามสกุล รหัสนิสิต กลุ่มที่

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการทดลองเสมือน
เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี)

คำชี้แจง :

1. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับบูรณาการทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ ทุกข้อคำถามเป็นแบบอัตนัย จำนวน 15 ข้อ โดยกำหนดให้ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบฉบับนี้เป็นเวลา 30 นาที
3. ให้นิสิตเขียนคำตอบลงในแบบทดลองได้เลย
4. ห้ามเปิดแบบทดสอบก่อนเวลาที่กำหนด และนิสิตสามารถออกจากห้องสอบได้หลังผ่านไป 15 นาที
5. เมื่อหมดเวลาในการทำข้อสอบ ให้นิสิตหยุดทำข้อสอบทันที

ชื่อ-นามสกุล รหัสนิสิต กลุ่มที่

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการทดลองเสมือน
เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี)

คำชี้แจง : ให้นิสิตเขียนคำตอบลงในแบบทดสอบ

1. จากสมมติฐานการทดลองที่ว่า “สภาพขั้วของสารตัวอย่างจะส่งผลต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของสาร” จงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของสมมติฐานข้อนี้
2. ในการทดลองแยกรงควัตถุจากใบผักคะน้า หากนิสิตไม่ได้เติม $\text{anh.Na}_2\text{SO}_4$ นิสิตคิดว่าจะมีผลต่อการทดลองหรือไม่ เพราะเหตุใด



3. จงบอกขั้นตอนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัสดุภาคเคลื่อนที่ โดยกำหนดให้ระบบของวัสดุภาคเคลื่อนที่ คือ คลอโรฟอร์ม : อะซิโตน อัตราส่วน 7 : 3 ปริมาตร 15 ml โดยปริมาตร

จงใช้ข้อมูลจากตารางตอบคำถามข้อ 4 – 5

จากการทดลองแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ โดยใช้วัสดุภาคเคลื่อนที่เป็นปิโตรเลียมอีเทอร์กับอะซิโตน อัตราส่วน 9 : 1 ปรากฏว่า ผลการทดลองเป็นไปดังตารางที่แสดง

ชนิดของรงควัตถุ	สีของรงควัตถุ	ระยะทางในการเคลื่อนที่ (ซม.)		R _f
		วัสดุภาคเคลื่อนที่	แถบรงควัตถุ	
Carotene	yellow orange	9.00	8.10	0.90
Xanthophylls	yellow	9.00	5.58	0.62
Chlorophyll A	bright green	9.00	2.79	0.31
Chlorophyll B	olive or yellow green	9.00	1.80	0.20
สารตัวอย่าง	-	9.00	2.82	-

4. จากข้อมูลในตารางจงเรียงลำดับตามสภาพขั้วจากน้อยไปมาก

5. จากข้อมูลจงอธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่า R_f กับสภาพขั้วของรงควัตถุชนิดต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร



6. หากต้องการทดลองแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ พบว่า “ความเรียบของแผ่น TLC มีผลต่อการเคลื่อนที่ของสาร” จงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตามของการทดลองนี้

7. ในการแยกสารตัวอย่างด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ นั้น ตัวแปรที่ผู้ทดลองควรควบคุมให้เหมือนกัน คือ ตัวแปรใดบ้าง

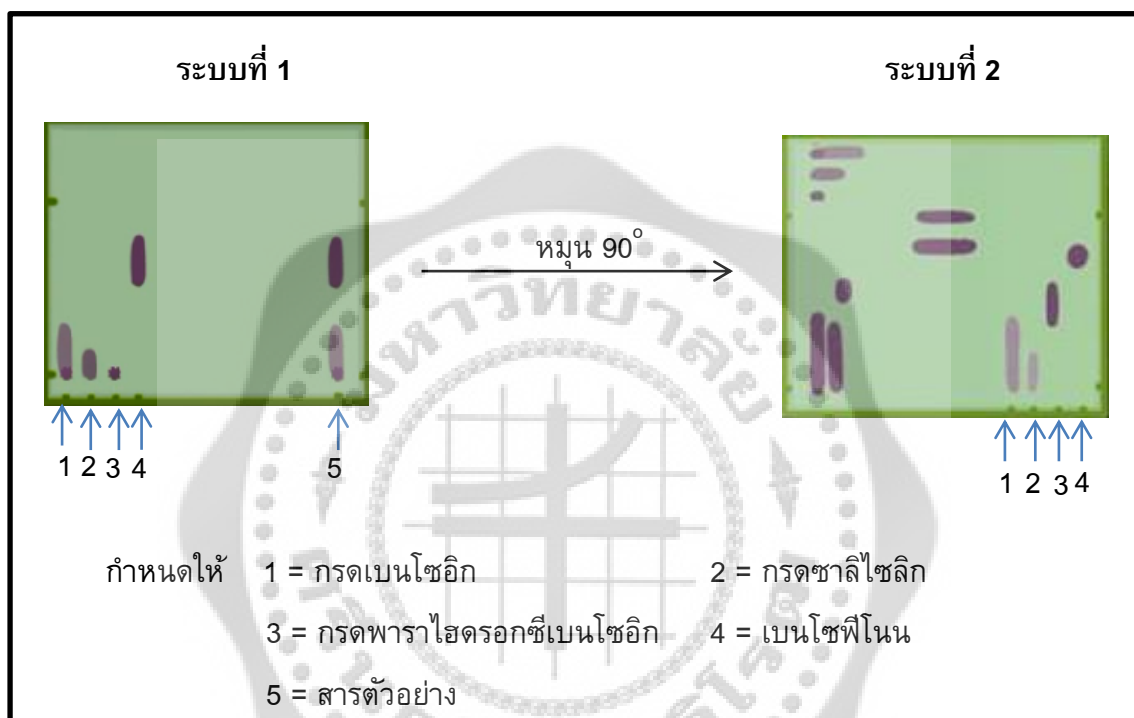
8. นิสิตจงออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนของสารละลายที่ผสมกันเป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ว่ามีผลต่อค่า R_f ในเทคนิคโครมาโทกราฟีหรือไม่



จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 9 – 11

จากการทดลองแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ ลักษณะการแยกของวัตถุกันเสียแต่ละชนิดบนแผ่น TLC จะมีลักษณะดังแสดง

- วัฏภาคเคลื่อนที่ระบบที่ 1 คือ คลอโรฟอร์มกับเฮกเซน อัตราส่วน 3 : 1
- วัฏภาคเคลื่อนที่ระบบที่ 2 คือ คลอโรฟอร์มกับอะซิโตน อัตราส่วน 9 : 1



9. จากข้อมูล จงอธิบายว่าวัตถุกันเสียแต่ละชนิดมีคุณสมบัติอย่างไร

10. จากข้อมูลข้างต้น จงเรียงลำดับของสารตามความสามารถในการดูดซับกับวัฏภาคคงที่จากมากไปน้อย และจงอธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

11. จากการทดลองแยกวัฏกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ พบว่า สารแต่ละชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ดังตารางที่แสดง

ชนิดของสาร	ระยะทางในการเคลื่อนที่ (ซม.)	
	วัฏภาคเคลื่อนที่	สารตัวอย่าง
กรดเบนโซอิก	6.00	1.74
กรดซาลิไซลิก	6.00	1.23
เบนโซฟีโนน	6.00	5.46
กรดพาราไฮดรอกซีเบนโซอิก	6.00	4.10

จากข้อมูล จงสรุปผลที่ได้จากการทดลองข้างต้น

12. ในการวิเคราะห์แยกสีผสมอาหารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสนั้น การเคลื่อนที่ของสีผสมอาหารจะเพิ่มขึ้นเมื่อความแรงไอออนของบัฟเฟอร์ลดลง แต่ถาลดความแรงไอออนของบัฟเฟอร์ด้วยการเจือจางบัฟเฟอร์ลงไปมาก ๆ แถบของสีผสมอาหารที่แยกได้จะไม่คมชัด เพราะความสามารถในการควบคุมความเป็นกรด-ด่างต่ำเกินไป จากข้อมูลนี้ควรควบคุมตัวแปรใดเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ดี
13. ในการแยกสารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสจะอาศัยหลักการที่ว่า “ขนาดของไอออนที่แตกต่างกันของสารแต่ละชนิดมีผลต่อการแยก” จากข้อมูลดังกล่าว จงระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตาม
14. หากนิติตต้องการแยกสารละลายผสมระหว่างสารละลายปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R) กับสารละลายเมทิลีนบลู (Methylene Blue) ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส ที่ความต่างศักย์ 50 โวลต์ แต่ปรากฏว่าในห้องทดลองมีเพียงเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (Power supply) ที่ความต่างศักย์ 60 โวลต์ จงลำดับขั้นตอนการทดลอง

15. จากการทดลองสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับแยกสารผสม ที่ความต่างศักย์ 50 โวลต์ พบว่า สารละลายแต่ละชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ดังตาราง

สาร	เวลา (นาที)	ระยะทางการเคลื่อนที่ ของสารครั้งที่ 1 (ซม.)		ระยะทางการเคลื่อนที่ ของสารครั้งที่ 2 (ซม.)	
		แคโทด	แอโนด	แคโทด	แอโนด
สารละลายปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R)	5	1.0	1.4	0.9	1.6
	10	1.3	2.6	1.1	2.9
	15	1.2	3.9	1.0	3.9
สารละลายเมทิลีนบลู (Methylene Blue)	5	0.9	1.7	1.0	1.3
	10	1.6	2.5	1.8	2.4
	15	5.5	3.5	5.8	3.2

จงสรุปผลการทดลองจากข้อมูลในตาราง





**แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี)**

คำชี้แจง :

1. แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ ครอบคลุมพฤติกรรมทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านสติปัญญา ด้านความรู้สึก และด้านพฤติกรรม
2. แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ฉบับนี้ เป็นแบบมาตรวัดเจตคติของลิเคิร์ต (Likert Scale) ซึ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ
3. ให้นิสิตที่ทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นมากที่สุด

ตัวอย่าง

ข้อ	คำถาม	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1.	นิสิตมีการเตรียมความพร้อมก่อนทำการทดลองเสมอ		✓			

4. ในกรณีที่นิสิตต้องการแก้ไขระดับคะแนนหลังจากที่ได้ทำเครื่องหมาย (✓) ลงบนแบบประเมินแล้ว ให้นิสิตทำเครื่องหมาย (X) ทับเครื่องหมาย (✓) แล้วเลือกระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของนิสิตใหม่

ตัวอย่าง

ข้อ	คำถาม	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1.	นิสิตมีการเตรียมความพร้อมก่อนทำการทดลองเสมอ		X			

แบบวัดเจตคติต่อการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 (วท.บ. เคมี)

คำชี้แจง : เมื่อนิสิตศึกษาชุดการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เสร็จเรียบร้อยแล้ว นิสิตมีความคิดเห็นหรือความพึงพอใจในระดับใดโปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นมากที่สุด โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับ	5	คะแนน	หมายถึง	เห็นด้วยมากที่สุด
ระดับ	4	คะแนน	หมายถึง	เห็นด้วยมาก
ระดับ	3	คะแนน	หมายถึง	เห็นด้วยปานกลาง
ระดับ	2	คะแนน	หมายถึง	เห็นด้วยน้อย
ระดับ	1	คะแนน	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย

ข้อ	คำถาม	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1.	การทดลองเสมือนช่วยเตรียมความพร้อมให้แก่นิสิตก่อนทำการทดลองจริง					
2.	การทดลองเสมือนสามารถทำให้เข้าใจหลักการ/ทฤษฎีเกี่ยวกับการทดลองได้ด้วยตนเอง					
3.	การทดลองเสมือนทำให้สามารถย้อนกลับไปศึกษาในประเด็นที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ					
4.	การทดลองเสมือนช่วยนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวันได้					
5.	การทดลองเสมือนมีภาพเคลื่อนไหวช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแยกสารด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้มากขึ้น					
6.	การทดลองเสมือนทำให้มีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้					
7.	การเรียนรู้ด้วยการทดลองเสมือนทำให้มีความรู้สึกไม่เครียด เพราะสามารถทบทวนความรู้ได้ด้วยตนเอง					
8.	การทดลองเสมือนช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่างเป็นระบบ					
9.	การทดลองเสมือนใช้งานง่าย สะดวกต่อการเรียนรู้					



ภาคผนวก จ

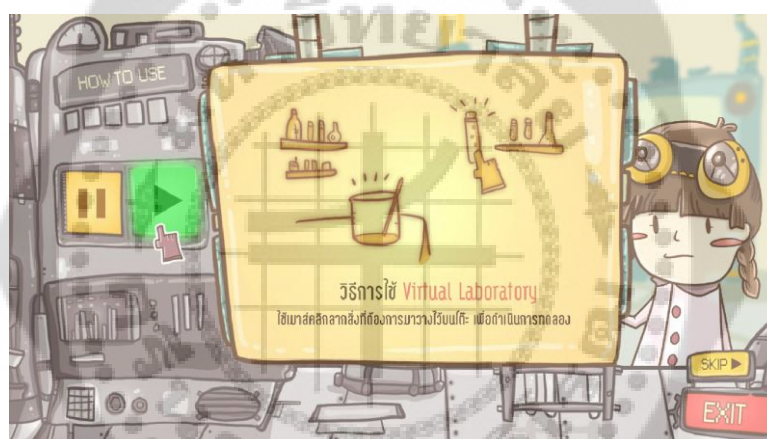
ภาพตัวอย่างของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

- การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ
- การทดลองที่ 2 การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ
- การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม

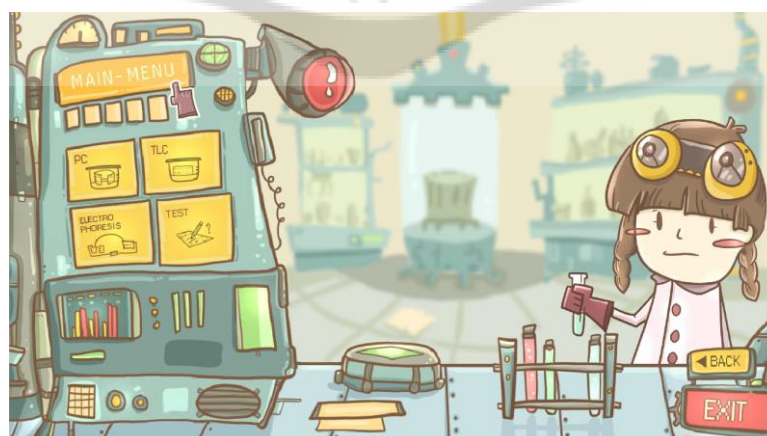
ภาพประกอบ 13 แสดงภาพตัวอย่างของการทดลองเสมือน เรื่อง เทคนิคการแยกสาร



หน้าแรกของโปรแกรม

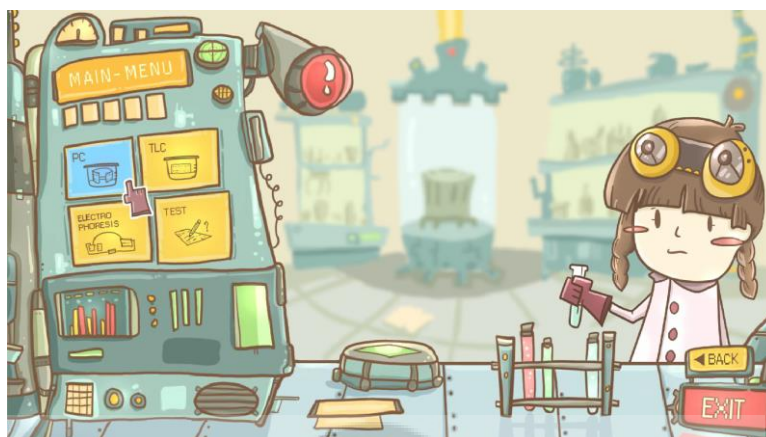


แอนิเมชันสาธิตวิธีการใช้งานโปรแกรม

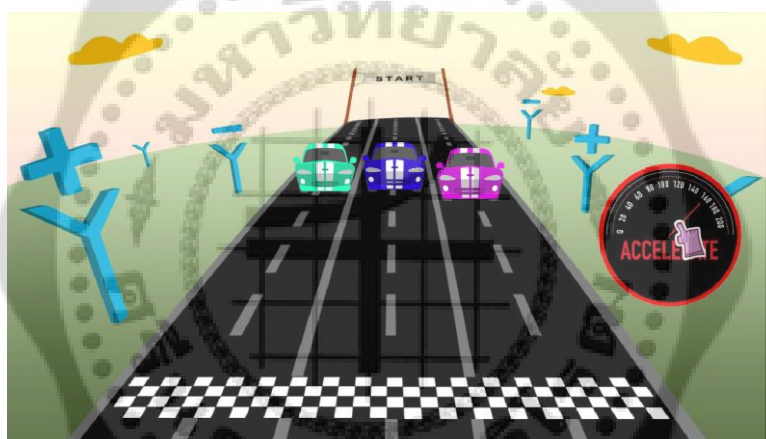


เมนูหลัก

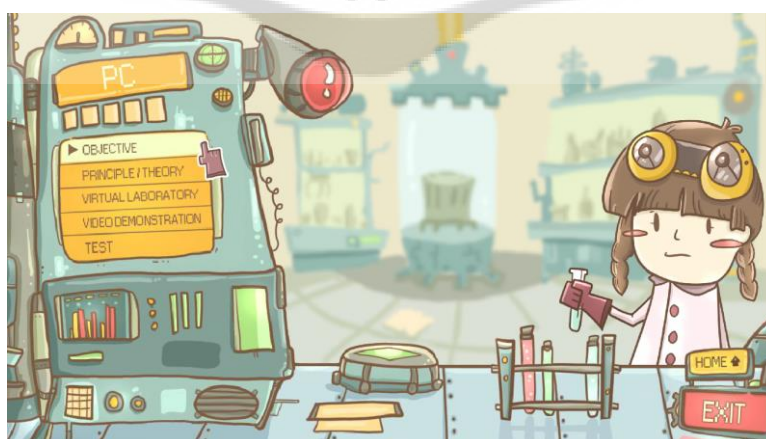
การทดลองที่ 1 การแยกรงควัตถุในใบผักคะน้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อกระดาษ



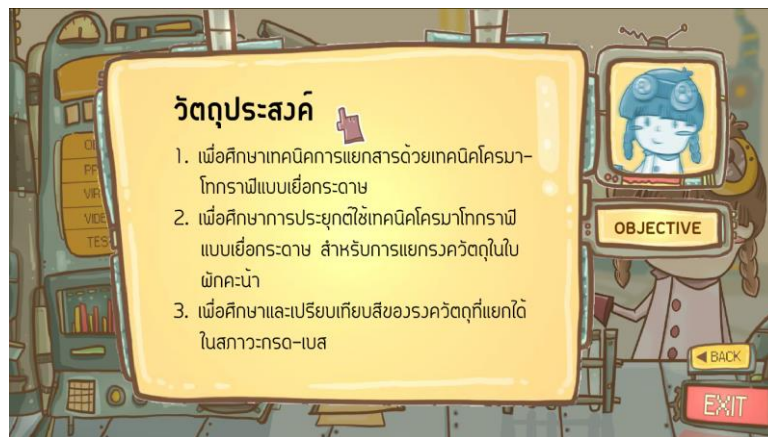
เข้าสู่การทดลองที่ 1 : คลิกปุ่ม PC ที่เมนูหลัก



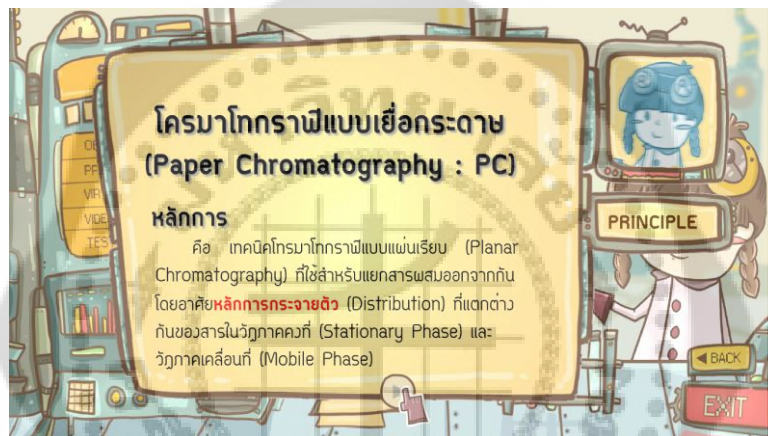
เกมกระตุ้นความสนใจ



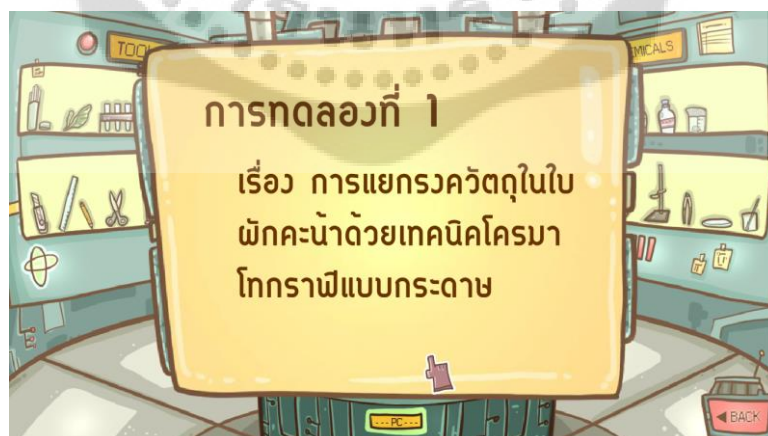
เมนูรองของการทดลองที่ 1



วัตถุประสงค์ของการทดลอง



หลักการ/ทฤษฎี



การทดลองเสมือน



ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 1 : การชั่งใบผักคะน้า



ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 1 : การลงจุด (Spot) สารตัวอย่าง



ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 1 : วิธีการตีเวลลอปกระดาษโครมาโทกราฟี



ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 1 : การเคลื่อนที่ของสารตัวอย่าง



ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 1 : การหยดสารละลายกรดไฮโดรคลอริก



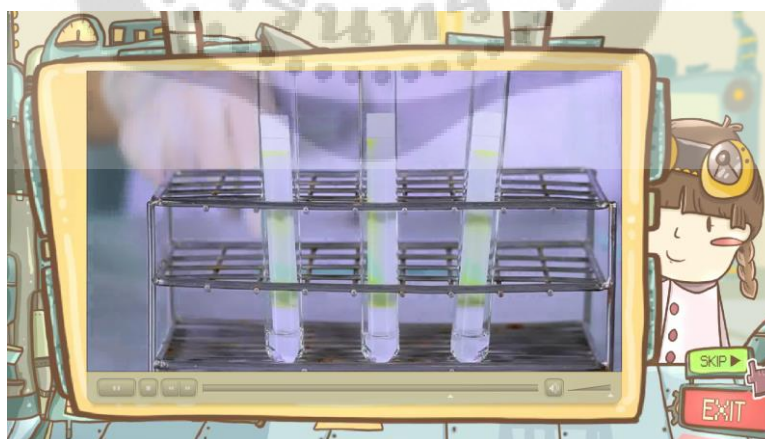
ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 1 : การหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์



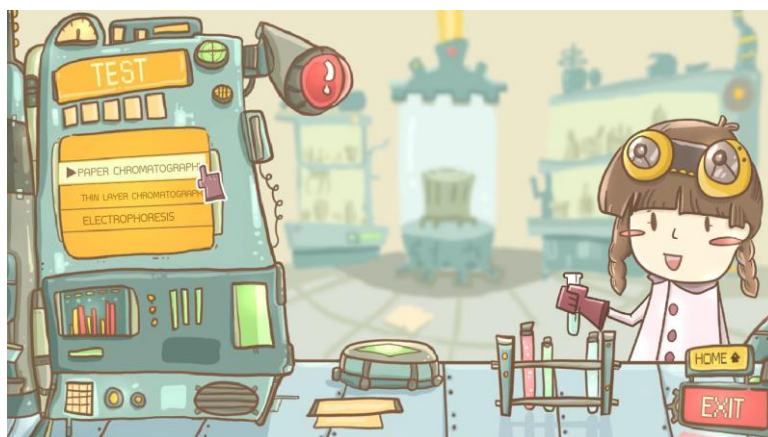
ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 1 : เปรียบเทียบสีของรงควัตถุแต่ละชนิดในสภาวะต่าง ๆ



วีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลองจริง



ตัวอย่างวีดิทัศน์ของการทดลองที่ 1 : การเคลื่อนที่ของสารตัวอย่าง



เมนูรองของแบบทดสอบ

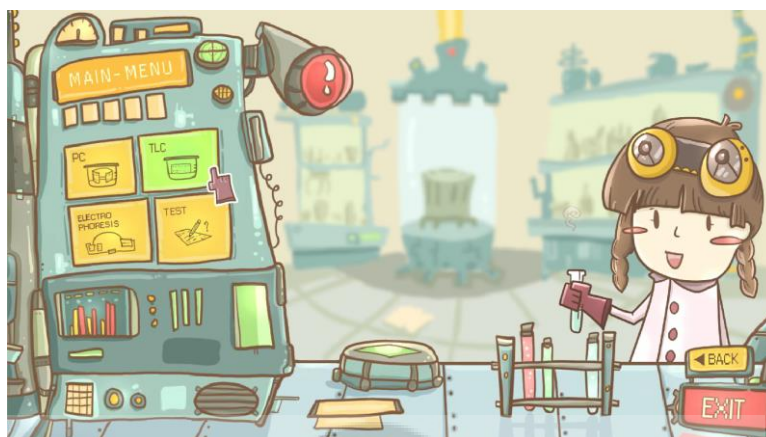


ตัวอย่างข้อสอบของการทดลองที่ 1



การรายงานคะแนน พร้อมเฉลย

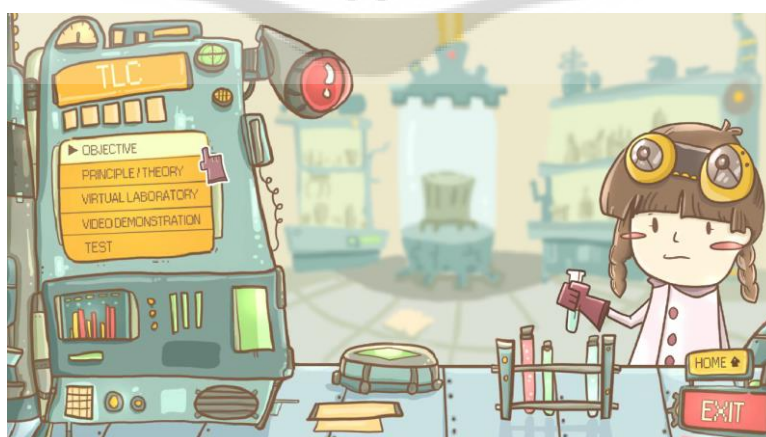
การทดลองที่ 2 การแยกวัตถุกันเสียด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง 2 มิติ



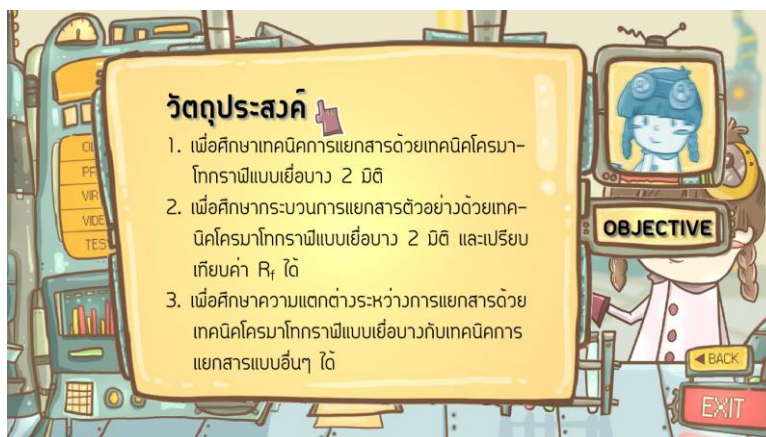
เข้าสู่การทดลองที่ 2 : คลิกปุ่ม TLC ที่เมนูหลัก



เกมกระตุ้นความสนใจ



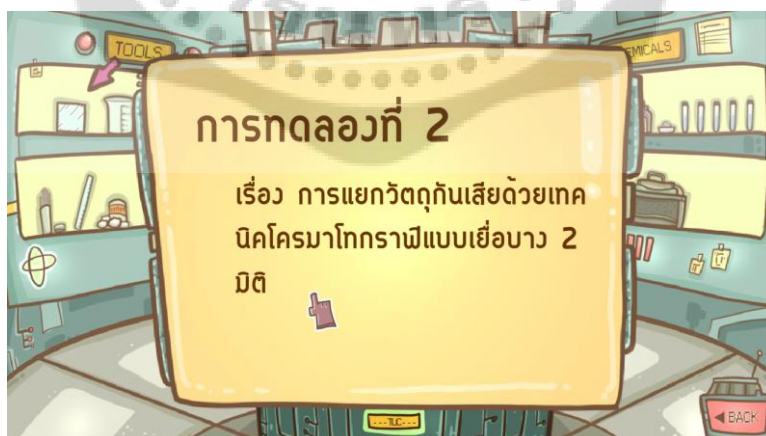
เมนูรองของการทดลองที่ 2



วัตถุประสงค์ของการทดลอง



หลักการ/ทฤษฎี



การทดลองเสมือน



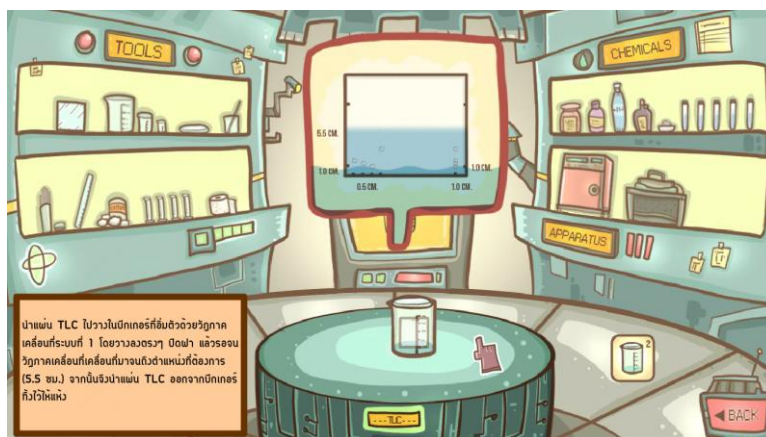
ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 2 : การเตรียมแผ่น TLC



ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 2 : การลงจุด (Spot) สาร



ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 2 : การนำแผ่น TLC ไปส่องด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต



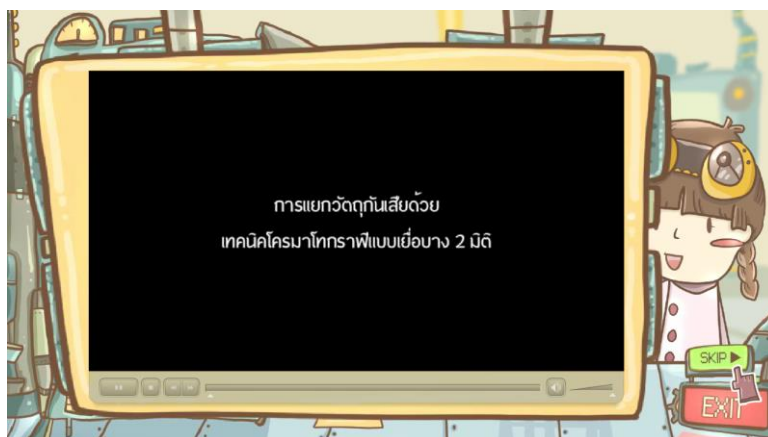
ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 2 : การเคลื่อนที่ของสารในวัฏภาคเคลื่อนที่ระบบที่ 1



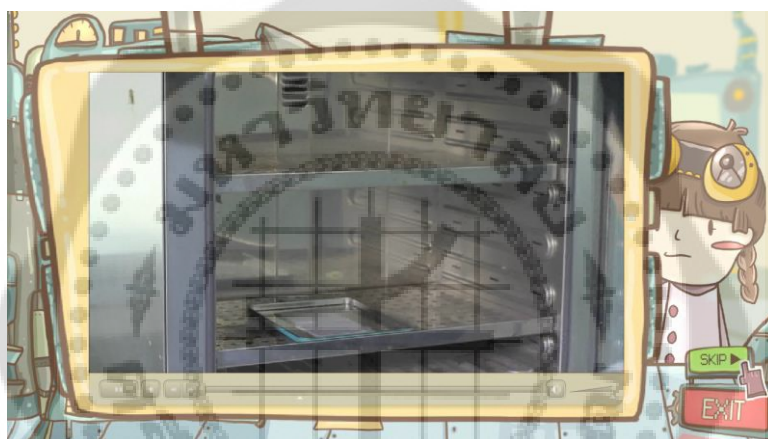
ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 2 : การเคลื่อนที่ของสารในวัฏภาคเคลื่อนที่ระบบที่ 2



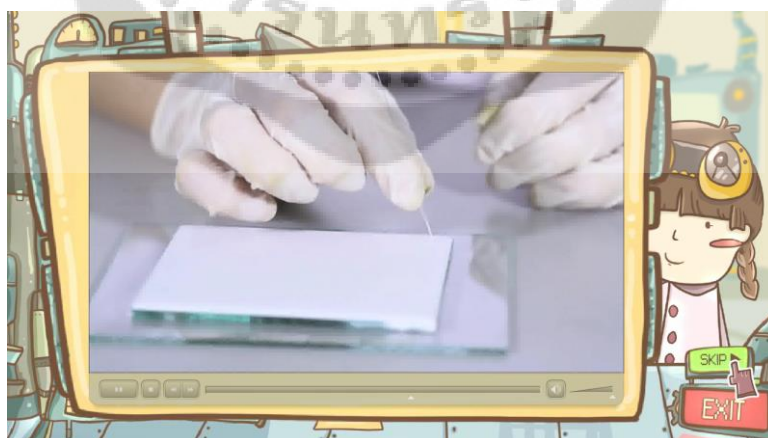
ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 2 : โครมาโทแกรมแสดงการแยกสาร



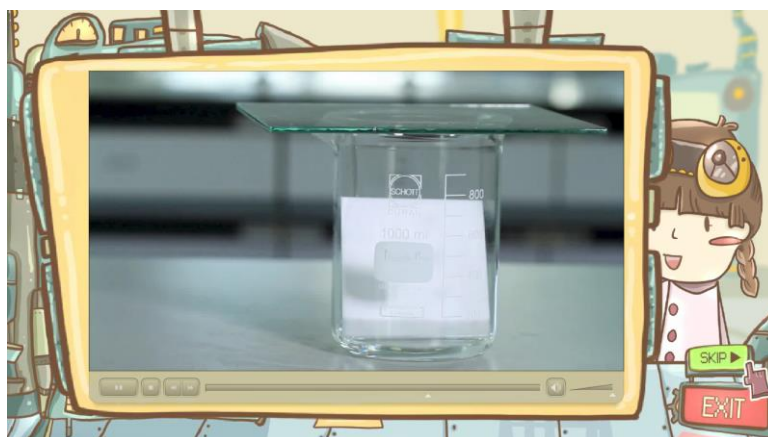
วีดิทัศน์สารคดีวิธีการทดลองจริง



ตัวอย่างวีดิทัศน์ของการทดลองที่ 2 : การเตรียมแผ่น TLC



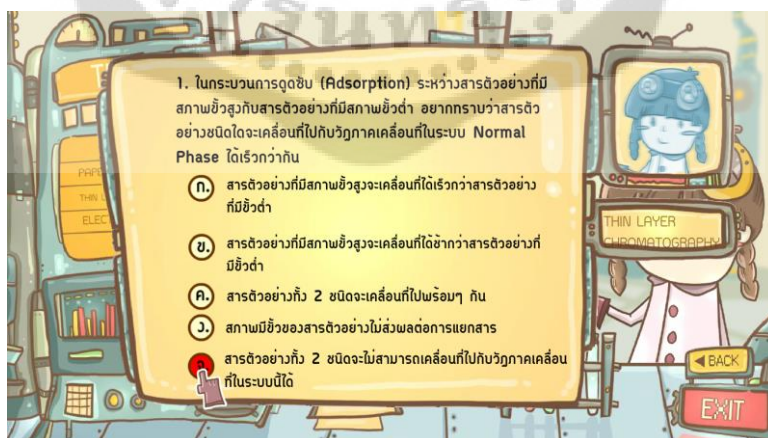
ตัวอย่างวีดิทัศน์ของการทดลองที่ 2 : การลงจุด (Spot) สาร



ตัวอย่างวีดิทัศน์ของการทดลองที่ 2 : การเคลื่อนที่ของสารตัวอย่าง



ตัวอย่างวีดิทัศน์ของการทดลองที่ 2 : การเคลื่อนที่ของสารตัวอย่าง

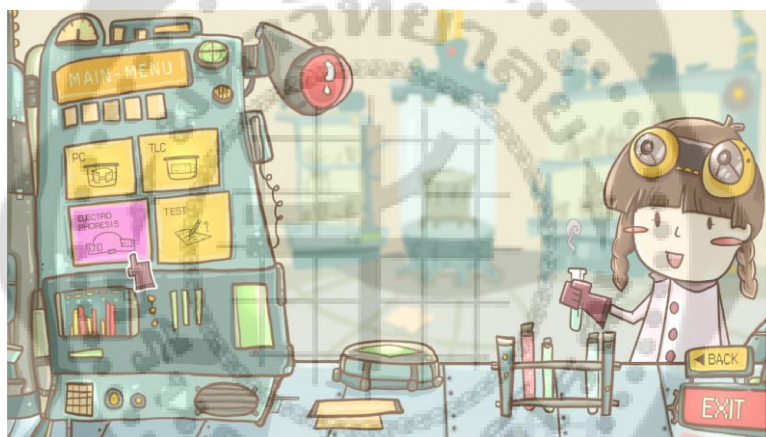


ตัวอย่างข้อสอบของการทดลองที่ 2

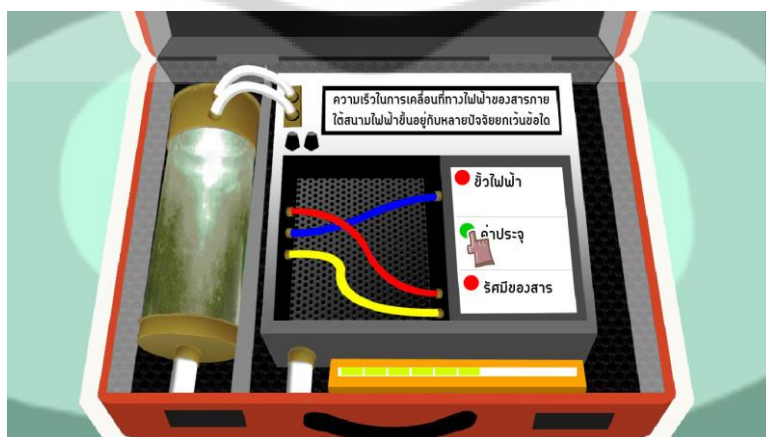


การรายงานคะแนน พร้อมเฉลย

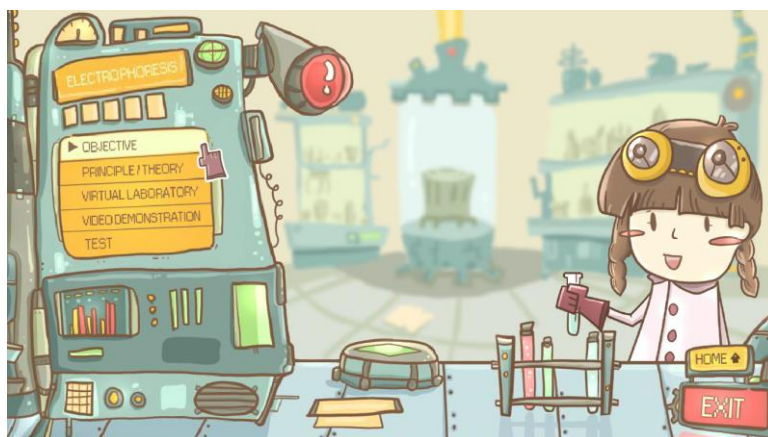
การทดลองที่ 3 การสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสำหรับการแยกสารผสม



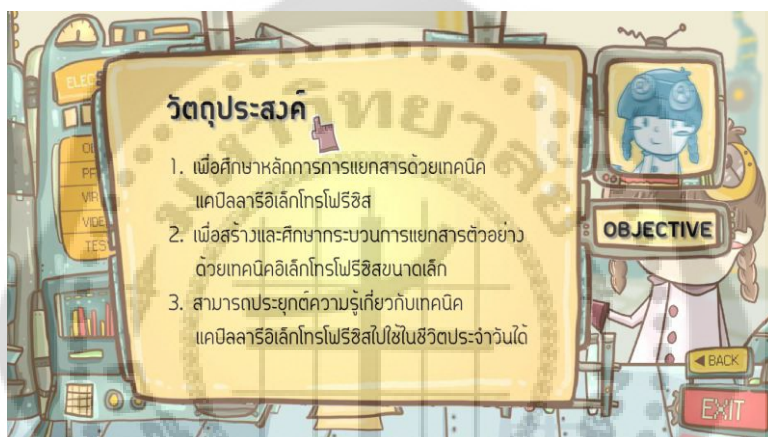
เข้าสู่การทดลองที่ 2 : คลิกปุ่ม CE ที่เมนูหลัก



เกมกระตุ้นความสนใจ



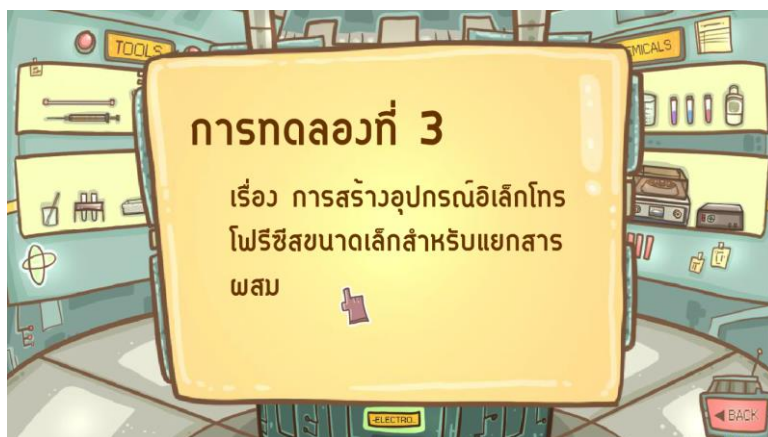
เมนูรองของการทดลองที่ 3



วัตถุประสงค์ของการทดลอง



หลักการ/ทฤษฎี



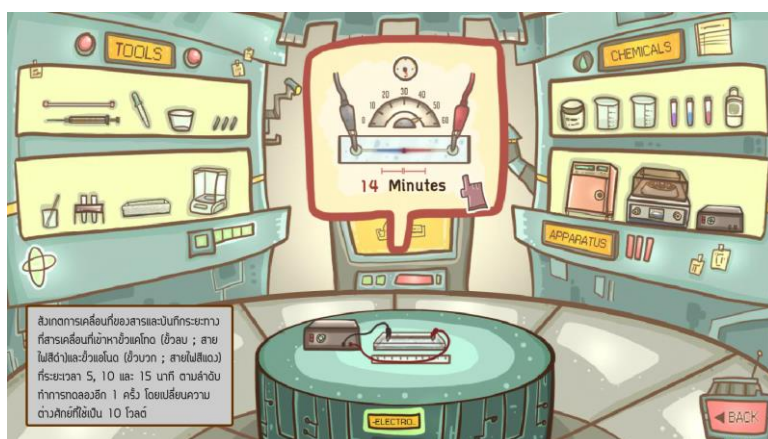
การทดลองเสมือน



ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 3 : การกำจัดฟองอากาศด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง



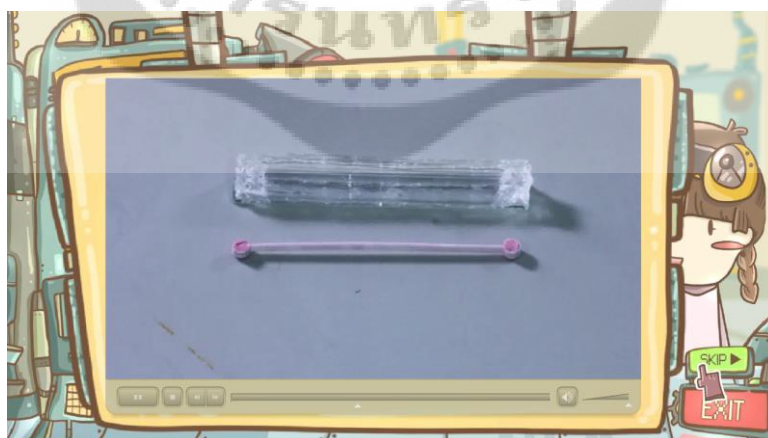
ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 3 : การหยดสารละลาย



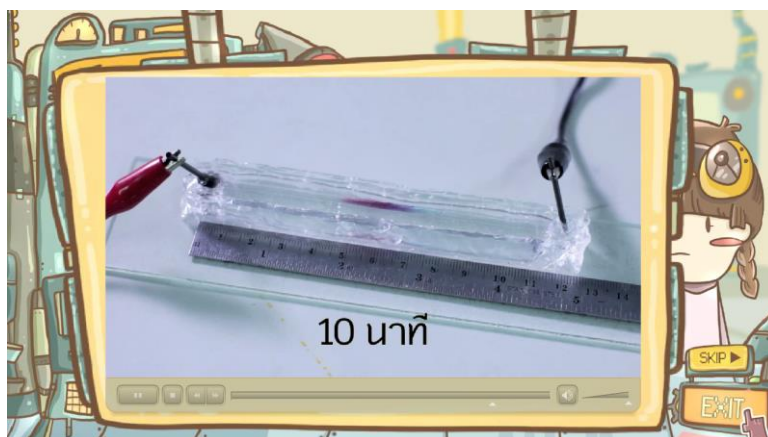
ตัวอย่างภาพแอนิเมชันของการทดลองที่ 3 : การเคลื่อนที่ของสารละลายตัวอย่าง



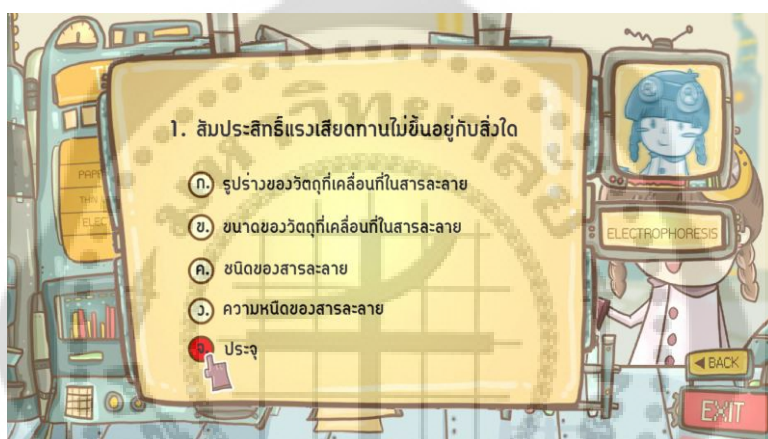
วีดิทัศน์สารัตถ์วิธีการทดลองจริง



ตัวอย่างวีดิทัศน์ของการทดลองที่ 3 : เบ้าหล่อสำหรับใช้แยกสาร



ตัวอย่างวีดิทัศน์ของการทดลองที่ 3 : การเคลื่อนที่ของสารละลายตัวอย่าง



ตัวอย่างข้อสอบของการทดลองที่ 3



การรายงานคะแนน พร้อมเฉลย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล นางสาวภัทริกา เจริญสุข
 วันเดือนปีเกิด 1 เมษายน 2530
 สถานที่เกิด จังหวัดนครศรีธรรมราช
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 18 หมู่ 3 ต. กะปาง อ. ทุ้งสง จ. นครศรีธรรมราช 80310

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549 มัธยมศึกษา
 จาก โรงเรียนทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
 พ.ศ. 2552 วท.บ. (เคมี)
 จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 พ.ศ. 2557 กศ.ม. (เคมี)
 จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ